

سمیت تدخینی و تماسی اسانس اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis* var. *camaldulensis*)

روی موربانه (*Microcerotermes diversus* (Isoptera: Termitidae))

الهه شفیعی علویجه^۱، بهزاد حبیب‌پور^۱✉، سعید محرمی‌پور^۲ و آرش راسخ^۱

۱- دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز؛ ۲- گروه حشره‌شناسی کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

(تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۰؛ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۲)

چکیده

موربانه *Microcerotermes diversus* (Isoptera: Termitidae) مهم‌ترین آفت اقتصادی و مخرب ساختمان‌ها در استان خوزستان است که از کلیه مواد حاوی سلولز تغذیه می‌کند. با توجه به اهمیت استفاده از مواد سازگار با محیط زیست نظیر اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی با پتانسیل کاربرد در برنامه مدیریت تلفیقی آفات، در تحقیق حاضر سمیت تماسی و تدخینی اسانس اکالیپتوس در آزمون‌های تونل‌زنی و تدخینی روی موربانه *M. diversus* مورد بررسی قرار گرفت. محدوده غلظت اسانس اکالیپتوس مورد استفاده در روش تونل‌زنی ۰/۳ تا ۱/۶٪ (گرم در میلی لیتر) و در روش تدخینی ۰/۷ تا ۱/۶٪ بود. نتایج نشان داد که اسانس مذکور در غلظت‌های به کار برده شده در روش تونل‌زنی به عنوان دورکننده عمل کرد و در غلظت‌های بالاتر از ۰/۷٪ علاوه بر اثر دورکنندگی، باعث افزایش مرگ و میر موربانه‌ها گردید. در روش تدخینی، غلظت‌های به کار برده شده منجر به مرگ و میر موربانه‌ها شد به طوری که با افزایش غلظت میزان مرگ و میر نیز افزایش یافت. با توجه به این نتایج می‌توان اسانس اکالیپتوس را به عنوان یک موربانه‌کش مؤثر پیشنهاد کرد.

واژه‌های کلیدی: اسانس اکالیپتوس، اثر تدخینی، تیمار خاک، ناحیه تونل‌زنی، *Microcerotermes diversus*.

Fumigation and contact toxicity of eucalyptus essential oil (*Eucalyptus camaldulensis* var. *camaldulensis*)
on *Microcerotermes diversus* (Isoptera: Termitidae)

E. SHAFIEI ALAVIJE¹, B. HABIBPOUR¹✉, S. MOHARRAMIPOUR² and A. RASEKH¹

1- Department of Plant Protection, College of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

2- Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Abstract

Microcerotermes diversus Silvestri (Isoptera: Termitidae) is the most economically destructive termite in buildings in Khuzestan province (Iran) that is fed by anything containing cellulose. Considering the importance of using environmentally friendly chemicals with applicable potential in integrated pest management programs such as essential oils and plant extracts, this study evaluated the contact and fumigation toxicity effects of Eucalyptus essential oil using tunneling and fumigation tests on *M. diversus*. Concentrations of the essential oil were 0.3 to 1.6% (g/ml) and 0.7 to 1.6% in tunneling method and fumigation methods respectively. The results of tunneling method showed that essential oil could act as a repellent at given concentrations. It also increased the mortality of termites at concentrations higher than 0.7%. Concentrations used in fumigation tests resulted in mortality of termites, and a direct regression was found between concentration and mortality. The results suggest that the *Eucalyptus* oil might be an effective compound for inducing mortality against subterranean termites.

Key words: Eucalyptus essential oil, fumigation test, soil treatment, tunnel area, *Microcerotermes diversus*.

مقدمه

موریانه‌ها از گروه حشراتی اجتماعی واقعی^۱ هستند که در نواحی گرمسیری بین عرض‌های جغرافیایی ۴۵ درجه شمالی و ۴۵ درجه جنوبی یافت می‌شوند (Tsedeke et al. 1991). در جوامع بزرگ موریانه‌ها، طبقات^۲ مختلف شامل افراد جنسی، سرباز و کارگر با خصوصیات ریخت‌شناسی و وظایف متفاوت وجود دارد (Yohannes, 2006). از دیرباز به دلیل عدم رعایت اصول پیش‌گیری در هنگام ساختمان‌سازی و نیز عدم بکارگیری مواد محافظت‌کننده از چوب و سم‌پاشی در زمان مناسب، هجوم موریانه‌ها به داخل ساختمان‌ها و بروز خسارت‌های جبران‌ناپذیر به لوازم چوبی مشاهده شده است. موریانه‌های موجود در استان خوزستان به گروه موریانه‌های زیرزمینی تعلق دارند و اکثراً دارای تجمعاتی در زیر سطح خاک هستند (Habibpour, 2006). بررسی‌ها نشان می‌دهد که مهم‌ترین موریانه در استان خوزستان گونه *Microcerotermes diversus* (Isoptera: Termitidae) می‌باشد. این موریانه به عنوان حریص‌ترین و مخرب‌ترین گونه موجود در استان خوزستان دارای حوزه جستجوگری وسیع غذایی بوده و توانایی ایجاد اجتماعات ثانویه در دیوارها، سقف اماکن و نیز روی درختان را دارد. لذا ریشه‌کشی و کنترل آن با مشکلاتی همراه است (Habibpour, 2006). تا به حال کنترل موفق موریانه به مقدار زیادی مستلزم کاربرد حشره‌کش‌های پایدار کلره بوده است. اما این حشره‌کش‌ها به مقدار کم در دسترس هستند و کاربرد آنها با محدودیت‌های شدید بهداشتی و زیست محیطی روبرو است (Pearce, 1997). از طرف دیگر استفاده از سموم ناپایدار به علت گرانی و قابل دسترس نبودن در مقیاس وسیع، نیاز به استراتژی‌های کنترلی جایگزین را ضروری می‌سازد. بنابراین استفاده از مواد سازگار با محیط زیست با پتانسیل کاربرد در برنامه مدیریت تلفیقی آفات مثل وارپته‌های مقاوم چوب یا

مواد استخراج شده از آنها و نیز عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهی به طور فزاینده‌ای در کنترل موریانه‌ها مورد توجه واقع شده است (Duke, 2004). *Eucalyptus camaldulensis* var. *camaldulensis* Dehneh با نام معمولی صمغ قرمز رودخانه یکی از بهترین انواع اکالیپتوس شناخته شده است که قسمت مورد استفاده آن برگ‌ها، مخصوصاً برگ درختان مسن است (Butcher et al. 2001). کاربرد اسانس اکالیپتوس به عنوان یک آفت‌کش طبیعی در مقایسه با آفت‌کش‌های مصنوعی، اثر مناسبی از نقطه نظر محیطی و سم‌شناسی داشته و با آن می‌توان بر مسئله مقاومت آفات غلبه کرد (Batish et al. 2008). ترکیبات مختلف اسانس اکالیپتوس به صورت تشدید کننده عمل می‌کنند (Cimanga et al. 2002) که در میان ترکیبات مختلف آن ۱،۸-سینئول^۳ مهم‌ترین بوده و نقش مهمی در فعالیت حشره‌کشی آن بازی می‌کند (Duke, 2004). در تحقیقات انجام شده توسط Siramon et al. (2009)، سمیت تماسی و تدخینی اسانس برگ و دیگر اجزای گرفته شده از *E. camaldulensis* روی موریانه *Coptotermes formosanus* Shiraki (Isoptera: Rhinotermitidae) نشان داده شده است. همچنین در این تحقیق، دیده شد که اسانس برگ اکالیپتوس مانع فعالیت استیل کولین استراز شده و بر سیستم عصبی تأثیر می‌گذارد. هدف از تحقیق حاضر بررسی اثرات اسانس اکالیپتوس *E. camaldulensis* در آزمون سمیت تدخینی و آزمایش تونل‌زنی، روی مرگ و میر و فعالیت تونل‌زنی موریانه زیرزمینی *M. diversus* و همچنین دستیابی به یک روش کنترل مؤثر در قالب ترکیبات سازگار با محیط زیست می‌باشد.

روش بررسی

نحوه جمع‌آوری و نگهداری موریانه‌ها: با توجه به بررسی‌های انجام شده در شرایط اهواز موریانه *M. diversus* از میان مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین چوب‌های تجارتهای موجود

۱- Eusocial

۲- Caste

غلظت ۱۰۰ گرم ماسه با ۱۰ میلی‌لیتر از محلول اسانس به خوبی آغشته و مدت ۳ روز برای تبخیر حلال در زیر هود قرار داده شدند. جهت تأمین رطوبت مناسب، به خاک تیمار شده ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. لوله‌های زیست‌سنجی استفاده شده در این آزمایش به قطر ۱/۵ سانتی‌متر و طول ۱۵/۵ سانتی‌متر بودند که برای هر تیمار ۴ لوله (تکرار) تهیه شد. در قسمت پایین لوله دو قطعه چوب راش به صورت ایستاده در ابعاد ۲۰×۲×۲ میلی‌متر قرار گرفته و بالای آن ۱ سانتی‌متر آگار ۴ درصد بدون مواد مغذی ریخته شد، سپس خاک تیمار نشده در اندازه معین (۱ و ۲/۵ سانتی‌متر) و روی آن خاک تیمار شده در اندازه‌های معین (۵ و ۲ سانتی‌متر) ریخته و سپس خاک تیمار نشده (۱ و ۲/۵ سانتی‌متر) و مجدداً روی آن آگار قرار گرفت. در قسمت خارجی برای تغذیه موربانه‌ها کاغذ صافی واتمن شماره ۱ که به شکل Z بریده شده بود (ابعاد ۱×۲ سانتی‌متر) قرار گرفت. لوله‌های آزمایشی حاوی خاک تیمار نشده بین دو قسمت آگار به‌عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شدند. بعد از آماده شدن لوله‌ها، ۵۰ عدد موربانه کارگر به محیط منتقل گردید و درب تمام لوله‌ها با فویل آلومینیومی پوشانده شدند (شکل ۱ و ۲). لوله‌های آماده داخل انکوباتور تاریک در دمای 28 ± 2 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 85 ± 5 ٪ نگهداری گردید. پس از ۱۴ روز میزان مرگ و میر موربانه‌ها و طول تونل اندازه‌گیری شد (Mao and Henderson, 2007; Acda, 2009).

روش آزمون تدخینی: در این آزمایش، محلول اسانس در متانول با غلظت‌های ۰/۷، ۰/۹، ۱/۲ و ۱/۶٪ (گرم در میلی‌لیتر) استفاده شد. برای انجام این آزمایش، در کف درب ظروف پلاستیکی (۳/۵ سانتی‌متر قطر و ۷/۵ سانتی‌متر ارتفاع) کاغذ صافی واتمن به قطر ۴۲/۵ میلی‌متر چسبانده و با ۰/۵ میلی‌لیتر از غلظت‌های مورد نظر از اسانس آغشته گردید. ظروف به مدت نیم ساعت جهت تبخیر حلال در هوای آزاد قرار گرفتند. ۳۰ عدد موربانه کارگر به هر ظرف منتقل گردید. برای هر تیمار ۴ تکرار در نظر گرفته شد (شکل ۳). در این آزمایش تیمار شاهد شامل کاغذ صافی تیمار نشده در کف

بیشترین میزان تغذیه را از چوب راش داشته است (Ekhtelat, 2009; Habibpour, 1994)، لذا از این چوب جهت جمع‌آوری موربانه‌ها استفاده شد. بلوک‌های چوبی راش در ابعاد ۲۰×۶×۲ سانتی‌متر تهیه و در محل‌های آلوده به موربانه (محوطه دانشکده کشاورزی و فضای سبز دانشگاه جندی شاپور اهواز) قرار داده شدند (Ekhtelat, 2009). پس از نمونه‌برداری، موربانه‌ها با کمک قلم مو جداسازی و درون پتری‌دیش‌های (قطر ۹ سانتی‌متر) محتوی کاغذهای صافی (مرطوب شده با آب مقطر) جهت تغذیه و تأمین رطوبت منتقل شدند. قبل از شروع آزمایش‌های زیست‌سنجی، جهت رفع تنش موربانه‌ها این ظروف به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور تاریک در دمای 28 ± 2 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 85 ± 5 ٪ نگهداری شدند. در انجام آزمایش‌ها از موربانه‌های کارگر فعال و سالم استفاده شد.

تهیه اسانس گیاهی: اسانس اکالیپتوس به روش تقطیر با آب و به کمک دستگاه کلونجر (ساخت موسسه پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران) در گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز تهیه شد. در هر بار اسانس گیری، ۱۰۰ گرم ماده خشک با ۱ لیتر آب مقطر در طی ۳ ساعت مورد استفاده قرار گرفت. بازده اسانس گیری در این روش برای برگ‌های خشک درخت اکالیپتوس ۱/۶٪ بدست آمد. اسانس حاصل مایعی سیال، با تحرک زیاد، به رنگ زرد روشن و دارای عطر مخصوص اکالیپتوس بود. در پایان عمل اسانس‌گیری، جهت جدا سازی کامل آب از اسانس، مقدار ۰/۵ گرم سولفات سدیم اضافه شد. اسانس تا زمان انجام آزمایشات، در ظروف شیشه‌ای پوشانده شده با فویل آلومینیومی در دمای ۴ درجه سلسیوس در یخچال نگهداری شد.

روش زیست‌سنجی لوله آزمایش: پس از انجام یک سری آزمون‌های مقدماتی و تعیین محدوده غلظت‌های مناسب زیست‌سنجی، محلول اسانس در متانول با غلظت‌های ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۷، ۰/۹، ۱/۲ و ۱/۶٪ (گرم در میلی‌لیتر) تهیه گردید. بعد از اتوکلاو کردن حجم معینی ماسه، برای هر

مرگ و میر موربانه‌ها هر ۲۴ ساعت یکبار و به مدت ۷ روز ثبت گردید.

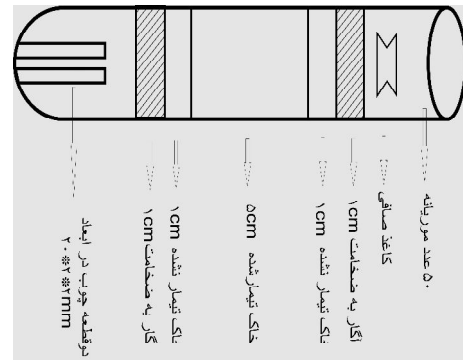
تجزیه تحلیل داده‌ها: در هر دو آزمون درصد مرگ و میر موربانه‌ها تعیین شد. مرگ و میر با فرمول ابوت (Finney, 1971) تصحیح شد و بر حسب نیاز بر روی داده‌ها تبدیل $\text{Arcsin}\sqrt{X}$ صورت گرفت. برای بررسی میزان مرگ و میر در دو آزمایش و همچنین مساحت ناحیه تونل زنی موربانه در آزمون لوله‌های زیست‌سنجی از نرم‌افزار SAS(9.1) استفاده شد و غلظت‌های کشنده (LC_{50} و LC_{90}) و زمان مرگ و میر (LT_{50} و LT_{90}) به وسیله آنالیز پروبیت توسط نرم‌افزار SAS(9.1) تعیین شدند. برای مقایسه اثر غلظت‌ها روی موربانه مورد نظر از روش آنالیز واریانس (ANOVA) جهت مقایسه میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵٪ استفاده شد. در آزمایش تیمار خاک، درصد نفوذپذیری موربانه‌ها به خاک‌های تیمار شده محاسبه شد.

نتیجه و بحث

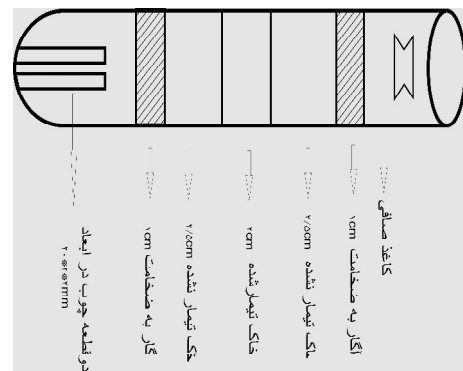
اثر اسانس اکالیپتوس در روند مرگ و میر و رفتار تونل زنی موربانه: در لوله‌های آزمایشی که ضخامت خاک آنها دو سانتی‌متر بود مقایسه میانگین زنده ماننی کارگرها نشان داد که با افزایش غلظت، مرگ و میر افزایش می‌یابد و تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌ها مشاهده شد ($df=7; F= 2.58; P= 0.026$) (جدول ۱). مقایسه میانگین نفوذپذیری در خاک بین غلظت‌ها تفاوت معنی‌داری را نشان داد و کم‌ترین تونل‌زنی در غلظت‌های بالا (۰/۹، ۱/۲ و ۱/۶ درصد) به دست آمد ($df=7; F= 8.48; P<0.0001$) (جدول ۱). نتایج زیست‌سنجی با لوله‌های آزمایشی با ضخامت خاک ۵ سانتی‌متر نشان داد که با افزایش غلظت، زنده‌ماننی موربانه‌های کارگر کاهش یافت و بیشترین میزان مرگ و میر در غلظت‌های ۰/۹، ۱/۲ و ۱/۶٪ مشاهده شد و تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌ها دیده شد ($df=7; F= 10.33; P<0.0001$).

تفاوت معنی‌داری بین میزان مرگ و میر در غلظت‌های پایین اسانس و شاهد وجود نداشت (جدول ۲). مقایسه

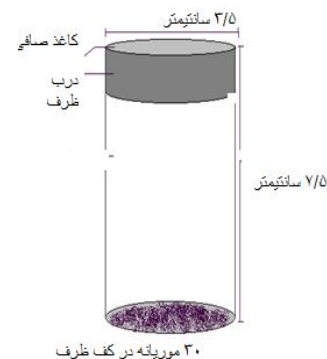
درب ظروف بود. واحدهای آزمایشی داخل انکوباتور با دمای 28 ± 2 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 85 ± 5 ٪ نگهداری شدند.



شکل ۱- خاک تیمار شده با اسانس اکالیپتوس (ضخامت ۵ سانتی‌متر)
Fig. 1. Soil treated with Eucalyptus essential oil (5 cm thickness)



شکل ۲- خاک تیمار شده با اسانس اکالیپتوس (ضخامت ۲ سانتی‌متر)
Fig. 2. Soil treated with Eucalyptus essential oil (2 cm thickness)



شکل ۳- واحد آزمایشی در آزمون تدخینی
Fig. 3. Experimental unit in fumigation test

یک دورکننده علیه مورپانه *C. formosanus* عمل کرده و در رفتار تونل‌زنی مورپانه اختلال ایجاد کرد، هماهنگی داشت. (Blask and Hertel (2001) در بررسی اثرات چهار فرمولاسیون اسانس روی جهت‌یابی و بقای مورپانه‌های زیرزمینی هیچ اثر دورکنندگی از آنها روی گروه مورپانه‌های *Reticulitermes santonensis* (Feytaud) (Isoptera: Rhinotermitidae) و *C. formosanus* (Banks) مشاهده نکردند. خاک تیمار شده با اسانس مرگ و میر بالایی را سبب نشد اما از نفوذ مورپانه به خاک جلوگیری کرد. (Maistrello et al. (2001) در بررسی اثر اسانس وتیور و ترکیبات آن شامل نوتکتون و سدرن^۵ نتیجه گرفتند که خاک تیمار شده در رفتار تونل‌زنی مورپانه اختلالاتی را به وجود می‌آورد. (Peterson and Wilson (2003) در بررسی اثر رفتاری اسانس *Catnip* (*Nepeta cataria* (Lamiaceae)) روی دو گونه مورپانه *R. virginicu* و *R. flavipes* (Kollar) توقف تونل‌زنی عمودی و افقی در سرتاسر خاک تیمار شده با غلظت‌های مورد بررسی را گزارش کردند که با نتایج آزمایش مذکور مطابقت دارد. (Ahmed et al. (2007) در بررسی فعالیت باکتری‌های موجود در لوله گوارشی *Microtermes obesi* Odont از طریق خاک تیمار شده با عصاره دانه و برگ *Withania somnifera*، *Croton tiglium* و *Hygrophila auriculata* تغییر در رفتار تونل‌زنی مورپانه را مشاهده کردند. (Raina et al. (2007) در تیمار خاک با اسانس پوست مرکبات (حاوی تقریباً ۹۲٪ d-limonene) هیچ تونلی حاصل از فعالیت مورپانه *C. formosanus* مشاهده نکردند. افزایش مرگ و میر و کاهش فعالیت تونل‌زنی مورپانه شیری فیلپین *C. vastator* (Isoptera: Rhinotermitidae) در اثر اسانس جاتروفئا، *Jatropha curcas* L. (Malpighiales: Euphorbiaceae) در تحقیقات (Acda (2009) مشابه نتایج تحقیق حاضر در مورد اثر اسانس اکالیپتوس است.

میانگین نفوذپذیری نیز تفاوت معنی‌داری را بین غلظت‌ها نشان داد و با افزایش غلظت اسانس طول تونل کاهش یافت، به طوری که در غلظت‌های بالا (۰/۹، ۱/۲ و ۱/۶٪) هیچ تونلی مشاهده نشد (df=7; F= 16.68; P<0.0001) (جدول ۲). با توجه به نتایج حاصل از آزمایش تونل‌زنی، اکالیپتوس در غلظت‌های مورد بررسی (در دو ضخامت) به عنوان دورکننده برای مورپانه‌ها عمل کرد. میزان مرگ و میر مورپانه در ضخامت ۲ سانتی‌متر در غلظت‌های ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۷، ۰/۹، ۱/۲ و ۱/۶٪ به ترتیب ۳۶، ۳۸، ۲۷، ۳۸/۵، ۲۴، ۳۲ و ۵۵٪ بود که در همین غلظت‌ها درصد تونل‌زنی در غلظت‌های مذکور به ترتیب ۸۸/۸۹، ۷۹/۸۶، ۳۸/۸۸، ۴۰/۷۷، ۳۶/۱۱ و ۲۳/۶۱ به دست آمد که نشان دهنده کاهش میزان تونل‌زنی با افزایش غلظت اسانس بود. در ضخامت ۵ سانتی‌متر میزان مرگ و میر مورپانه در غلظت‌های ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵ و ۰/۷٪ به ترتیب ۲۷/۵، ۵۳، ۴۳ و ۴۰/۵٪ و میزان نفوذپذیری مورپانه ۸۱/۵، ۴۱/۶۶، ۴۵/۱۴ و ۲۷/۷۷٪ بود، در حالی که در غلظت‌های ۰/۹، ۱/۲ و ۱/۶٪ میزان مرگ و میر ۹۲، ۸۰/۵ و ۱۰۰٪ در مدت ۱۴ روز بدست آمد و مورپانه‌ها از تونل‌زنی در این ۳ غلظت خودداری کردند. در آزمایش تونل‌زنی نیز برای محاسبه LC₅₀ و LC₉₀ در دو ضخامت خاک (۲ سانتی‌متر و ۵ سانتی‌متر) از آنالیز پروبیت استفاده شد و نتایج نشان داد که با کاهش ضخامت خاک آغشته به اسانس و با افزایش میزان غلظت اسانس بر تلفات مورپانه‌ها افزوده شد (جدول ۳). در این آزمون به علت بررسی لوله‌ها بعد از ۱۴ روز و عدم ثبت میزان مرگ و میر به صورت روزانه میزان LT محاسبه نشد. در بررسی انجام شده توسط Cornelius et al. (1997) مورپانه‌ها در خاک تیمار شده با ائوژنول^۱ و ژرانپول^۲ در مدت ۵ روز تونل نزدند. همچنین نتایج بررسی حاضر با تحقیق (Zhu et al. (2001) درباره تأثیر نوتکتون^۳ که یک ترکیب روغنی از گیاه علفی وتیور^۴ (*Vetiveria zizanioides* Lynn Nash) است و به عنوان

۱- Eugenol

۲- Geraniol

۳- Nootkatone

۴- Vetiver

۵- Cedrene

جدول ۱- مقایسه میانگین مرگ و میر و میزان نفوذ (%) موریانه *M. diversus* در غلظت‌های مختلف اسانس اکالیپتوس (ضخامت خاک تیمار شده: ۲ سانتی‌متر)

Table 1. Comparison of the mean of mortality and penetration distance (%) by *M. diversus* in different concentrations of *Eucalyptus* essential oil (Treated soil thickness: 2 cm)

| Concentration (%) | Mortality(%) ± SE | distance penetrated(%) ± SE |
|-------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 0 | 14 ± 0.05 ^{c*} | 100 ± 0 ^a |
| 0.3 | 36 ± 0.11 ^{ab} | 94.44 ± 1.51 ^a |
| 0.4 | 38 ± 0.18 ^{ab} | 88.89 ± 0.7 ^a |
| 0.5 | 27 ± 0.30 ^{bc} | 79.86 ± 1.06 ^a |
| 0.7 | 38.5 ± 0.09 ^{ab} | 38.88 ± 0.19 ^b |
| 0.9 | 24 ± 0.15 ^{bc} | 40.27 ± 2.03 ^b |
| 1.2 | 32 ± 0.19 ^{bc} | 36.11 ± 1.84 ^b |
| 1.6 | 55 ± 0.56 ^a | 23.61 ± 0.55 ^b |

*میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند (LSD, P<0.05).

*Means followed by the same letter in a column are not significantly different (LSD, P<0.05).

جدول ۲- مقایسه میانگین مرگ و میر و میزان نفوذ (%) موریانه *M. diversus* در غلظت‌های مختلف اسانس اکالیپتوس (ضخامت خاک تیمار شده: ۵ سانتی‌متر)

Table 2. Comparison of the mean of mortality and penetration distance (%) by *M. diversus* in different concentrations of *Eucalyptus* essential oil (Treated soil thickness: 5 cm)

| Concentration (%) | Mortality(%) ± SE | distance penetrated(%) ± SE |
|-------------------|---------------------------|------------------------------|
| 0 | 14 ± 0.05 ^d | 100 ± 0 ^a |
| 0.3 | 27.5 ± 0.36 ^{dc} | 81.94 ± 0.0018 ^{ab} |
| 0.4 | 53 ± 0.45 ^{bc} | 41.66 ± 0.0032 ^{bc} |
| 0.5 | 43 ± 0.54 ^c | 45.14 ± 0.0064 ^{bc} |
| 0.7 | 40.5 ± 0.19 ^{dc} | 27.77 ± 0.0041 ^c |
| 0.9 | 92 ± 0.28 ^a | 0 ± 0 ^d |
| 1.2 | 80.5 ± 0.45 ^{ab} | 0 ± 0 ^d |
| 1.6 | 100 ± 0 ^a | 0 ± 0 ^d |

* میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند (LSD, P<0.05).

*Means followed by the same letter in a column are not significantly different (LSD, P<0.05).

جدول ۳- مقادیر LC₅₀ و LC₉₀ اسانس اکالیپتوس روی موریانه *M. diversus* در آزمون تونل زنی

Table 3. Values of LC₅₀ and LC₉₀ of *Eucalyptus* essential oil on *M. diversus* in tunneling method

| Treated soil thickness | X ² | LC ₅₀ (%) (95% Confidence limits) | LC ₉₀ (%) (95% Confidence limits) |
|------------------------|----------------|---|---|
| 2 cm | 4.50 | 1.753(1.537-2.116) | 3.511(2.926-4.553) |
| 5 cm | 8.19 | 0.665(0.419-0.865) | 0.665(0.419-0.865) |

تونل‌زنی، به نظر می‌رسد که اسانس اکالیپتوس در غلظت‌های بالا به صورت تدخینی عمل کرده و با کاهش غلظت، اثر تماسی و دور کنندگی اسانس در آزمون تونل‌زنی افزایش یافته است.

جدول ۴- میانگین مرگ و میر موربانه *M. diversus* در غلظت‌های

مختلف اسانس اکالیپتوس در آزمون تدخینی

Table 4. Mean of mortality of *M. diversus* in different concentrations of *Eucalyptus* essential oil in fumigation test

| Concentration (%) | Mean mortality(%) ± SE |
|-------------------|------------------------------|
| 0 | 0.83 ± 0.0003 ^{c*} |
| 0.7 | 46.66 ± 0.001 ^b |
| 0.9 | 69.16 ± 0.0005 ^{ab} |
| 1.2 | 100 ± 0.0 ^a |
| 1.6 | 100 ± 0.0 ^a |

* میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند (LSD, P<0.05).

* Means followed by the same letter in a column are not significantly different (LSD, P<0.05).

جدول ۵- مقادیر LT₅₀ و LT₉₀ (روز) در غلظت‌های

مختلف اسانس اکالیپتوس

Table 5. Values of LT₅₀ and LT₉₀ (day) in different concentrations of *Eucalyptus* essential oil

| Concentration (%) | X ² | LT ₅₀ (Day) (95% Confidence limits) | LT ₉₀ (Day) (95% Confidence limits) |
|-------------------|----------------|--|--|
| 0.7 | 1.98 | 7.17 (6.34-8.47) | 24.78(18.26-38.19) |
| 0.9 | 6.85 | 4.38 (4.08-4.71) | 11.28 (9.74-13.66) |
| 1.2 | 9.21 | 2.19 (2.06-2.32) | 3.69 (3.45-3.99) |

جدول ۶- مقادیر LC₅₀ و LC₉₀ (%) اسانس اکالیپتوس بعد از

۷ روز در آزمون تدخینی

Table 6. Values of LC₅₀ and LC₉₀ (%) of *Eucalyptus* essential oil after 7 days in fumigation test

| Experiment | X ² | LC ₅₀ (95% Confidence limits) | LC ₉₀ (95% Confidence limits) |
|-----------------|----------------|--|--|
| Fumigation test | 6.451 | 1.027 (0.881-3.132) | 0.748 (0.577-0.903) |

ارزیابی اثر تدخینی اسانس اکالیپتوس بر موربانه: در

آزمون تدخینی نیز تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌ها بدست آمد و نتایج نشان داد که با افزایش غلظت اسانس، میزان مرگ و میر به شدت افزایش یافت، به طوری که در بالاترین غلظت کاربردی در طی ۲۴ ساعت ۱۰۰٪ مرگ و میر بدست آمد (df=4; F= 32.69; P<0.0001). در آزمون تدخینی نیز با افزایش غلظت اسانس اکالیپتوس میزان مرگ و میر موربانه در طول ۷ روز افزایش یافت و درصد مرگ و میر با توجه به غلظت‌های کاربردی (۰/۷، ۰/۹، ۱/۲ و ۱/۶٪) به ترتیب ۶۷/۶۷، ۶۹/۱۷، ۱۰۰ و ۱۰۰٪ به دست آمد. به علت ۱۰۰٪ بودن مرگ و میر موربانه‌ها در ۲۴ ساعت اول در غلظت ۱/۶٪ میزان LT₅₀ و LT₉₀ برای آن محاسبه نشد از طرفی در غلظت ۱/۲٪ بعد از ۴ روز مرگ و میر ۱۰۰٪ ثبت گردید. در بررسی LT₅₀ و LT₉₀ حاصل از غلظت‌های کاربردی دیگر با افزایش غلظت، زمان لازم برای ایجاد ۱۰۰٪ مرگ و میر کاهش یافت (جدول ۵). مقادیر LC₅₀ و LC₉₀ در جدول ۶ گزارش شده است. در بررسی انجام شده توسط Cornelius *et al.* (1997) ائوژنول در مقایسه با سیترال^۱ و ژرانیول به‌عنوان یک سم تدخینی علیه موربانه‌ها مؤثر شناخته شده است. Clausen and Vina (2008) برای حفاظت چوب از حمله *R. flavipes* هشت اسانس را در آزمایش سمیت تدخینی مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که می‌توان از اسانس شوید، شمعدانی، لمون‌گراس^۲، درخت چای و رزماری به تنهایی یا همراه با سموم تدخینی موربانه‌کش برای حفاظت سطحی چوب از حمله موربانه استفاده کرد. همچنین نتایج تحقیق حاضر با آزمون انجام شده توسط Siramon *et al.* (2009) مطابقت داشت.

با توجه به ایجاد ۱۰۰٪ مرگ و میر در غلظت ۱/۶٪ در

آزمون تدخینی و افزایش مرگ و میر موربانه‌ها با افزایش غلظت اسانس و ضخامت خاک تیمار شده در آزمایش

۱- Citral

۲- lemongrass

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز به سبب فراهم نمودن بخشی از امکانات مالی و اجرایی این طرح صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

- ACDA, M. N. 2009. Toxicity, tunnelling and feeding behavior of the termite, *Coptotermes vastator*, in sand treated with oil of the physic nut, *Jatropha curcas*, Journal of Insect Science, 9: 1-8.
- AHMED, S., M. A. RIAZ and M. SHAHID, 2007. Response of *Microtermes obesi* (Isoptera: Termitidae) and its gut bacteria towards some plant extracts, Journal of Food, Agriculture and Environment, 4(1): 317-320.
- BLASK, P. B. and H. HERTEL, 2001. Repellent and toxic effects of plant extracts on subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae), Journal of Economic Entomology, 94(5): 1200-1208.
- BATISH, D. R., H. P. SINGH, R. K. KOHLI and S. KAUR, 2008. *Eucalyptus* essential oil as a natural pesticide, Forest Ecology and Management, 256: 2166-2174.
- BUTCHER, P. A., A. OTERO, M. W. MCDONALD and G. F. MORAN, 2001. Nuclear RFLP variation in *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. from northern Australia. Heredity, 88: 402-412.
- CIMANGA, K., K. KAMBU, L. TONA, S. APERS, T. DEBRUYNEE, N. HERMANS, J. TOTTE, L. PIETERS and A. J. VLIETINCK, 2002. Correlation between chemical composition and antibacterial activity of essential oils of some aromatic medicinal plants growing in the Democratic Republic of Congo, Journal of Ethnopharmacology, 79: 213-220.
- CLAUSEN, C.A. and W. Y. VINA, 2008. Fumigant toxicity of essential oils to *Reticulitermes flavipes*, Proceeding One Hundred Fourth Annual Meeting of the American Wood Protection Association, Alabama, 104: 49-54.
- CORNELIUS, M. L., J. K. GRACE and J. R. YATES, 1997. Toxicity of monoterpenoids and other natural products to the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae), Journal of Economic Entomology, 90(2): 320-325.

اثر دور کنندگی اسانس اکالیپتوس (*E. camaldulensis*) در بررسی پاسخ رفتاری موربانه *M. diversus* با دستگاه الفکتومتر (بوسنج) توسط Shafiei Alavije et al. (in press) ثبت و گزارش گردیده است.

موربانه *M. diversus* از جمله آفات مهم ساختمان‌ها در استان خوزستان می‌باشد. چنان که بررسی‌ها نشان می‌دهد ساختمان‌هایی که به صورت سوله بوده و دارای سقف کاذب (سقف شیروانی) می‌باشند نسبت به حمله موربانه‌ها بسیار حساس هستند. وجود سقف کاذب در بعضی ساختمان‌های دو طبقه نیز باعث جلب و تجمع موربانه‌ها می‌شود. همچنین ساختمان‌های دارای فضای گربه رو نیز نسبت به حمله موربانه‌ها بسیار آسیب‌پذیر هستند، زیرا محیط تاریک و مرطوب در جذب موربانه‌ها جهت تأمین کلنی و سپس حمله به ساختمان مؤثر هستند. بنابراین در این موارد به سبب وجود سقف کاذب، سم‌پاشی سقف نیز لازم است. در این اماکن چون در مواردی به علت ایجاد خطر برای ساکنین سم‌پاشی با محلول سموم امکان پذیر نبود از گاز متیل بروماید استفاده می‌شد (Habibpour, 2006). امروزه به دلیل اثرات نامطلوب این گاز روی لایه ازن کاربرد آن ممنوع شده است. بنابراین با توجه به گرایش به کاربرد سموم زیستی با اثر ابقایی کوتاه مدت در محیط و اهمیت آنها در سلامت انسان‌ها، تحقیقات وسیعی در زمینه کاربرد سموم سازگار با طبیعت علیه موربانه‌ها در جهان در جریان است. با توجه به نتایج تحقیق حاضر می‌توان اسانس اکالیپتوس را به عنوان یک سم زیستی مطلوب با اثر تدخینی مناسب و عاملی مؤثر با اثر تماسی در کانال‌های تونل‌زنی موربانه‌ها جهت تیمار اماکن مسقف (منازل، انبارها و غیره) معرفی کرد ولی با توجه به بقای کوتاه مدت این مواد در طبیعت می‌توان در تلفیق با دیگر روش‌های کنترلی، ضمن کاهش میزان مصرف سموم اثر اسانس را نیز افزایش داد و آن را به عنوان یک حشره‌کش اقتصادی و مناسب با محیط زیست پیشنهاد کرد.

- DuKE, J. A. 2004. Dr. Duke's Phytochemical and Ethnobotanical databases, Retrieved June 9, 2008, from: <http://www.ars-grin.gov/duke/> (accessed on 9 June, 2008).
- EKHTELAT, M. 2009. Investigation on feeding behavior and estimating foraging population of *Microcerotermes diversus* (Silvestri) (Isoptera: Rhinotermitidae), M.S. dissertation, College of Agriculture, Shahid-Chamran University of Ahvaz, Iran, 120 pp. (in Persian with English summary).
- FINNEY, D. J. 1971. Probit analysis, Third edition, Cambridge at the University Press, 333 p.
- HABIBPOUR, B. 1994. Termites (Isoptera) fauna, economic importance and their biology in Khuzestan, (Iran.), M.S. dissertation, College of Agriculture, Shahid-Chamran University of Ahvaz, Iran, 120 pp. (in Persian with English summary).
- HABIBPOUR, B. 2006. Laboratory and field evolution of bait-toxicants for suppression of subterranean termite populations in Ahwaz, Ph. D. dissertation. College of Agriculture, Shahid-Chamran University of Ahvaz, Iran, 150 pp. (in Persian with English summary).
- MAO, L. and G. HENDERSON, 2007. Antifeedant activity and acute and residual toxicity of alkaloids from *Sophora flavescens* (Leguminosae) against Formosan Subterranean Termites (Isoptera: Rhinotermitidae), *Journal of Economic Entomology*, 100(3): 866-870.
- MAISTRELLO, L., G. HENDERSON and A. R. LAINE, 2001. Efficacy of vetiver oil and Nootkatone as soil barriers against Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae), *Journal of Economic Entomology*, 94(6): 1532-1536.
- PEARCE, M. J. 1997. Termites: Biology and Pest Management, CAB International, USA, 172 pp.
- PETERSON, C. I. and J. E. WILSON, 2003. Catnip essential oil as a barrier to subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae) in the laboratory, *Journal of Economic Entomology*, 96(4): 1275-1282.
- RAINA, A., J. BLAND, M. DOOLITTLE, A. LAX, R. BOOPATHY and M. FOLIKINS, 2007. Effect of orange oil extract on the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae), *Journal of Economic Entomology*, 100(3): 880-885.
- SHAFIEI ALAVIJE, E., B. HABIBPOUR, S. MOHARRAMI POUR and A. RASEKH, The investigation into repellency effects of eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis*) essential oil on the termite *Microcerotermes diversus*. *Journal of Plant Protection*, (in press).
- SIRAMON, P., Y. OHTANI and H. ICHIURA, 2009. Biological performance of *Eucalyptus camaldulensis* leaf oils from Thailand against the subterranean termite *Coptotermes formosanus* Shiraki, *Japan Wood Research*, 55: 41-46.
- TSEDEKE, A., G. TEFERI and A. ABDURAHMAN, 1991. Recent advances in biology, ecology and control of termites. (eds) CEE proceedings, 11th Annual Meeting of the Committee Ethiopian Entomologists, Ethiopia, 1-6.
- YOHANNES, G. 2006. Evaluation of termite resistance plant attributes for their bioactivities against *Macrotermes* termites, M.Sc. Dissertation, Biology Department, Addis Ababa University, Ethiopia, 70pp.
- ZHU, B.C.R, F. C. HENDERSON, L. MARISTRELLO and R. A. LAINE, 2001. Nootkatone is a repellent for Formosan subterranean termite (*Coptotermes formosanus*), *Journal of Chemical Ecology*, 27(3): 523-531.

