DOI: 10.22092/vj.2020.128751.1671
شماره ۱۳۱ تابستان ۱۴۰۰
تحقیقات دامپزشکی و فرآورده های بیولوژیک

مقایسه اثرکشندگی کارواکرول، تیمول، سموم پرمترین و سایپرمترین بر سوسری‌های آلمانی *(Blattella germanica)*

• **رضا نیکزاد**
گروه دامپزشکی دانشگاه آزاداسلامي واحد بابل، ایران
• **محمد رضا یوسفی (نویسنده مسئول)**
گروه انگل شناسي، واحد بابل، دانشگاه آزاداسلامي ، بابل، ایران
• **محدثه ابوحسینی طبری**
گروه فارماکولوژی، دانشکده دامپزشکي، دانشگاه تخصصي فناوری های نوین آمل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸-۰۹-۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸-۱۲-۲۵
Email: youssefi929@hotmail.com

چکیده

سوسري آلماني از شایع‌ترین آفات خانگي است که مي‌تواند در انتقال عوامل بیماري‌زای ویروسی، باکتریایی، و انگلی به انسان نقش داشته باشد. استفاده بی‌رویه از سموم پیرتروئیدی منجر به بروز مقاومت در سوسری‌ها شده است. مطالعات نشان داده‌اند ترکیبات فعال زیستی گیاهی می‌توانند جایگزین مناسبی برای سموم شیمیایی باشند. هدف از این مطالعه تعیین اثرکشندگی کارواکرول، تیمول، سموم پرمترین و سایپرمترین بر سوسری‌های آلمانی در شرایط آزمایشگاهی بوده است. در این بررسی اثر کشندگی کارواکرول، تیمول، پرمترین و سایپرمترین توسط تست تماسی و بخور در رقت‌های ۰/۱۲۵ ، ۰/۲۵ ، ۰/۵ و ۱ میکروگرم بر سانتی‌متر مکعب بر روی این حشره در شرایط آزمایشگاه مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از ۲۴ ساعت تیمار در تست سمیت تماسی، تیمول در تمامی دوزها موجب بروز اثر کشندگی معنی‌دار در مقایسه با کنترل گردید (p=۰/۰۰۴). تیمول در تمامی رقت‌های مورد استفاده منجر به بروز سمیت بخور معنی‌دار در مقایسه با گروه کنترل شد (p= ۰/۰۰۱). در مطالعه حاضر ترکیب تیمول در مقایسه با سایر مواد مورد آزمایش اثر کشندگی بیشتری را بر سوسری آلمانی نشان داد.

کلمات کلیدی: سوسری آلمانی، کارواکرول، تیمول، پرمترین، سایپرمترین

Veterinary Researches & Biological Products No 131 pp: 61-67

Comparison of Lethal Effect of Carvacrol, Thymol, Permethrin and Cypermethrin Toxicants on German cockroaches (Blattella germanica)

By: Nikzad, R., Department of Veterinary Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, Babol-Branch, Islamic Azad University, Babol, Iran. *Youssefi, M. R., (Corresponding Author) Department of Parasitology, Babol-Branch, Islamic Azad University, Babol, Iran* and *Abouhosseini Tabari, M., Department of Pharmacology, Faculty of Veterinary Medicine, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran.*

Email: youssefi929@hotmail.com.

Received: 2019-12-14 **Accepted: 2020-03-15**

German cockroaches are one of the most common indoor pests which could be effective in the transmission of viral, bacterial, and parasitic pathogens. Extensive use of pyrethroid pesticides resulted in resistance in the cockroaches. Studies have showed that bioactive herbal compounds can serve as alternative to chemical pesticides. Aim of the present study was to evaluate lethal effect of carvacrol, thymol, permethrin and cypermethrin on German cockroaches in vitro. In this study, toxic effects of carvacrol, thymol, permethrin and cypermethrin by contact and fumigation tests in dilutions of 0.125, 0.25, 0.5 and 1 µg/cm3 were tested. After 24 h treatment in the contact toxicity test, thymol at all tested doses led to significant lethal effects in comparison to the control (p= 0.004). Thymol at all tested dilutions resulted in significant fumigation toxicity in comparison to the control (p= 0.001). In the present study, thymol in comparison to all other tested compounds exhibited more lethal activity on the German cockroaches.

Key words: German cockroach, carvacrol, thymol, permethrin, cypermethrin

مقدمه

سوسري آلماني (Blattella germanica)، از شايع‌ترين آفات خانگي است كه به دليل عادت تغذيه‌اي خاص و تمايل بيشتر به حضور در كابينت‌ها و محيط آشپزخانه نسبت به ساير سوسک‌ها، مي‌تواند در انتقال عوامل بيماري‌زاي ويروسی، باكتريايی و انگلی به انسان موثر باشد. اين گونه بدليل حضور مستقيم در محيط زندگی انسان و از طريق دفع فضولات و ترشحات ناشی از بدنش می‌تواند در بروز واكنش‌هاي آلرژيك و حساسيت‌های تنفسی در انسان‌ها نقش ايفا نمايد. استفاده وسيع و نامناسب از سموم باعث بروز مقاومت در سوسري‌ها گشته است به طوري كه اين آفت بعد از مگس خانگي، دومين رتبه را در مقاومت به حشره‌كش‌ها به خود اختصاص داده است. سوسری‌ها از آفات بسيار شايع در اماكن مختلف به شمار می‌آيند. اين حشرات در اماكن مختلف تخم‌ريزی كرده و جهت تغذيه از مواد خوراكی و آب با انسان شريک می‌شوند. آنها در فضاهای داخلی و بسته در تمامی طول سال فعاليت دارند (۱۲, ۲۲). كنترل جمعيت سوسری‌ها در سراسر دنيا به ميزان زيادی متاثر از بكارگيری تركيبات حشره كش مانند پيرترين(pyrethrin) و ساير پيرتروئيدها است. امروزه استفاده مكرر و بدون پشتوانه علمی از سموم منجر به بروز مقاومت شده است كه يک واكنش طبيعی حشرات در مقابل سموم می‌باشد. اين پديده كه براساس اصل انتخاب طبيعی رخ می‌دهد، دارای مكانيسم‌های متعددی است. افزايش تجزيه سموم به وسيله آنزيم‌ها و نيز تغيير در محل اثر آنها از مهم‌ترين مكانيسم‌های ايجاد مقاومت در برابر پيرتروئيدها می‌باشد. اين مشكل نقش پژوهش برای يافتن منابع جايگزين نوين و موثر در كنترل سوسری‌ها را بيش از پيش برجسته می‌نمايد (۱۵).

گياهان و تركيبات مشتق از آن‌ها از ديرباز به عنوان منابع ايمن و كارآ در مقابله با حشرات بصورت سموم كشنده و يا خاصيت دوركنندگی مورد توجه بوده‌اند. مطالعات متعددی سميت اين تركيبات را بر تخم، لارو و حشرات بالغ نشان داده‌اند (۲, ۱۹). علی‌رغم مطالعات متعدد انجام شده، در زمينه استفاده از گياهان به عنوان آفت‌كش چندين نكته بايد مورد توجه قرار گيرد؛ كه مهم‌ترينشان تفاوت در تركيبات شيميايی گياهانی است كه از نظر ظاهر و گونه تاكسونامیک شبيه هم می‌باشند. تفاوت موجود در ميان تركيبات شيميايی تشكيل دهنده می‌تواند بر فعاليت آفت كشی گياه تاثير بگذارد و توصيه بر موثر بودن اسانس يا گياه خاصی

را تنها با در نظر داشتن گونه گیاهی آن مشکل نماید. یک رهیافت برای حل این مشکل شناسایی ترکیبات فعال زیستی در گیاهان، جداسازی و استفاده از آن‌ها به عنوان آفت کش است (۲۰). کارواکرول (Carvacrol) یک مونوترپن فنوله است که در اسانس بسیاری از گیاهان خانواده نعنا (Lamiaceae) مانند مرزه (Satureja hortensis)، مرزنجوش (Origanum vulgare) و آویشن (Zataria multiflora) یافت می‌شود. اثرات وسیع حشره‌کشی از این ترکیب بر روی بسیاری از آفات در کشاورزی، انبارهای پزشکی و دامپزشکی گزارش شده است (۱۸). تیمول (Thymol) نیز یک مونوترپن فنوله است که بیش از هشتاد درصد اسانس آویشن را تشکیل می‌دهد که دارای اثرات ضد باکتریایی، ضد قارچی و ضد انگلی می‌باشد (۱۱). پرمترین و سایپرمترین از دسته آفت‌کش‌های پیرتروئیدی می‌باشند که به علت کارایی مناسب و سمیت اندک این دسته از ترکیبات بر سلول‌های پستانداران، بطور گسترده بعنوان آفت‌کش علیه سوسری‌های آلمانی کاربرد دارند. حشره‌کش‌هاي پيرتروئيدي از ترکیبات اصلی و پایه‌اي فرمولاسیون سموم هستند که برای چندین دهه در مبارزه علیه سوسری‌ها استفاده می‌شوند. کاربرد طولانی و استفاده گسترده از این سموم در کنترل سوسری‌ها منجر به بروز جمعیت‌های مقاوم در این حشرات شده است. در کشور ما نیز با توجه به فراوانی استفاده از این سموم پیرتروئیدی مطالعات متعدد برای بررسی حساسیت سوسری‌های آلمانی نسبت به این سموم انجام شده است که مقاومت نسبت به این سموم نیز گزارش شده است (۱۳, ۲۴, ۲۵). با در نظر داشتن موارد ذکر شده مطالعه حاضر به هدف بررسی اثرات کشندگی کارواکرول و تیمول بر سوسری آلمانی و مقایسه آنها با سموم پرمترین و سایپرمترین انجام شده است.

مواد و روش‌ها

سوسری‌های آلمانی

در این مطالعه، سوسری‌های آلمانی از سویه استاندارد دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران تهیه و در محیط آزمایشگاه بدون تماس با هیچ حشره‌کشی کشت داده شدند. دسترسی به آب از طریق فلاسک شیشه‌ای که پارچه نخی بر روی آن قرار داده شده بود انجام شد و تغذیه سوسری‌ها با استفاده از پلت موش صورت گرفت. سوسری‌ها در دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۶۰٪ با سیکل ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند.

مواد شیمیایی

کارواکرول ۹۸٪، و تیمول ۹۸٪ از شرکت سیگما آلدریچ آلمان تهیه شدند. پرمترین ۹۲٪ و سایپرمترین ۹۳٪ اهدایی بخش تحقیق و توسعه شرکت فومن شیمی رشت بودند. سایر مواد مورد استفاده دارای درجه آزمایشگاهی بوده و بصورت تجاری در دسترس می‌باشند.

تست سمیت تماسی

این تست مطابق با پروتکل استاندارد سازمان بهداشت جهانی انجام شد(۲۴). دوزهای ۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ میکروگرم بر سانتی‌متر مکعب از کارواکرول، تیمول، پرمترین و سایپرمترین در ۰/۵ میلی‌لیتر استون حل شده و بوسیله یک میکرواپلیکاتور بر کاغذ صافی با قطر ۹/۵ سانتی‌متر بصورت یکنواخت پخش شد. سپس کاغذها به مدت ده دقیقه به زیر هود انتقال داده شدند. پس از تبخیر استون، کاغذها در کف پلیت قرار داده شده و در هر پلیت ۱۰ عدد سوسری نر و ماده قرار داده شد. در گروه شاهد کاغذ صافی بجز استون تیماری دریافت نکرد. مرگ و میر در گروه‌های مختلف در بازه‌های زمانی ۲۴ و ۴۸ ساعت ثبت گردید. برای نشان دادن زنده یا مرده بودن سوسری‌ها از تست نیدل استفاده گردید. در صورتی که در تماس نیدل با سطح شکمی بدن، سوسری‌ها قادر به برگشتن به پشت نبودند مرده در نظر گرفته می‌شوند. تمام آزمایشات بصورت پنج بار تکرار انجام شدند.

تست سمیت بخور

این تست بر اساس روش گزارش شده توسط Phillips و Apple در سال ۲۰۱۰ با تغییراتی اندک انجام شده است (۱۶). یک دیسک کاغذی به قطر ۸ میلی‌متر با رقت‌های ۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ میکروگرم بر سانتی‌متر مکعب از کارواکرول، تیمول، پرمترین و سایپرمترین را آغشته کرده و در کف یک ظرف استوانه‌ای به قطر ۹/۵ و طول ۱۶ سانتی‌متر قرار داده شدند. یک توری با ارتفاع ۹/۵ سانتی‌متر از کف ظرف قرار داده شد تا از تماس مستقیم سوسری‌ها با دیسک‌ها جلوگیری شود. ده سوسری بالغ نر و ماده بر روی توری قرار داده شدند. میزان مرگ و میر پس از ۴۸ ساعت با استفاده از تست نیدل مورد ارزیابی قرار گرفت. در صورتی که در تماس نیدل با سطح شکمی بدن، سوسری‌ها قادر به برگشتن به پشت نبودند مرده در نظر گرفته می‌شوند (Lee et al., ۱۹۹۶). این آزمایش برای هر تیمار ۳ بار تکرار گردید.

آنالیز آماری

در آنالیز آماری این پژوهش از مدل آماری CRD (طرح کاملا تصادفی) استفاده شده است. همچنین برای ارزیابی معنی‌دار بودن اختلاف بین گروه‌های آزمایشی از آنالیز یکطرفه واریانس و تست تعقیبی دانکن استفاده شد. مقادیر $p < ۰/۰۵$ بعنوان معنی‌دار در نظر گرفته شدند.

نتایج

یافته‌های سمیت تماسی

پس از ۲۴ ساعت تیمار در تست سمیت تماسی، کارواکرول در هیچ یک از رقت‌های مورد استفاده منجر به مرگ در جمعیت سوسری‌های تحت مطالعه نشد. تیمول در تمامی دوزها موجب بروز اثر سمی معنی‌دار در مقایسه با کنترل گردید (p=۰/۰۰۴). پرمترین در بالاترین دوز µg/cm۳۱، ۳/۳۳٪ مرگ و میر را نشان داد (p=۰/۱۲ در مقایسه با کنترل). سایپرمترین در دوزهای ۰/۵ و µg/cm۳۱، به ترتیب ۱۳/۳۳ و ۱۶/۶۶٪ اثر کشندگی داشت (p=۰/۰۳۸ در مقایسه با کنترل). در بررسی سمیت تماسی ۴۸ ساعته، بالاترین رقت از کارواکرول موجب ۲۰٪ مرگ و میر شد(p=۰/۰۱۴ در مقایسه با کنترل). تیمول در تمامی رقت‌های مورد استفاده سمیت حداکثر و مرگ و میر ۱۰۰٪ را نشان داد که در مقایسه با سایر تیمارها بجز سایپرمترین µg/cm ۳۱ (p=۰/۱۸) اختلاف معنی‌دار داشتند. پس از ۴۸ ساعت، پرمترین با دوز µg/cm ۳۱ در سمیت تماسی

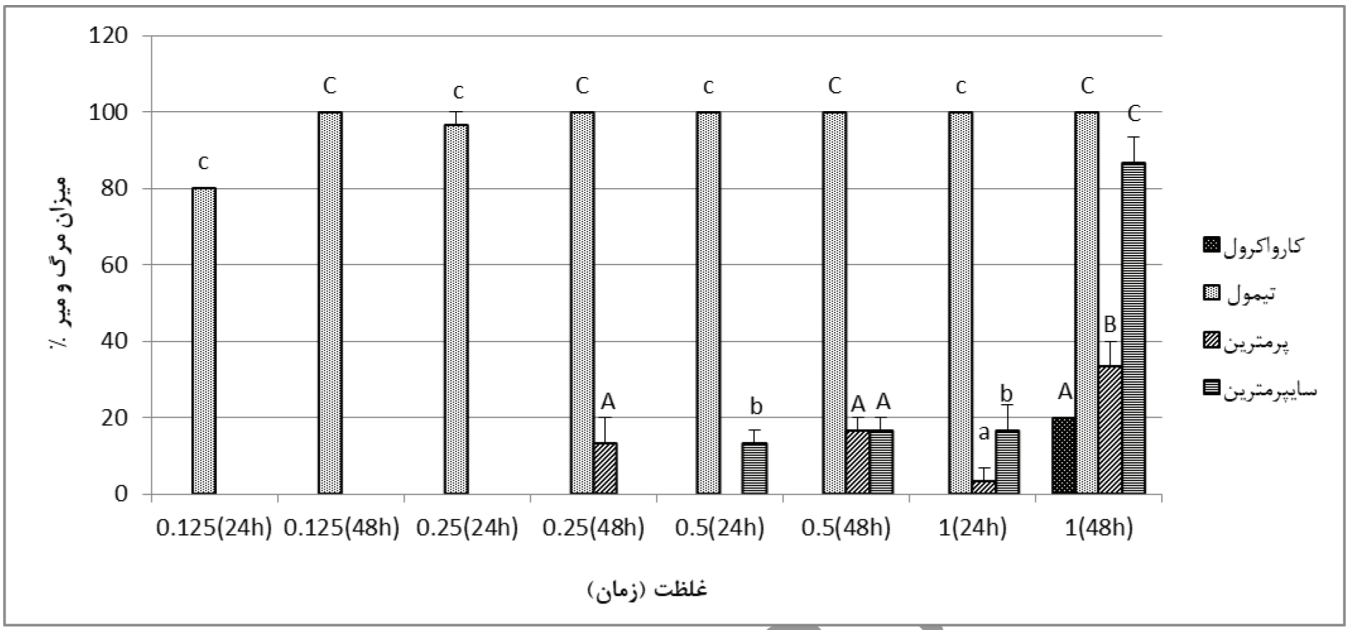
میزان کشندگی ۳۳/۳۳٪ و سایپرمترین ۸۶/۶۶٪ را نشان دادند (نمودار ۱).

یافته‌های سمیت بخور

در بازه زمانی ۲۴ ساعت، تیمار با تیمول در تمامی رقت‌های مورد استفاده منجر به بروز سمیت بخور معنی‌دار در مقایسه با گروه کنترل شد (p=۰/۰۰۱). در حالی‌که کارواکرول در هیچ یک از رقت‌های مورد استفاده موجب مرگ و میر در سوسری‌ها نشد (p=۰/۴۸). سایپرمترین و پرمترین در بالاترین دوز مورد استفاده به ترتیب موجب ۲۰٪ و ۲۳/۳۳٪ مرگ در سوسری‌ها شدند که در مقایسه با کنترل معنی‌دار بود (p= ۰/۰۱۲). داده‌های حاصل از میزان مرگ و میر در گروه‌های تحت تیمار با کارواکرول، تیمول، پرمترین و سایپرمترین در تست سمیت بخور در نمودار ۲ آورده شده است. کارواکرول در دوز ۳۱ µg/cm پس از ۴۸ ساعت موجب ۲۳/۳۳٪ مرگ در سوسری‌ها گردید. در حالی‌که تیمول در تمام رقت‌های مورد استفاده سمیت قابل توجه و میزان مرگ و میر بالای ۹۰٪ را پس از ۴۸ ساعت از خود نشان داد. میزان مرگ و میر در دوز µg/ cm ۳ ۰/۱۲۵ از پرمترین و سایپرمترین پس از ۴۸ ساعت صفر بوده است ولی این میزان برای دوز µg/cm ۰/۳۲۵ به ترتیب ۳۶/۶۶ و ۳/۳۳٪ بودند. علی رغم وجود اختلاف معنی‌دار میان درصد کشندگی دوزهای µg/cm ۳ ۰/۲۵ و µg/cm ۰/۳۵ از پرمترین و سایپرمترین (p=۰/۰۲۳)، این دو تیمار در دوز µg/cm ۳ ۱ اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند (p=۰/۱۲۵).

بحث و نتیجه‌گیری

سابقه‌ای بسیار طولانی در مقاومت سوسری‌های آلمانی نسبت به حشره کش‌های متداول در دنیا وجود دارد که شامل مقاومت به کلردان (۵, ۸)، پیروتیروئیدها (۱۰)، ارگانوفسفره‌ها (۷, ۲۱) و کارباماته (۱) می‌باشد. در برخی از سوسری‌های آلمانی مقاومت نسبت به حشره‌کش‌ها حتی در مقابل ۱۲-۸ نوع حشره‌کش دیده شده است. موفقیت در مبارزه با سوسري آلماني، بستگی به تشخیص مقاومت به سموم در مراحل اولیه و همچنین مکانیسم و نوع مقاومت دارد (۴). در مطالعه نصیریان و همکاران، مقاومت سوسری آلمانی به پرمترین مورد بررسی قرار گرفت. ۱۱ سوش از سوسری آلمانی از مکان‌های مختلف آلوده، پس از شکست در نتیجه‌گیری از سموم پیروتروئیدي، جمع‌آوری شدند. تمامی سوش‌های وحشی با سطوح مختلف مقاومت به پیروتروئیدها در جار شیشه‌ای ظرف مدت ۴۰۰ دقیقه (۶ ساعت) مرگ و میر نداشتند در صورتی که سوش‌های حساس در مدت ۲۵ دقیقه، ۱۰۰٪ مرگ و میر داشتند (۱۴). در مقایسه با نتایج مطالعه حاضر که پس از گذشت ۴۸ ساعت اثرکشندگی پرمترین و سایپرمترین به ۱۰۰٪ نرسید به نظر می رسد جمعیت سوسری‌های مورد استفاده در این مطالعه نیز نسبت به اثر کشندگی پرمترین و سایپرمترین



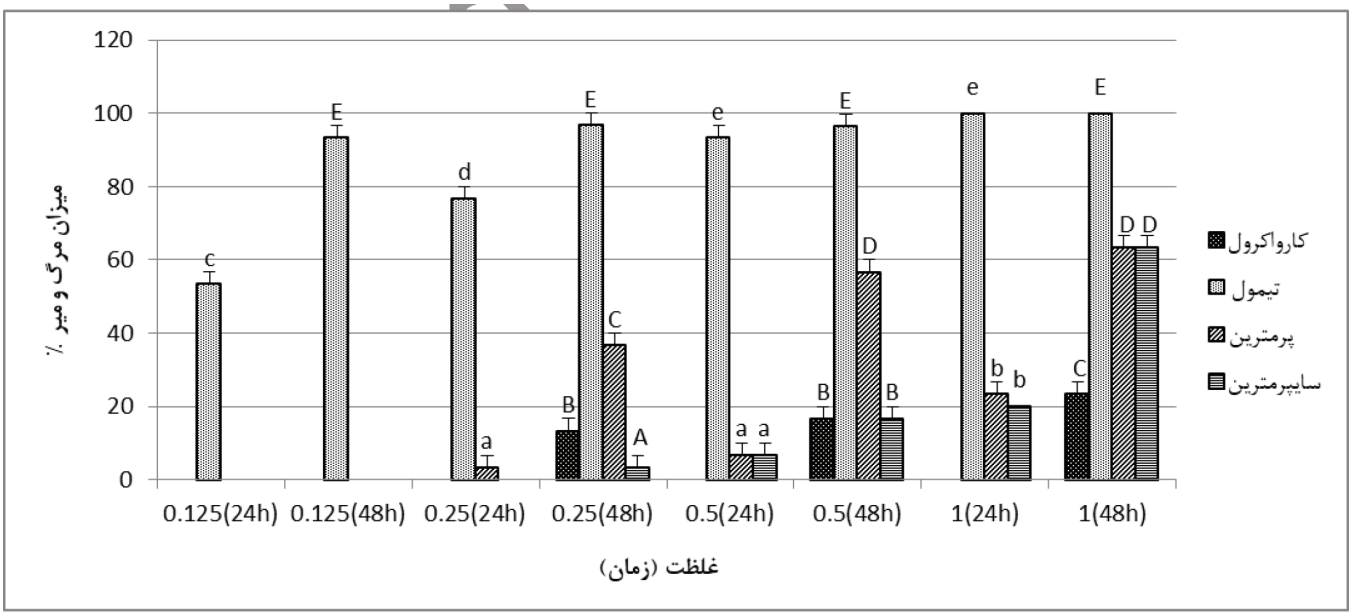
نمودار ۱- میزان مرگ و میر در سوسری های آلمانی در تیمار با کارواکرول، تیمول، پرمترین و سایپرمترین پس از ۲۴ و ۴۸ ساعت در تست سمیت تماسی

داده ها بصورت میانگین± خطای استاندارد بیان شده اند.

حروف کوچک نشان دهنده اختلاف معنی دار میان میانگین ها در زمان ۲۴ ساعت و حروف بزرگ نشان دهنده اختلاف معنی دار میان میانگین ها در زمان ۴۸ ساعت می باشند (p<۰,۰۵).

کاهش حساسیت یافته‌اند.

امروزه کنترل سوسری‌ها بدلیل مقاومتشان به حشره‌کش‌های متعدد به آسانی قابل انجام نیست. با این وجود، معرفی و استفاده از ترکیبات جدید برای از بین بردن حشرات بدلیل قوانین نظارتی زیست محیطی سخت‌گیرانه و در نظر داشتن مواردی از قبیل نیمه عمر در طبیعت و بدن جانداران، میزان باقی ماندن سم در محیط و اثرات آن بر سلامت انسان و سایر جانداران امری دشوار می‌باشد. ترکیبات فعال زیستی مشتق شده از گیاهان بدلیل دارا بودن منشا طبیعی، امنیت زیستی، زیست تجزیه پذیری، و سمیت اندک برای پستانداران و سایر گونه‌های غیر هدف می‌توانند به عنوان جایگزین مناسب برای حشره‌کش‌های شیمیایی مورد تحقیق و توسعه قرار گیرند. مطالعات متعدد سمیت قابل قبول ترکیبات مشتق شده از گیاهان را علیه آفات مهم پزشکی و دامپزشکی نشان داده اند. در مطالعه Chang و Ahn سمیت ترکیب (E-anethole) مشتق شده از میوه‌های Illicium verum یا انیسه ستاره‌ای علیه سوسری‌های آلمانی بالغ مورد بررسی قرار گرفت. این محققین نشان دادند که (E)-anethole در دوز ۰,۱۹۹ mg/ cm-۲ پس از سه روز موجب مرگ ۴۷/۶٪ از سوسری‌های شد در حالی که دلتامترین در دوز ۰,۷۹۶ mg /cm-۲ پس از سه روز تیمار بی اثر بود (۳). Jung و همکاران در مطالعه‌ای میزان سمیت اجزای تشکیل‌دهنده دانه گیاه Myristica fragrans را علیه سوسری‌ها مورد ارزیابی قرار داده و نشان دادند که سمیت ترکیب β-pinene با غلظت ۰,۰۶ mg/cm۲ قابل مقایسه با سم پرمترین ۰,۰۵ mg/ cm۲ بوده است و گزارش نمودند که اجزای تشکیل دهنده دانه این گیاه پتانسیل تحقیقات بیشتر برای استفاده به عنوان آفت‌کش علیه سوسری آلمانی را دارند (۹). در مطالعه Phillips و همکاران اثرات سمی۱۲ جزئ از اجزای تشکیل‌دهنده اسانس‌های گیاهی علیه مراحل نمفی بزرگ و متوسط سوسری آلمانی مورد ارزیابی قرار گرفت (۱۷). نتایج حاصل از مطالعه ایشان نشان داد که به ترتیب ترنس سینامالدهید (Trans-cinnamaldehyde)، تیمول، اوژنول (eugenol) و کارواکرول بیشترین سمیت را علیه نمف‌های بزرگ و متوسط سوسری داشته اند. در همین راستا مطالعه حاضر نیز سمیت قابل قبولی را از تیمول نشان داده است ولی کارواکرول حتی در بالاترین غلظت مورد استفاده حدود ۲۰٪ مرگ و میر را موجب شده است. Yoem و همکاران سمیت تماسی و بخور اسانس ۱۱ گیاه از خانواده موردیان Myrtaceae و اجزای مهم تشکیل دهنده شان را علیه سوسری‌های آلمانی نر بالغ مورد بررسی قرار دادند. اوژنول به عنوان یک جزئ تشکیل‌دهنده مهم این اسانس‌ها در غلظت ۱ میلی‌گرم به ازای هر سوسک موجب ۱۰۰٪ مرگ و میر در جمعیت سوسک‌های مورد مطالعه گردید (۲۳). بر خلاف نتایج مطالعه حاضر که سمیت تماسی و بخور قابل قبولی را برای کارواکرول علیه سوسری آلمانی



نمودار ۲- میزان مرگ و میر در سوسری های آلمانی در تیمار با کارواکرول، تیمول، پرمترین و سایپرمترین پس از ۲۴ و ۴۸ ساعت در تست سمیت بخور

داده ها بصورت میانگین± خطای استاندارد بیان شده اند.

حروف کوچک نشان دهنده اختلاف معنی دار میان میانگین ها در زمان ۲۴ ساعت و حروف بزرگ نشان دهنده اختلاف معنی دار میان میانگین ها در زمان ۴۸ ساعت می باشند ($p<0,05$).

نشان نداد، Gaire و همکارانش سمیت قابل قبولی را از کارواکرول و همچنین تیمول در برابر ساس رختخواب گزارش نمودند (۶). اختلاف در نتایج این دو مطالعه احتمالا ناشی از تفاوت‌های گونه میان سوسری‌های آلمانی و ساس‌های رختخواب باشد.

در مطالعه حاضر ترکیب تیمول سمیت قابل قبولی را علیه سوسری آلمانی در هر دو روش سمیت تماسی و بخور نشان داد. عدم وجود تفاوت قابل ملاحظه میان سمیت تیمول از طریق تماسی و بخور نشان می‌دهد که این ترکیب برای اعمال سمیت نیازی به تماس مستقیم با حشره ندارد و از طریق بخارات هم می‌تواند اثر سمی خود را اعمال نماید. این مهم در مبارزه با آفات خانگی که همیشه امکان تماس مستقیم آفت و ماده حشره کش وجود ندارد به عنوان نقطه قوت محسوب می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر تیمول را به عنوان حشره‌کشی مناسب علیه سوسری آلمانی نشان داد. این ترکیب می‌تواند به عنوان جایگزینی ایمن برای سموم شیمیایی در مبارزه علیه آفات خانگی مورد توجه و مطالعه بیشتر قرار گیرد. تحقیق بیشتر برای نشان دادن مکانیسم اثر حشره‌کشی و سمیت احتمالی بر حشرات غیر مضر ضروری به نظر می‌رسد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از شرکت فومن شیمی و بخصوص سرکار خانم دکتر فیروزی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند تقدیر و تشکر می‌گردد.

منابع مورد استفاده

1- Barson, G. and N. McCheyne. 1978. Resistance of the German cockroach (Blattella germanica) to bendiocarb. Annals of Applied Biology 90: 147-153.

2- Benelli, G., F. Maggi, R. Pavela, K. Murugan, M. Govindarajan, B. Vaseeharan, R. Petrelli, L. Cappellacci, S. Kumar and A. Hofer. 2017. Mosquito control with green nanopesticides: towards the One Health approach? A review of non-target effects. Environmental Science and Pollution Research: 1-23.

3- Chang, K. S. and Y. J. Ahn. 2002. Fumigant activity of (E)□anethole identified in Illicium verum fruit against Blattella germanica. Pest management science 58: 161-166.

4- Doroudgar, A., A. Paksa, H. Vatandoost, A. Sanei-Dehkordi and Y. Salim-Abadi. 2014. Detection of cyfluthrin resistance mechanisms among German cockroach strains in vivo in Kashan during 2011-2012. KAUMS Journal (FEYZ) 17: 590-596.

5- Fisk, F. W. and J. Isert. 1954. Comparative Toxicities of certain organic Insecticides to resistant and non-resistant Strains of the German Cockroach, Blattella germánica (L.). *Journal of Economic Entomology* 46.

6- Gaire, S., M. E. Scharf and A. D. Gondhalekar. 2019. Toxicity and neurophysiological impacts of plant essential oil components on bed bugs (Cimicidae: Hemiptera). Scientific reports 9: 1-12.

7- Grayson, J. 1961. Resistance to diazinon in the German cockroach. Bulletin of the World Health Organization 24: 563.

8- Heal, R. E., R. NASH and M. Williams. 1953. An Insecticide-resistant Strain of the German Cockroach from Corpus Christi, Texas. *Journal of Economic Entomology* 46.

9- Jung, W.-C., Y.-S. Jang, T. T. Hieu, C.-K. Lee and Y.-J. Ahn. 2007. Toxicity of Myristica fragrans seed compounds against Blattella germanica (Dictyoptera: Blattellidae). *Journal of medical entomology* 44: 524-529.

10- Keller, J., P. Clark and C. Lofgren. 1956. Susceptibility of Insecticide-resistant Cockroaches to Pyrethrins. Pest Control 24.

11- Masoumi, F., M. R. Youssefi and M. A. Tabari. 2016. Combination of carvacrol and thymol against the poultry red mite (Dermanyssus gallinae). Parasitology research 115: 4239-4243.

12- Nalyanya, G., J. C. Gore, H. M. Linker and C. Schal. 2014. German cockroach allergen levels in North Carolina schools: comparison of integrated pest management and conventional cockroach control. *Journal of medical entomology* 46: 420-427.

13- Nasirian, H., H. LADONI, M. Shayeghi, H. VATANDOUST, E. M. YAGHOUBI, Y. RASI, M. ABOU ALHASANI and M. Abaei. 2006. Comparison of permethrin and fipronil toxicity against German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae) strains.

14- Nasirian, H., H. Ladonni, M. Shayeghi and M. S. Ahmadi. 2009. Iranian non-responding contact method German cockroach permethrin resistance strains resulting from field pressure pyrethroid spraying. *Pakistan journal of biological sciences: PJBS* 12: 643-647.

15- Oppenoorth, F. J., H. Smissaert, W. Welling, L. Van der Pas and K. Hitman. 1977. Insensitive acetylcholinesterase, high glutathione-S-transferase, and hydrolytic activity as resistance factors in a tetrachlorvinphos-resistant strain of house fly. Pesticide Biochemistry and Physiology 7: 34-47.

16- Phillips, A. K. and A. G. Appel. 2010. Fumigant toxicity of essential oils to the German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). *Journal of economic entomology* 103: 781-790.

17- Phillips, A. K., A. G. Appel and S. R. Sims. 2010. Topical toxicity of essential oils to the German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). *Journal of economic entomology* 103: 448-459.

18- Tabari, M. A., M. R. Youssefi, A. Barimani and A. Araghi. 2015. Carvacrol as a potent natural acaricide against Dermanyssus gallinae. Parasitology research 114: 3801-3806.

19- Tabari, M. A., M. R. Youssefi and G. Benelli. 2017. Eco-friendly control of the poultry red mite, Dermanyssus gallinae (Dermanyssidae), using the α-thujone-rich essential oil of Artemisia sie-

beri (Asteraceae): toxic and repellent potential. Parasitology research 116: 1545-1551.

20- Tabari, M. A., M. R. Youssefi, F. Maggi and G. Benelli. 2017. Toxic and repellent activity of selected monoterpenoids (thymol, carvacrol and linalool) against the castor bean tick, Ixodes ricinus (Acari: Ixodidae). Veterinary parasitology 245: 86-91.

21- Wayne Bennett, G. and W. T. Spink. 1968. Insecticide resistance of German cockroaches from various areas of Louisiana. *Journal of economic entomology* 61: 426-431.

22- Xue, F., Y. Lefu and G. Feng. 2009. Habitat influences on diversity of bacteria found on German cockroach in Beijing. *Journal of Environmental Sciences* 21: 249-254.

23- Yeom, H.-J., J. Kang, S.-W. Kim and I.-K. Park. 2013. Fumigant and contact toxicity of Myrtaceae plant essential oils and blends of their constituents against adults of German cockroach (Blattella germanica) and their acetylcholinesterase inhibitory activity. Pesticide Biochemistry and Physiology 107: 200-206.

24-Haghi, M.F., Karami, M., Enayati, A.A. and Safari, R. 2007. Check the level Sensitivity of German cockroaches to pyrethroid insecticides Hospitals of Sari. Mazandaran University of Medical Sciences .128-125: 17

25-Ghavami, M.B., Mohammadi, J., and Ladoni, H. 2005. Susceptibility of Blatella germanica (Blattaria: Blattidae) to Permethrin in Shahid Beheshti Hospital-Zanjan. *Journal of Advances .in Medical and Biomedical Research,* 13(52): 8-16