ORIGINAL ARTICLE

Laboratory Evaluation of the Larvicidal Activity of Essential Oils from Three Mentha Species Against Anopheles stephensi

Zahra Momen[1],
Mahmoud Fazeli-Dinan[2],
Somayeh Shahani[3, 4],
Mohammad Azadbakht[5],
Fatemeh Mirzaee[6],
Seyed Hassan Nikookar[7],
Ahmad Ali Enayati[8]

[1] MSc in Medical Entomology, Neka Health Center, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[2] Associate Professor, Department of Medical Entomology and Vector Control, Health Sciences Research Centre, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[3] Associate Professor, Department of Pharmacognosy, Faculty of Pharmacy, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[4] Medicinal Plants Research Center, Institute of Medicinal Plants and Metabolic Disorders, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[5] Professor, Department of Pharmacognosy, Faculty of Pharmacy, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[6] Assistant Professor, Medicinal Plants Research Center, Institute of Medicinal Plants and Metabolic Disorders, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[7] Assistant Professor, Department of Medical Entomology and Vector Control, Health Sciences Research Center, Addiction nstitute, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[8] Professor, Department of Medical Entomology and Vector Control, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

(Received October 30, 2024; Accepted July 27, 2025)

Abstract

Background and purpose: Considering the increasing resistance of disease-transmitting mosquitoes, particularly malaria vectors, to chemical insecticides, as well as the environmental and health concerns arising from their excessive use, this study investigates the insecticidal effects of essential oils from three native *Mentha* species in Mazandaran Province on *Anopheles stephensi* larvae, which could contribute to the development of safe and effective plant-based insecticides.

Materials and methods: In this laboratory experimental study, the samples of three *Mentha* species were collected from different regions of Mazandaran Province. Essential oils were extracted using the Clevenger apparatus. The chemical composition of the essential oils was analyzed using gas chromatography–mass spectrometry (GC–MS). Bioassays were conducted on late third- and early fourth-instar larvae of *Anopheles stephensi* following the World Health Organization (WHO) protocol. Data were analyzed using probit regression in RStudio, and LC_{25}, LC_{50}, and LC_{99} values were calculated.

Results: According to the LC_{25}, LC_{50}, and LC_{99} values, Horsemint exhibited the highest larvicidal activity, with values of 57.50, 77.64, and 218.80 mg/L, respectively, while peppermint showed the lowest activity, with values of 106.88, 143.29, and 393.75 mg/L, respectively. Based on the GC–MS analysis, the number of identified chemical compounds in the essential oils of peppermint, Horsemint, and water mint was 30, 40, and 43, respectively. The most abundant compound identified in the essential oils of peppermint, Horsemint, and water mint was menthol (23.61%), piperitenone oxide (22.63%), and 1,8-cineole (18.54%), respectively. Moreover, 1,8-cineole was observed as a common constituent in the essential oils of all three species.

Conclusion: It was found that all three plants exhibited significant larvicidal effects against *Anopheles stephensi* larvae. Considering that plant-derived insecticides and medicines generally have fewer side effects than chemical compounds, the findings of this study provide valuable insights into the potential use of essential oils as safe and effective alternatives to conventional chemical insecticides.

J Mazandaran Univ Med Sci 2025; 35 (248): 17-31 (Persian).

Corresponding Author: Mahmoud Fazeli Dinan - Mazandaran University of Medical Sciences, Sari Health Faculty, Iran (E-mail: azadbakhtm@hotmail.com) & **Ahmad Ali Enayati-** Department of Medical Entomology and Vector Control, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari (E-mail: aenayati1372@gmail.com)

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-06-27]

پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره سی و پنجم شماره ۲۴۸ شهریور سال ۱۴۰۴ (۱۷-۳۱)

بررسی اثر لارو کشی اسانس سه گونه گیاه نعناع روی پشه آنوفل استفنسی در شرایط آزمایشگاهی

زهرا مومن[۱]
محمود فاضلی دینان[۲]
سمیه شاهانی[۳و۴]
محمد آزادبخت[۵]
فاطمه میرزائی[۶]
سید حسن نیکوکار[۷]
احمدعلی عنایتی[۸]

چکیده

سابقه و هدف: با توجه به افزایش مقاومت پشه‌های ناقل بیماری‌هایی مانند مالاریا در برابر سموم شیمیایی و نگرانی‌های زیست محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه آن‌ها، این پژوهش با هدف ارزیابی اثرات حشره‌کشی اسانس‌های سه گونه نعناع بومی مازندران (نعناع فلفلی، آبی و پونه) روی لارو پشه آنوفل استفنسی انجام پذیرفت که می‌تواند راهگشای تولید حشره‌کش‌های گیاهی ایمن و مؤثر باشد.

مواد و روش ها: در این مطالعه تجربی، نمونه‌های سه گونه نعناع (فلفلی، آبی و پونه) از مناطق مختلف استان مازندران جمع‌آوری شدند و اسانس‌گیری به روش کلونجر انجام شد. ترکیبات شیمیایی اسانس‌ها با دستگاه GC-MS آنالیز شد. آزمون زیست‌سنجی روی لاروهای اواخر سن سوم و اوایل سن چهارم پشه آنوفل استفنسی بر اساس پروتکل WHO انجام شد. داده‌ها با رگرسیون پروبیت در نرم‌افزار Rstudio حلیل و مقادیر LC_{25}، LC_{50} و LC_{99} محاسبه گردید.

یافته‌ها: با توجه مقادیر LC_{25}، LC_{50} و LC_{99} اسانس گیاه نعناع پونه به ترتیب ۵۷/۵۰، ۷۷/۶۴، ۲۱۸/۸۰ میلی‌گرم بر لیتر بیش‌ترین و اسانس گیاه نعناع فلفلی به ترتیب ۱۰۶/۸۸، ۱۴۳/۲۹، ۳۹۳/۷۵ میلی‌گرم بر لیتر کم‌ترین اثر لاروکشی را نشان داد. بر اساس طیف GC-MS در اسانس گیاهان نعناع فلفلی، نعناع پونه و نعناع آبی به ترتیب تعداد ۳۰، ۴۰ و ۴۳ ترکیب شیمیایی شناسایی شد. بیش‌ترین ترکیب شناسایی شده در اسانس گیاهان نعناع فلفلی، نعناع پونه و نعناع آبی؛ به ترتیب شامل ترکیب منتول ۲۳/۶۱ درصد، اکسید پیپریتنون، ۲۲/۶۳ درصد و ۱ و ۸-سینئول ۱۸/۵۴ درصد بود. هم‌چنین ترکیب ۱ و ۸-سینئول به‌عنوان ترکیب مشترک در اسانس هر سه گیاه دیده شد.

استنتاج: هر سه گیاه نعناع فلفلی، نعناع پونه و نعناع آبی اثر بخشی مناسبی را بر کشندگی لارو آنوفل استفنسی دارند. با توجه به این که گیاهان به‌عنوان منابع تهیه حشره‌کش‌ها، عوارض کم‌تری را نسبت به ترکیبات شیمیایی دارند، بنابراین نتایج این تحقیق می‌تواند چشم‌انداز مناسبی را در استفاده از اسانس گیاهان به‌عنوان جایگزین مناسب برای حشره‌کش‌های شیمیایی ارائه نماید.

واژه های کلیدی: آنوفل استفنسی، لاروکشی، اسانس، نعناع پونه، نعناع آبی، نعناع فلفلی

مولف مسئول: محمود فاضلی دینان- ساری: کیلومتر ۱۸ جاده فرح آباد، مجتمع دانشگاهی پیامبر اعظم(ص)،دانشکده بهداشت **E-mail:** fazelidinan@gmail.com
احمد علی عنایتی- آدرس: ساری: کیلومتر ۱۸ جاده فرح آباد، مجتمع دانشگاهی پیامبر اعظم(ص)،دانشکده بهداشت **E-mail**: aenayati1372@gmail.com
۱. کارشناسی ارشد حشره شناسی پزشکی، کارشناس بهداشت و درمان شهرستان نکا، ایران
۲. دانشیار، گروه حشره شناسی پزشکی و مبارزه با ناقلین، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۳. دانشیار، گروه فارماکوگنوزی و بیوتکنولوژی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۴. مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده داروهای گیاهی و اختلالات متابولیک، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۵. استاد، گروه فارماکوگنوزی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۶. استادیار، مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده داروهای گیاهی و اختلالات متابولیک، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۷. استادیار، گروه حشره شناسی پزشکی و مبارزه با ناقلین، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، موسسه اعتیاد، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۸. استاد گروه حشره شناسی پزشکی و مبارزه با ناقلین، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
تاریخ دریافت : ۱۴۰۳/۸/۹ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۱۴۰۳/۸/۱۲ تاریخ تصویب : ۱۴۰۴/۵/۵

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-06-27]

مقدمه

پشه‌ها ناقلین اصلی بیماری‌های ویروسی و انگلی هستند که سلامت عمومی را به‌شدت تهدید می‌کنند، که می توان به مالاریا، تب دنگی، تب زرد، چیکونگونیا، فیلاریازیس و آنسفالیت ژاپنی، اشاره کرد(۱، ۲). پشه‌ی *Anopheles stephensi* یکی از ناقلین برجسته مالاریا در آسیا محسوب می‌شود و اخیراً با گسترش به شاخ آفریقا، چالش‌های نوینی در زمینه کنترل بیماری ایجاد کرده است(۳، ۴). در ایران نیز این گونه در جنوب کشور پراکندگی وسیعی داشته و ناقل اصلی بیماری مالاریا محسوب می‌شود(۳). با وجود پیشرفت‌های علمی، مالاریا هم‌چنان یکی از شایع‌ترین و مخرب‌ترین بیماری‌های عفونی در سطح جهان و ایران باقی مانده است و بیش از ۴۰ درصد جمعیت جهان را در معرض خطر قرار می‌دهد. برای مقابله با این بحران جهانی، راهبردهای پایدار و اقدامات پیشگیرانه ضروری هستند(۷ - ۵).

استفاده‌ی بلند مدت از حشره‌کش‌های شیمیایی برای کنترل ناقلین بیماری و آفات، با افزایش مقاومت حشرات هدف و پیامدهای منفی برای محیط زیست و سلامت انسان همراه بوده است(۸، ۹). کاهش اثر بخشی، آسیب به موجودات غیر هدف، آلودگی منابع طبیعی و تهدید تنوع زیستی از جمله چالش‌های مهم ناشی از این ترکیبات هستند. این مسئله، ضرورت بهره‌گیری از رویکردهای جایگزین یا تلفیقی را مطرح کرده است؛ از جمله استفاده از ترکیبات طبیعی با منشأ گیاهی که با کاهش آسیب‌های زیست محیطی، سازگاری بیش‌تری با سلامت انسان دارند(۹، ۱۰). آفت‌کش‌های زیستی گیاهی از منظر سم‌شناسی محیطی، گزینه‌ای ایمن محسوب می‌شوند و بدون برجا گذاشتن باقی‌مانده‌های مضر، اثرات منفی کم‌تری دارند(۱۱). ترکیبات فعال گیاهی، با تأثیر بر گونه‌های هدف، در کنترل آفات عملکرد مؤثری دارند. در مقایسه با حشره‌کش‌های شیمیایی که منجر به مقاومت و آلودگی می‌شوند، ترکیبات گیاهی جایگزین کم ضررتری به‌شمار می‌آیند(۱۲، ۱۳). به‌دلیل قابلیت تجزیه پذیری در محیط زیست، ترکیبات گیاهی می‌توانند در مدیریت تلفیقی ناقلین نقش مکمل و مؤثری ایفا کنند. اسانس‌های گیاهی به‌عنوان مواد مؤثره اصلی، دارای خواص ضد زیستی گسترده‌ای هستند و تولید تجاری آن‌ها، ضمن کاهش وابستگی به ترکیبات شیمیایی، چشم‌اندازی ایمن برای کنترل پایدار ارائه می‌دهد(۱۶ - ۱۴). در این میان، خانواده نعناعیان از نظر دارویی و کشاورزی اهمیت بالایی دارند. بسیاری از گونه‌های جنس *Mentha* دارای ترکیبات زیست فعال بوده و نقش مهمی در کنترل ناقلین بیماری‌ها ایفا می‌کنند(۱۹ - ۱۷). از جمله گونه‌های مهم این جنس می‌توان به نعناع فلفلی (*Mentha piperita*)، نعناع پونه (*Mentha longifolia*) و نعناع آبی (*Mentha aquatica*) اشاره کرد(۲۰). نعناع فلفلی، بومی مدیترانه بوده و در اکثر استان‌های ایران کشت می‌شود. این گیاه دارای ترکیباتی نظیر لیمونن، پولگون و ترانس سابینن هیدرات است و خواص دارویی متنوعی از جمله ضد نفخ، صفرا آور و ضد باکتری دارد(۲۱، ۲۲). نعناع پونه در آسیا و نواحی مدیترانه انتشار دارد و اسانس آن حاوی پیپرتینون و ۱،۸-سینئول با خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی است(۲۳). نعناع آبی، بومی اروپا و شمال ایران است و اسانس آن شامل ۱،۸-سینئول و پیپرتینون اکساید بوده و در درمان اسهال و عفونت‌های مجاری ادراری کاربرد دارد(۲۴، ۲۵). بنابراین این مطالعه به بررسی اثرات لاروکُشی اسانس‌های استخراج شده از سه گونه‌ی مهم نعناعیان شامل، نعناع فلفلی، نعناع پونه و نعناع آبی پرداخته است تا میزان تأثیر آن‌ها بر مرگ لاروهای پشه آنوفل استفنسی سنجیده شود. چرا که با توجه به نقش حیاتی پشه‌ی آنوفل در انتقال مالاریا، کنترل مؤثر جمعیت لاروی آن می‌تواند تأثیر به‌سزایی در کاهش شیوع بیماری داشته باشد. هم‌چنین یافته‌های حاصل از این پژوهش می‌توانند در توسعه‌ی راهکارهای طبیعی و پایدار برای مدیریت ناقلین بیماری‌های واگیر مورد استفاده قرار گرفت و به عنوان جایگزینی بالقوه برای روش‌های شیمیایی موجود مطرح شوند.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-06-27]

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه گیاهی

گیاهان در این مطالعه تجربی با کد اخلاق IR.MAZUMS.AEC.1402.022، از استان مازندران جمع‌آوری شدند. گیاه نعناع فلفلی از روستای حسین آباد بهشهر با ۱۸ متر ارتفاع از سطح دریا، ″۵۰′۲۲°۵۳ طول جغرافیایی و ″۴۵/۷′۴۴°۳۶ عرض جغرافیایی، گیاه نعناع آبی از منطقه نکا روستای دنگسرک با ارتفاع ۱۴ متر از سطح دریا، ″۵۰′۱۷°۵۳ طول جغرافیایی و ″۵۹/۶′۳۸°۳۶ عرض جغرافیایی و گیاه نعناع پونه از منطقه بهشهر روستای شهید آباد با ارتفاع ۲۰ متر از سطح دریا، ″۴۷′۲۹°۵۳ طول جغرافیایی و ″۳۹′۴۰°۳۶ عرض جغرافیایی، جمع‌آوری شد. گیاهان جمع‌آوری شده در سایه و دور از نور مستقیم خشک و شناسایی آن‌ها توسط متخصص سیستماتیک گیاهی دانشکده داروسازی دانشگاه علوم پزشکی مازندران تایید شد.

اسانس‌گیری

ساقه و برگ گیاهان در جریان هوای طبیعی و دور از نور مستقیم خشک شدند، سپس با آسیاب برقی پودر شده و در ظروف پلاستیکی تیره همراه با اطلاعات گیاه ذخیره شدند. برای استخراج اسانس، ۱۰۰ گرم از پودر هر گیاه در بالن ۲۰۰۰ میلی‌لیتری حاوی آب مقطر دیونیزه قرار گرفت و به دستگاه کلونجر متصل شد. قطعات حساس با فویل آلومینیومی عایق‌بندی شدند تا اتلاف حرارتی کاهش یابد. پس از تقطیر ۴ ساعته، اسانس‌ها با سدیم سولفات انیدرید خشک و در ظروف شیشه‌ای تیره نگهداری شدند. نمونه‌ها تا انجام تست‌های زیستی و تجزیه GC-MS در یخچال با دمای ۲ تا ۴ درجه سانتی‌گراد حفظ شدند.

انجام کروماتوگرافی گازی و شناسایی ترکیبات اسانس

دستگاه گاز کروماتوگرافی استفاده شده از نوع Agilent5975 با ستون به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه ۰/۲۵ میکرومتر از نوع HP-5MS برای تجزیه و تحلیل ترکیبات شیمیایی مورد استفاده قرار گرفت. برنامه دمایی ستون به این صورت تنظیم گردید که دمای ابتدایی آون ۵۰ درجه سانتی‌گراد و توقف در این دما به مدت ۵ دقیقه، گرادیان حرارتی ۳ درجه سانتی‌گراد در هر دقیقه، افزایش دما تا ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد و سپس با سرعت ۱۵ درجه در هر دقیقه، افزایش دما تا ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد و ۳ دقیقه توقف در این دما و زمان پاسخ ۷۵ دقیقه بود. دمای اتاقک تزریق ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد و ۳ دقیقه به‌صورت split 1 به ۳۵ و از گاز هلیوم به‌عنوان گاز حامل با سرعت جریان ۰/۵ میلی‌لیتر در دقیقه استفاده گردید. این طیف سنجی مورد استفاده مدل Agilent5975 با ولتاژ یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت، روش یونیزاسیون EI و دمای منبع یونیزاسیون ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد بود.

پرورش کلنی پشه آنوفل

مطابق روش فاضلی و همکاران (۲۰۲۲)، کلنی پشه آنوفل استفنسی تحت شرایط کنترل شده (دمای ۲±۲۷ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۵±۷۵ درصد، و چرخه نوری ۱۲ ساعت روشنایی/۱۲ ساعت تاریکی) در انسکتاریوم به‌مدت حداقل سه نسل پرورش داده شد (۴). تخم‌ها در ظروف آزمایشگاهی مناسب قرار گرفتند و لاروها پس از تفریخ با غذای ماهی TetraMin تغذیه شدند. لاروهای مراحل سوم و چهارم به ظروف مجزا منتقل شدند تا فرآیند شفیرگی بدون اختلال ادامه یابد. پس از ظهور حشرات بالغ، نمونه‌ها با ثبت تاریخ در قفس‌هایی با ابعاد ۴۰×۴۰×۴۰ سانتی‌متر قرار گرفتند. برای تغذیه، محلول ۱۰ درصد آب قند استفاده شد و جهت خون دهی پشه‌های ماده، خوکچه هندی نر هر سه روز یک بار به‌وسیله مقید کننده روی قفس قرار گرفت. پس از اتمام خون‌دهی، یک کاسه آب بدون کلر برای تخم‌ریزی قرار داده شد که به‌طور روزانه بررسی و تخم‌ها به ظروف لاروی منتقل شدند. تاریخ، نسل و زمان تفریخ جهت پایش دقیق کلنی ثبت شد.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-06-27]

آزمون زیست سنجی

غلظت‌های مختلف اسانس‌ها با حل کردن مقادیر متفاوت اسانس در حلال اتانول (حداقل پنج غلظت مختلف) تهیه شدند (اسانس گیاه نعناع آبی: ۷۵، ۵۰، ۱۰۰، ۱۲۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر؛ اسانس گیاه نعناع فلفلی: ۸۰، ۱۲۰، ۱۶۰، ۲۰۰ و ۲۴۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر؛ اسانس گیاه نعناع پونه: ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر). بر اساس روش استاندارد WHO، در هر بشر ۵۰۰ میلی‌لیتری، ۲۲۴ میلی‌لیتر آب کلر زدایی شده به همراه یک میلی‌لیتر اسانس با غلظت‌های مشخص بر حسب میلی‌گرم بر لیتر اضافه شد. سپس ۲۵ عدد لاروهای اواخر سن سه و ابتدای سن چهار پشه آنوفل استفنسی در ۲۵ میلی‌لیتر آب ظروف لاروی به بشر حاوی ۲۲۵ میلی‌لیتر محلول اضافه شدند (مجموعا" ۲۵۰ میلی‌لیتر) و در معرض هر یک از غلظت‌ها قرار گرفتند. برای هر غلظت، سه تکرار در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که برای تیمار شاهد تنها یک میلی‌لیتر از حلال به بشر اضافه شد (۲۴۹ میلی‌لیتر آب شیر + یک میلی‌لیتر حلال اتانولی). تعداد مرگ لاروها در تمام تیمارها و شاهد پس از ۲۴ ساعت شمارش شد و سپس با توجه به داده‌های ثبت شده در محدوده مرگ ۱۰ تا ۹۰ درصد، مقادیر LC_{50}، LC_{95} و LC_{99}محاسبه گردید. در این مطالعه، لارو پشه‌ای که قادر به حرکت و شنا نبود و حتی با تحریک یک قلم‌مو نیز واکنشی نشان نمی‌داد، مرده در نظر گرفته شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

برای تحلیل داده‌ها، از زبان برنامه‌نویسی R در محیط نرم‌افزاری Rstudio نسخه X.4.5 استفاده شد. داده‌های مرگ لاروی در قالب داده فریم (data frame) ساختار دهی شد. برای انجام محاسبات آماری شامل میانگین درصد مرگ و خطای استاندارد، از توابع موجود در بسته‌ی dplyr استفاده گردید. از تابع (mutate) برای محاسبه درصد مرگ؛ تابع (group_by برای گروه‌بندی بر اساس نوع گیاه و غلظت و تابع (summarise برای محاسبه میانگین و خطای استاندارد استفاده شد. برای مدل‌سازی رابطه دوز–پاسخ و برآورد غلظت‌های مؤثر LC_{25}، LC_{50} و LC_{99}، از مدل رگرسیون پروبیت استفاده شد. این تحلیل‌ها به‌صورت جداگانه برای هر اسانس گیاهی با استفاده از بسته‌های drc، dplyr و ggplot2 انجام شد. در هر مدل، نسبت لاروهای مرده به کل لاروها به‌عنوان متغیر وابسته (پاسخ) و غلظت اسانس (به ppm) به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد. هم‌چنین، تعداد کل لاروها به‌عنوان وزن مشاهدات در مدل لحاظ گردید تا برازش دقیق‌تری حاصل شود. مقادیر LC_{25}، LC_{50} و LC_{99}، همراه با فواصل اطمینان ۹۵ درصد با استفاده از روش دلتا (Delta method) محاسبه شد. برای هر اسانس، رگرسیون خطی مقدار پروبیت درصد مرگ در برابر لگاریتم غلظت (log_{10}) برازش داده شد. بر اساس مدل رگرسیون، مقادیر برازش شده و فواصل اطمینان ۹۵ درصد برای هر نقطه محاسبه و در نمودار نهایی نمایش داده شد. در این تحلیل، برای هر اسانس به‌صورت جداگانه مدل رگرسیون برازش داده شد و سپس نمودار مقایسه‌ای شامل خطوط برازش شده برای هر اسانس، نقاط مشاهده شده و باند اطمینان مربوطه ترسیم گردید. مقایسه بصری بین اسانس‌ها از طریق شیب و موقعیت خطوط برازش انجام گرفت. برای تجسم داده‌ها و نتایج مدل، از بسته‌های ggplot2 و dplyr استفاده شد. این نمودار امکان بررسی دقیق شیب و موقعیت خط پاسخ را برای هر اسانس فراهم ساخت.

یافته‌ها

بازدهی اسانس گیاهان

در این مطالعه، استخراج اسانس از ۱۰۰ گرم پودر خشک شده ساقه و برگ سه گونه گیاهی از جنس *Mentha*شامل نعناع فلفلی، نعناع آبی و نعناع پونه انجام گرفت. نتایج حاصل از اندازه‌گیری حجم اسانس‌های به‌دست آمده نشان داد که به‌ترتیب از گیاهان نعناع

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-06-27]

فلفلی، نعناع آبی و نعناع پونه به میزان ۰/۶، ۱/۵ و ۰/۵ میلی‌لیتر اسانس خالص استخراج شد.

بررسی ترکیبات شیمیایی اسانس گیاهان بر اساس آنالیز GC-MS

نتایج آنالیز GC-MS نشان داد که اسانس حاصل از نعناع پونه عمدتاً از ترکیبات مونوترپنی و سزکوئی‌ترپنی تشکیل شده است. سهم مونوترپن‌ها در این اسانس ۸۹/۰۱ درصد و سهم سزکوئی‌ترپن‌ها ۲/۳ درصد محاسبه گردید که بیانگر غلبه ترکیبات مونوترپنی در ساختار شیمیایی اسانس این گونه است. در مجموع، تعداد ۳۰ ترکیب شیمیایی در اسانس نعناع پونه شناسایی شد. مهم‌ترین ترکیبات غالب در اسانس این گیاه به‌ترتیب شامل اکسید پیپریتنون (۲۲/۶۳ درصد)، سیس-پیپریتنون اپوکساید (۲۱/۰۱ درصد) و نپتالاکتون (۱۱/۲۰ درصد) بودند. این ترکیبات از جمله مواد مؤثر بیولوژیکی شناخته شده با خواص آنتی‌باکتریال، حشره‌کش و ضد قارچ می‌باشند (جدول شماره ۱). آنالیز GC-MS نشان داد که ترکیبات مونوترپنی در اسانس نعناع فلفلی با سهم ۷۶/۳۸ درصد بیش‌ترین فراوانی را در ترکیب شیمیایی این اسانس دارند. در رتبه بعدی، ترکیبات سزکوئی‌ترپنی با سهم ۱۵/۴۷ درصد قرار دارند که در مجموع گویای تنوع قابل توجهی از ترکیبات فرار در این گیاه است. مجموعا در اسانس گیاه نعناع فلفلی، تعداد ۴۳ ترکیب شیمیایی شناسایی گردید. از میان این ترکیبات، دو ماده غالب به‌ترتیب منتول (۲۳/۶۱ درصد) و منتون (۱۷/۴ درصد)، بودند. در اسانس نعناع آبی ترکیبات شیمیایی عمدتاً شامل مونوترپن‌ها با سهم ۷۰/۷ درصد و سزکوئی‌ترپن‌ها با سهم ۲۰/۰۹ درصد بودند. بر اساس این نتایج، مونوترپن‌ها همانند دو گونه قبلی، غالب‌ترین دسته از ترکیبات شیمیایی را تشکیل می‌دهند. در این اسانس، مجموعاً ۴۰ ترکیب شیمیایی شناسایی شد که ترکیبات اصلی شامل ۱ و ۸-سینئول (۱۸/۵۴ درصد) و منتون (۱۰/۰۷ درصد) بودند (جدول شماره ۱).

جدول شماره ۱: ترکیبات شیمیایی اسانس گیاهان نعناع پونه، نعناع فلفلی و نعناع آبی به روش GC-MS

اسانس گیاه نعناع پونه	مقدار (درصد)	اسانس گیاه نعناع فلفلی	مقدار (درصد)	اسانس گیاه نعناع آبی	مقدار (درصد)
Alpha-pinene	۱/۵۲	Thujene	۰/۰۱	Alpha-thujene	۰/۰۴
Camphene	۰/۱۹	Alpha thujene	۰/۱۵	Alpha-pinene	۱/۸
Sabinene	۲/۴۸	Alpha pinene	۰/۲۶	Sabinene	۱/۵۸
Beta-pinene	۰/۶۹	Camphene	۰/۰۶	Beta-pinene	۳/۹۷
Myrcene	۱/۱۸	Sabinene	۰/۰۷	Beta-myrcene	۱/۶۷
Limonene	۰/۸۱	Alpha- Terpinene	۰/۳	Alpha-phellandrene	۰/۲
1,8-Cineol	۷/۶۲	P-cymene	۰/۶۷	Alpha-terpinene	۰/۲۱
Z-ocimene	۱/۵۴	1,8-cineol	۲/۳۱	1,8-cineol	۱۸/۵۴
E-ocimene	۰/۴	Transe-beta ocimene	۰/۰۳	Cis-β-ocimene	۰/۲۵
gamma-Terpinene	۰/۴۷	Gama-terpinene	۰/۷۳	trans-β-ocimene	۰/۳۶
Terpinolene	۰/۲۲	Cis-sabinene hydrate	۰/۴	Terpinolene	۰/۱۴
Menthone	۰/۶۶	Terpinolene	۰/۲۱	Linalool	۰/۱
Iso-pulegone	۰/۸۴	Linalool	۰/۵۸	Menthone	۱۰/۰۷
Iso-pulegole	۱/۴۸	Allo-ocimene	۲/۵۲	Iso-menthone	۱/۴۵
Iso-menthone	۴/۱۹	Menthone	۱۷/۴	Menthofurane	۶/۰۹
Sis-piperitone epoxide	۲۱/۰۱	Iso-menthone	۳/۵۹	Neo-menthol	۲/۵۶
trans-piperitone epoxide	۱/۹۲	Menthol	۲۳/۶۱	Menthol	۴/۸۶
Transe-carvone oxide	۲/۸۲	Alpha-Terpineol	۰/۴۷	Iso-menthol	۳/۹۸
2-hydroxypiperitenone	۳/۳	Thymol, methyl ether	۰/۳۲	Neo-isomenthol	۱/۴۴
Nepetalactone	۱۱/۲۰	Carvacrol, methyl ether	۰/۵۱	Alpha-terpineol	۰/۶۵
Piperitenone oxide	۲۲/۶۳	Piperitone	۰/۲۷	Transe-dihydrocarvone	۴/۴
Cis-jasmone	۱/۸۴	Neo-menthyl acetate	۰/۱۶	Transe-carveol	۱/۳۶
Beta-bourbonene	۰/۵۱	Menthyl acetate	۰/۹۶	Pulegone	۱/۳۴
Beta-elemene	۰/۱۸	3-methoxy acetophenone	۸/۷۹	Carvone	۰/۳۱
Alpha-humulene	۰/۲۸	Carvacrol	۲/۹۳	Thymol	۲/۴۹
Gamma-cadinene	۰/۳۵	Metha-acetanisole	۷/۵۶	Eugenol	۰/۳۲
Calamene	۰/۲۱	Thymol acetate	۰/۲۲	Piperitenone oxide	۰/۴۷
Caryophylene oxide	۰/۱۷	Eugenol	۰/۱۴	Methyl para-anisate	۰/۰۵
Alpha-Himachalene	۰/۴۳	Carvacrol acetate	۰/۲۵	Beta-bourbonene	۰/۱۲
Alpha-cadinol	۰/۱۷	Beta-bourbonene	۰/۴	Bate-elemene	۰/۴۳
		Transe-Jasmone	۰/۱	Beta-caryophyllene	۵/۳۴
		Iso-caryophyllene	۰/۵۳	Humulene	۱/۶۶
		Beta-caryophyllene	۳/۵۱	Beta-E-Farnesene	۰/۳۹
		Aromandendrene	۰/۱۱	Germacrene-D	۵/۵۴
		Alpha-humulen	۰/۲۳	Bicyclogermacrene	۱/۶۷
		Beta-E-Farnesene	۰/۴۲	Gamma-cadinene	۰/۱
		Germacrene-D	۰/۳۳	Delta-cadinene	۰/۳۲
		Bicyclogermacrene	۰/۸۷	Caryophyllen oxide	۰/۶۹
		Delta-cadinene	۰/۲۶	Viridiflorol	۲/۰۶
		Spathulenol	۲/۱۵	Alpha-cadinol	۱/۷۷
		Viridiflorol	۲/۹		
		Tau-muurolol	۰/۲		
		Alpha-cadinol	۰/۴۶		
Total: 91.31		Total: 91.85		Total: 90.79	

زیست سنجی

با افزایش غلظت عصاره‌ها، درصد مرگ لاروها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. عصاره نعناع پونه در غلظت ۱۵۰ ppm با میانگین مرگ ۹۴/۷±۳/۵، و نعناع فلفلی در غلظت ۲۴۰ ppm با ۹۳/۳±۶/۶، بیش‌ترین اثر را نشان دادند (جدول شماره ۲).

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-06-27]

جدول شماره ۲: تأثیر غلظت اسانس‌های نعناع آبی، نعناع فلفلی و نعناع پونه بر میانگین درصد مرگ لاروهای پشه آنوفل استفنسی

اسانس گیاه	غلظت (ppm)	میانگین درصد مرگ ±SE	اسانس گیاه	غلظت(ppm)	میانگین درصد مرگ ±SE	اسانس گیاه	غلظت(ppm)	میانگین درصد مرگ±SE
کنترل	۰	۰	کنترل	۰	۰	کنترل	۰	۰
نعناع آبی	۵۰	۱۳/۳±۳/۵۳	نعناع فلفلی	۸۰	۱۷/۳±۱/۳۳	نعناع پونه	۵۰	۲۱/۳±۳/۵۳
نعناع آبی	۷۵	۲۰±۰	نعناع فلفلی	۱۲۰	۳۳/۳±۱/۳	نعناع پونه	۷۵	۴۴±۴/۶
نعناع آبی	۱۰۰	۴۴±۶/۱	نعناع فلفلی	۱۶۰	۵۰/۷±۱/۳	نعناع پونه	۱۰۰	۶۵/۳±۱/۳
نعناع آبی	۱۲۵	۶۱/۳±۲/۶	نعناع فلفلی	۲۰۰	۸۱/۳±۳/۵	نعناع پونه	۱۲۰	۹۲±۴/۶
نعناع آبی	۱۵۰	۸۴±۶/۱	نعناع فلفلی	۲۴۰	۹۳/۳±۶/۶	نعناع پونه	۱۵۰	۹۴/۷±۳/۵

مقدار LC_{50} برای اسانس پونه برابر با ۷۷/۶۴±۲/۸۸ ppm برآورد شد که به‌طور معنی‌داری کم‌تر از مقادیر متناظر در اسانس‌های نعناع آبی ۱۰۵/۴۵±۳/۴۰ و نعناع فلفلی ۱۴۳/۲۹±۵/۷۰ است. هم‌چنین، مقادیر LC_{25} و LC_{99} برای پونه نیز پایین‌تر از سایر اسانس‌ها به دست آمد که نشان دهنده اثر بخشی بالاتر این اسانس در سطوح پایین‌تر غلظت است (جدول شماره ۳). بررسی فواصل اطمینان ۹۵ درصد برای LC_{50} نشان داد که فاصله اطمینان اسانس پونه (۸۳/۸۶–۷۱/۴۲) با فاصله اطمینان نعناع آبی (۱۱۲/۷۹–۹۸/۱۰) و نعناع فلفلی (۱۵۵/۶۱–۱۳۰/۹۷) هم‌پوشانی ندارد؛ این موضوع حاکی از وجود تفاوت آماری معنی‌دار میان اثرات کشندگی این اسانس‌ها است (جدول شماره ۳).

جدول شماره ۳: مقادیر LC_{25}، LC_{50} و LC_{99} به همراه فواصل اطمینان ۹۵ درصد برای سه اسانس گیاهی در آزمون زیست سنجی روی لاروهای پشه آنوفل استفنسی

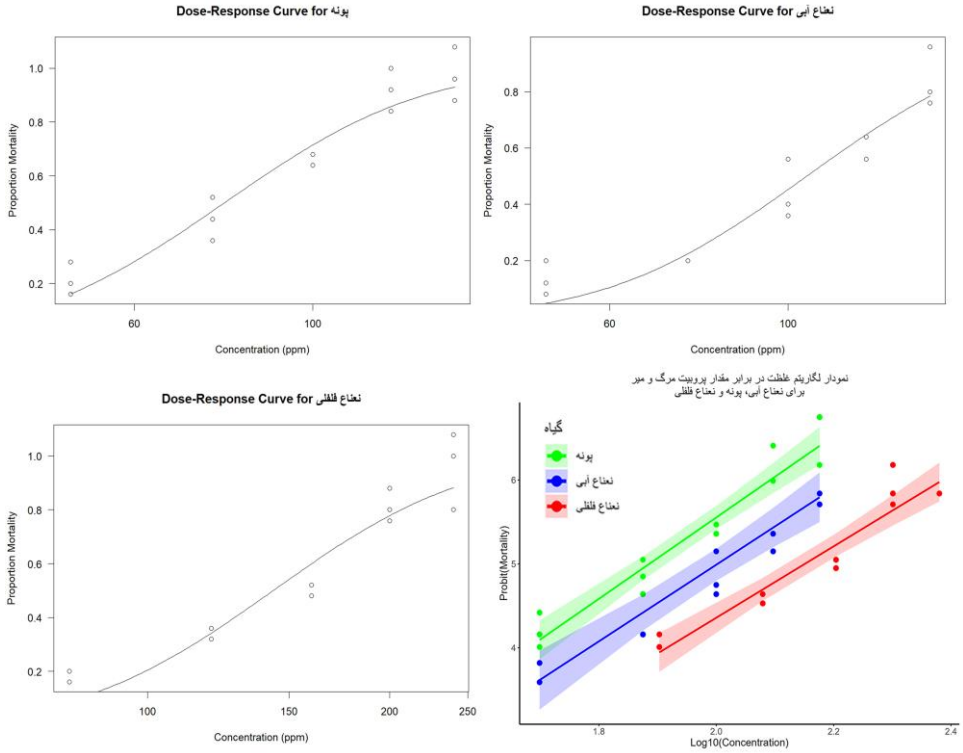
اسانس گیاه	LC (درصد)	برآورد (Estimate)	خطای استاندارد (Std. Error)	حد پایین ۹۵ درصد (Lower CI)	حد بالا ۹۵ درصد (Upper CI)
نعناع آبی (*M. aquatica*)	۲۵	۹۰/۷۷	۵۱/۴	۱۷/۶۸	۶۴/۸۷
	۵۰	۴۵/۱۰۵	۴۰/۳	۱۰/۹۸	۷۹/۱۱۲
	۹۹	۶۱/۲۹۹	۲۸/۴۳	۱۱/۲۰۶	۱۱/۳۹۳
نعناع فلفلی (*M. piperita*)	۲۵	۸۷/۱۰۶	۲۴/۷	۲۴/۹۱	۵۳/۱۲۲
	۵۰	۲۹/۱۴۳	۷۰/۵	۹۷/۱۳۰	۶۱/۱۵۵
	۹۹	۷۵/۳۹۳	۲۱/۵۲	۹۷/۲۸۰	۵۴/۵۰۶
نعناع پونه (*M. longifolia*)	۲۵	۵۰/۵۷	۴۰/۳	۱۵/۵۰	۸۴/۶۴
	۵۰	۶۴/۷۷	۸۸/۲	۴۲/۷۱	۸۶/۸۳
	۹۹	۸۰/۲۱۸	۰۹/۲۴	۷۶/۱۶۶	۸۵/۲۷۰

نمودار حاصل از مدل‌سازی پروبیت، رابطه بین لگاریتم غلظت اسانس‌ها (محور افقی) و مرگ لاروها برحسب مقدار پروبیت (محور عمودی) را برای سه اسانس گیاهی شامل نعناع آبی، پونه و نعناع فلفلی نشان می‌دهد (نمودار شماره ۱). نتایج نشان می‌دهد که شیب خطوط رگرسیون برای هر سه اسانس مثبت است، که نشان دهنده‌ی رابطه مستقیم میان افزایش غلظت و افزایش مرگ لاروها است و بیانگر وجود یک الگوی دوز–پاسخ منطقی در هر سه گیاه است. اسانس نعناع پونه دارای شیب تندتری نسبت به دو اسانس دیگر است در نتیجه در غلظت‌های پایین‌تر، مقادیر بالاتری از مرگ را نشان می‌دهد. این موضوع نشان می‌دهد که اسانس نعناع پونه قوی‌ترین اثر حشره‌کشی را بر لاروها دارد و در نتیجه دارای کم‌ترین LC_{50} و LC_{99} است. اسانس نعناع آبی عملکرد متوسطی دارد و در مقایسه با پونه، نیاز به غلظت بالاتری برای دستیابی به مرگ مشابه دارد. بنابراین می‌توان گفت نعناع آبی دارای اثر بخشی متوسط در میان اسانس‌های مورد بررسی است. اسانس نعناع فلفلی نسبت به دو اسانس دیگر اثر بخشی کم‌تری به‌ویژه در غلظت‌های پایین‌تر دارد و در نتیجه مرگ لاروها در پاسخ به افزایش غلظت آهسته‌تر افزایش یافته است. نوارهای اطراف خطوط رگرسیون نشان دهنده‌ی فواصل اطمینان ۹۵ درصد برای پیش‌بینی‌های مدل هستند که عدم قطعیت داده‌ها را در هر نقطه مشخص می‌کنند. هرچه فواصل اطمینان باریک‌تر باشد بیانگر دقت بالاتر مدل در هر اسانس را نشان می‌دهد (نمودار شماره ۱).

بحث

اسانس گیاه نعناع پونه بیش‌ترین اثر لاروکشی را روی لارو پشه‌ی آنوفل استفنسی دارد. این یافته با نتایج پژوهش‌های قبلی مانند مطالعات صانعی دهکردی و همکاران (۲۰۲۲)، Abbas و همکاران (۲۰۲۲) در پاکستان، Al-Sarar و همکاران (۲۰۱۴) در هندوستان، و هم‌چنین پژوهش‌های شاه میرزایی و همکاران (۲۰۱۶) و Pavela و همکاران (۲۰۱۴) هم‌راستا است.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-06-27]



نمودار شماره ۱: نمودار دز-پاسخ و مقایسه پروبیت مرگ- لگاریتم غلظت اسانس گیاهان نعناع فلفلی، نعناع آبی، نعناع پونه

این مطالعات نیز با ارائه مقادیر پایین LC_{50} برای اسانس نعناع پونه، قدرت بالای آن را در برنامه‌های کنترل بیولوژیک لاروهای پشه امیدوار کننده نشان داده‌اند(۳۰ - ۲۶). نتایج به‌دست آمده در این مطالعه هم‌راستا با تحقیقات محدودی است که درباره خاصیت لاروکشی اسانس گیاه نعناع آبی انجام شده‌اند. در پژوهش Ferrati و همکاران (۲۰۲۳) در ایتالیا، اثر کشندگی این اسانس روی لاروهای پشه کولکس گزارش شده است و مقادیر LC_{50} به‌دست آمده بیانگر اثر مطلوب این اسانس بوده است، هر چند با مطالعه حاضر از نظر مقدار تفاوت‌هایی دارد(۳۱). در رابطه با اسانس گیاه نعناع فلفلی، مطالعات مختلفی از جمله پژوهش‌های Kharoubi و همکاران (۲۰۲۱) و Kumar و همکاران (۲۰۱۱)، اثرات مثبت این اسانس را در زمینه‌ی لاروکشی بر گونه‌های مختلف پشه شامل آنوفل استفنسی، کولکس پیپینس و آئدس اجیپتی گزارش کرده‌اند. مقایسه‌ی مقادیر LC_{50} ارائه شده در این مطالعات با یافته‌های تحقیق حاضر، نشان دهنده‌ی قدرت لاروکشی بالاتر اسانس نعناع فلفلی در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی آن‌ها است(۳۲، ۳۳). در مجموع، با وجود اثبات خاصیت لاروکشی اسانس‌های گیاهان تیره نعناعیان در مطالعات مختلف، تفاوت‌هایی در میزان کشندگی گزارش شده است. این اختلاف می‌تواند به عوامل محیطی، ترکیبات شیمیایی گیاه، شرایط رشد، جمعیت هدف حشره و سایر عوامل مرتبط باشد(۸، ۳۰، ۳۲، ۳۴).

یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که رابطه دز-پاسخ در اسانس همه گیاهان مورد مطالعه وجود دارد چرا که درصد مرگ لارو با افزایش غلظت افزایش می‌یابد. هم‌راستا با نتایج مشاهده شده، رابطه دز-پاسخ در سایر مطالعات در خصوص اثر اسانس گیاهان مختلف روی لارو پشه‌های خانواده کولیسیده وجود دارد(۳۸ - ۳۵). چنانچه Tripathi و همکاران (۲۰۰۴) با بررسی اثر لاروکشی شش غلظت از اسانس نعناع دشتی روی لارو پشه آنوفل استفنسی پی بردند که با افزایش غلظت میزان مرگ لاروها افزایش می‌یابد و با رسیدن غلظت به ۸۰

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-06-27]

پی پی ام، مرگ لاروها به ۱۰۰ درصد می‌رسد(۳۹). همچنین کاظم پور و همکاران (۲۰۲۱) تعداد ۵ غلظت لگاریتمی از اسانس گیاه پونه را روی لارو آنوفل استفنسی آزمایش کردند که نتایج این مطالعه نیز وجود رابطه دز – پاسخ را به‌خوبی نشان داد(۴۰).

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، وجود ترکیبات گیاهی با کمیت و کیفیت متفاوت می‌تواند نقش مهمی در انتخاب گیاهان مناسب برای تولید حشره‌کش‌های گیاهی ایفا کند. در همین راستا، ترکیبات شیمیایی اسانس گیاهان نعناع فلفلی، نعناع پونه و نعناع آبی با استفاده از روش طیف‌سنجی گروماتوگرافی (GC-MS) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاصل نشان دادند که ترکیبات شناسایی شده در این سه گونه تا حدی از لحاظ کیفیت و کمیت با یکدیگر تفاوت دارند؛ به‌طوری که دو ترکیب منتون و ۱،۸-سینئول در هر سه گیاه به‌عنوان ترکیبات مشترک با مقادیر متفاوت شناسایی شدند. این تفاوت‌ها در ترکیب شیمیایی می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند شرایط اقلیمی محل رشد گیاه قرار گیرد. به‌عنوان نمونه، مطالعه پیرمحمدی و همکاران (۲۰۲۳) در استان چهارمحال و بختیاری به بررسی اثر اقلیم‌های گوناگون بر ترکیبات اسانس و خاصیت دافع پشه گیاه نعناع پونه پرداخت. یافته‌ها حاکی از آن بود که نوع و تعداد ترکیبات شیمیایی این گیاه در چهار اقلیم متفاوت با یکدیگر تفاوت داشتند، به‌گونه‌ای که در اقلیم مرطوب، بیش‌ترین تنوع ترکیبی با ۶۵ ترکیب شناسایی شد، در حالی که در اقلیم‌های نیمه مرطوب و بسیار گرم این عدد به ۱۱ ترکیب کاهش یافت(۴۱).

در مطالعه حاضر، مشخص شد که اسانس گیاه نعناع پونه بیش‌ترین اثر لاروکشی را در مقایسه با سایر گونه‌های مورد بررسی دارد، که این ویژگی احتمالاً ناشی از کیفیت و کمیت ترکیبات موجود در اسانس آن است. بررسی شیمیایی نشان داد که ترکیب اکسید پیپریتنون تنها در این گیاه به‌عنوان ترکیب عمده حضور دارد؛ ترکیبی که مطالعات متعدد نقش آن را در افزایش مرگ‌ومیر لاروها تأیید کرده‌اند. برای نمونه، Tripathi و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که اثر لاروکشی اکسید پیپریتنون به‌مراتب بیش‌تر از اسانس خام گیاه نعناع دشتی *M. spicata* است(۳۹). هم‌چنین Pavela و همکاران (۲۰۱۴) دریافتند که اسانس نعناع پونه اثر لاروکشی بالاتری نسبت به سایر گونه‌های نعناعیان دارد و این اثر به غلبه ترکیب اکسید پیپریتنون در این گونه نسبت داده شد(۴۲). مطالعات دیگر از جمله Kavallieratos و همکاران (۲۰۲۲)، نیز این ترکیب را به‌عنوان عامل مؤثر در کشندگی لارو در سایر گونه‌های *Mentha* معرفی کرده‌اند(۴۳). مجموعه این یافته‌ها اهمیت اکسید پیپریتنون را به‌عنوان یک ترکیب کلیدی در طراحی و توسعه حشره‌کش‌های گیاهی تأیید می‌کند.

در مطالعه حاضر مشخص گردید که اسانس گیاه نعناع آبی پس از نعناع پونه بیش‌ترین اثر لاروکشی را دارد. در این گیاه اگر چه ترکیب پیپریتنون اکساید به‌عنوان ترکیب ماژور شناسایی نگردید اما ترکیب ۱ و ۸-سینئول به‌عنوان ترکیب ماژور معرفی شد. مطالعات نشان داده که حضور ترکیب ۱ و ۸-سینئول در اسانس سایر گونه‌های *Mentha* نیز می‌تواند به‌عنوان عامل کشندگی در لارو پشه‌ها مطرح باشد(۳۱). برای مثال در مطالعه‌ای که توسط Koliopoulos و همکاران (۲۰۱۰) در یونان انجام شد، اثر لاروکشی اسانس گیاهان جنس‌های *Mentha*، *Salvia* و *Melissa* روی لارو پشه کولکس پیپینس مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیش‌ترین اثرات لاروکشی که مربوط به گیاه نعناع سیبی *M. suaveolens* است که وابسته به ترکیب شیمیایی اکسید پیپریتنون (۶۲/۴ درصد) است. نکته قابل توجه این است که در اسانس سایر گیاهان اشاره شده ترکیب ۱ و ۸-سینئول به‌عنوان عامل کشندگی لارو اهمیت دارد(۳۵). اهمیت ترکیب ۱ و ۸-سینئول به‌عنوان عامل کشندگی در سایر حشرات نیز به‌خوبی مطالعه شده است. برای مثال در مطالعه‌ای که توسط Zavala-

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-06-27]

Gómez و همکـاران (۲۰۲۱) بـه‌منظور اثـر لاروکشـی اسانس گیاه *Salvia keerlii* انجام شد، ترکیـب ۱ و ۸-سینئول به‌عنوان یکی از ترکیبـات عمـده در حشره‌کشـی معرفی شده است(۴۴). هم‌چنین در مطالعـه Aggarwal و همکاران (۲۰۰۱) اثـر حشره‌کشی مناسـب ایـن ترکیـب گزارش شد(۴۵).

همان‌طور که در نتایج پژوهش حاضـر آورده شـده است ترکیب منتول در کنار ترکیبات اکسید پیپریتنون و ۱ و ۸-سینئول بـه‌عنوان ترکیـب عمـده در اسـانس گیـاه نعناع فلفلی شناسـایی گردیـد. در مطالعـات مختلـف بـه اهمیـت ترکیـب منتـول در اسـانس اسـتخراج شـده از گیاهانی نظیر نعناع وحشـی *M. arvensis*، نعنـاع پونـه و نعناع دشتی در میزان کشندگی لارو به‌خوبی اشاره شـده اسـت. بـرای مثـال حضـور ترکیـب منتـول بـه‌عنوان فراوان‌ترین ترکیـب شناسـایی شـده در اسـانس گیاهـان جنس نعناع در هند، پاکستان و ویتنام به ترتیب با مقادیر ۷۱/۱، ۸۰ و ۶۶ درصـد گـزارش شـده اسـت کـه نشـان دهنده اهمیت ترکیب منتول است(۴۸ – ۴۶). هم‌چنـین در مطالعه‌ی Manh و همکـاران (۲۰۲۰) اثـرات لاروکشـی اسانس گیاه نعناع وحشی روی پشه‌های آئـدس إجیپتـی انجام شد. نتایج حاصل از مطالعـه نشـان داد ۱۳ ترکیـب شـیمیایی بـه روش GC-MS گـزارش شـد کـه بـالاترین ترکیب اسانس گیاه مربوط بـه ترکیـب منتـول بـا مقـدار ۶۶/۰۴ درصد بوده است که با فراوان بودن و کشـندگی ترکیب منتول در اسانس گیاه نعنـاع فلفلـی *M. piperita* در مطالعه حاضر مطابقت دارد(۴۸).

مجموعـه مطالعـات انجـام شـده نشـان می‌دهـد کـه میـزان اثـر لاروکشـی اسـانس گیاهـان جـنس *Mentha* به‌طور معنی داری بـا حضـور ترکیبـات شـیمیایی گـروه مونوترپن‌ها ماننـد اکسـید پیپریتنـون، ۱ و ۸- سـینئول، و منتول مرتبط است؛ که این یافته با نتایج مطالعه حاضر نیز هم‌راسـتا می‌باشـد. در ایـن تحقیـق، گـروه مونوترپن‌هـا فراوان‌ترین ترکیبات شناسـایی شـده در اسـانس گیاهـان نعناع فلفلی، نعناع آبی و نعناع پونه بودند. مطالعاتی مانند پژوهش فیروزیان و همکاران (۲۰۲۲) بر روی گیاه مورد *Myrtus communis* L و Ferrati و همکاران (۲۰۲۳) بر روی گیاه نعناع آبی نیز تأیید کرده‌اند که مونوترپن‌هـای هیدروکربنی و اکسـیژنه، بـه‌ویژه در ترکیب‌هـای غالـب مانند اکسید پیپریتنـون، نقـش قابـل تـوجهی در افـزایش کشندگی لاروها دارند(۳۱، ۴۹). بنـابراین، نـوع و کمیـت ترکیبـات مونـوترپنی در اسـانس‌های گیـاهی یکـی از عوامل کلیدی در اثر بخشـی بیولوژیـک آن‌هـا اسـت، و شناسـایی ایـن ترکیبـات در مطالعـات مـرتبط بـا کنتـرل ناقلان بیماری از اهمیت بالایی برخوردار است.

یافته‌های این مطالعه نشان داد که اسانس‌های گیاهـان نعناع فلفلی، نعناع آبی و نعناع پونه پتانسـیل قابـل تـوجهی در کنترل پشه آنوفل استفنسی، ناقل مهم بیمـاری مالاریـا، دارند. این اسـانس‌ها بـه دلیـل خـواص بیولـوژیکی و دور کننـدگی، می‌تواننـد بـه‌عنوان جـایگزینی طبیعـی بـرای حشره‌کش‌های شیمیایی مورد توجـه قـرار گیرنـد. بـا ایـن حال، محدودیت‌هایی نظیر چالش‌های پـرورش اسـتاندارد لاروها و نیاز به دقت در استانداردسازی غلظت اسانس‌ها، بر لزوم بهبود روش‌های آزمایشگاهی تأکید دارد. از دیگر محدودیت‌های اصلی، عدم استفاده از کنترل مثبـت ماننـد حشره‌کش‌های شیمیایی استاندارد بود که به دلیـل تمرکـز بـر ارزیـابی اولیـه خـواص اسـانس‌های گیـاهی و محـدودیت‌های لجسـتیکی در دسترسـی بـه ترکیبـات استاندارد رخ داد. پیشنهادات ارائـه شـده بـرای تحقیقـات آینـده، از جملـه بررسـی اثـرات سینرژیسـتی، اسـتفاده از کنترل مثبـت، نانوامولسـیون‌ها و پایـداری ایـن اسـانس‌ها، می‌تواند به توسعه فرمولاسیون‌های مؤثرتر و ایمن‌تر بـرای کنترل ناقلین بیماری‌ها کمک کند. در نهایت، این مطالعـه بر اهمیت استفاده از ترکیبات گیـاهی در مـدیریت پایـدار نـاقلین بیمـاری هـا تأکیـد دارد و راه را بـرای تحقیقـات جـامع‌تر در راسـتای کـاربرد عملـی ایـن اسـانس‌ها در برنامه‌های کنترل ناقلین هموار می‌سازد.

ازآن‌جایی‌که اسانس گیاهان بر اساس مقدار LC_{50} به شش دسته شامل، به‌شدت فعال، اسـانس گیاهـان بـا LC_{50}

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-06-27]

کم‌تر از یک پی‌پی‌ام، خیلی فعال، بین یک تا پنج پی‌پی‌ام، فعال، پنج تا ۵۰ پی‌پی‌ام، نسبتاً فعال، ۵۰ تا ۱۰۰ پی‌پی‌ام، کمی فعال، ۱۰۰ تا ۲۰۰ پی‌پی‌ام و غیر فعال، بالاتر از ۲۰۰ پی‌پی‌ام طبقه‌بندی می‌شوند؛ بنابراین، در مطالعه حاضر اسانس گیاه نعناع پونه در گروه نسبتاً فعال و دو گونه‌ی دیگر یعنی نعناع فلفلی و نعناع آبی درگروه کمی فعال طبقه بندی می‌شوند(۵۰). در نتیجه اسانس نعناع پونه دارای پتانسیل بالاتری به‌عنوان یک عامل حشره‌کش گیاهی در مقایسه با نعناع آبی و نعناع فلفلی است و می‌تواند در مدیریت زیست محیطی پشه‌ها، به‌ویژه در مراحل لاروی، نقش مؤثرتری ایفا نماید. اگر چه باید به خاطر داشت که در مقدار کشندگی اسانس‌های گیاهی و به دنبال آن طبقه بندی اسانس‌ها عوامل مختلفی دخالت دارند که می‌توانند بر خواص بیولوژیکی ترکیبات شیمیایی اسانس‌های مورد مطالعه تأثیر بگذارند. از جمله موقعیت جغرافیایی، اندام‌های مورد مطالعه گیاه، نوع و روش استخراج، روش خشک کردن، شرایط نگهداری، مرحله رسیدن میوه، حلال مورد استفاده و نوع گیاه مورد مطالعه را می‌توان نام برد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت محترم تحقیقات دانشگاه علوم پزشکی مازندران جهت حمایت مالی سپاسگزاری می‌شود.

References

1. Peng J, Richards DE, Hartley NM, Murphy GP, Devos KM, Flintham JE, et al. ‘Green revolution’genes encode mutant gibberellin response modulators. Nature 1999; 400(6741): 256-261 PMID: 10421366.
2. Venkatesan P. WHO world malaria report 2024. The Lancet Microbe 2025; 6(4):101073.
3. Seyfarth M, Khaireh BA, Abdi AA, Bouh SM, Faulde MK. Five years following first detection of Anopheles stephensi (Diptera: Culicidae) in Djibouti, Horn of Africa: populations established-malaria emerging. Parasitol Res 2019; 118(3): 725-732 PMID: 30671729.
4. Fazeli-Dinan M, Azarnoosh M, Özgökçe MS, Chi H, Hosseini-Vasoukolaei N, Haghi FM, et al. Global water quality changes posing threat of increasing infectious diseases, a case study on malaria vector Anopheles stephensi coping with the water pollutants using age-stage, two-sex life table method. Malaria Journal 2022;21(1):178.
5. Weiss DJ, Dzianach PA, Saddler A, Lubinda J, Browne A, McPhail M, et al. Mapping the global prevalence, incidence, and mortality of Plasmodium falciparum and Plasmodium vivax malaria :۲۲–۲۰۰۰ ,a spatial and temporal modelling study. The Lancet 2025; 405(10483): 979-990.\
6. Patel P, Bagada A, Vadia N. Epidemiology and current trends in malaria. Rising Contagious Diseases: Basics, Management, and Treatments 2024: 261-282.
7. Azizi H, Davtalab-Esmaeili E, Farahbakhsh M, Zeinolabedini M, Mirzaei Y, Mirzapour M. Malaria situation in a clear area of Iran: an approach for the better understanding of the health service providers’ readiness and challenges for malaria elimination in clear areas. Malaria Journal 2020; 19:1-10.
8. Ansari MS, Moraiet MA, Ahmad S. Insecticides: impact on the environment and human health. Environmental Deterioration and Human Health 2014: 99-123.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-06-27]

9. Fazeli-Dinan M, Mostafavi A, Osia-Laghab H, Azadbakht M, Amini M, Davoodi A, etal. Evaluation of Medicinal Plant Extracts as Safe Alternatives to Chemical Insecticides for Enhancing Food Safety and Public Health. Journal of Health Research in Community 2025; 11(1): 50-62.

10. Fazeli-Dinan M, Osia-Laghab SH, Amini M, Davoodi A, Nikookar SH, Yazdani Charati J, et al. Phytochemical composition, toxicity, and repellent effects of medicinal plants Peganum harmala, Pterocarya fraxinifolia, and Tanacetum parthenium extracts against Sitophilus oryzae L. Toxin Reviews 2023; 42(2): 548-558.

11. Bunse M, Daniels R, Gründemann C, Heilmann J, Kammerer DR, Keusgen M, et al. Essential oils as multicomponent mixtures and their potential for human health and well-being. Front Pharmacol 2022: 3: 956541.

12. Kuppusamy E, Dhamodharan KI, Jayakumar S. Role of plants and plant-based products towards the control of insect pests and vectors: A novel review. Journal of Coastal Life Medicine 2016; 4(11): 902-917.

13. Şengül Demirak MŞ, Canpolat E. Plant-based bioinsecticides for mosquito control: Impact on insecticide resistance and disease transmission. Insects 2022;13(2):162.

14. Qasim M, Islam W, Rizwan M, Hussain D, Noman A, Khan KA, et al. Impact of plant monoterpenes on insect pest management and insect-associated microbes. Heliyon 2024; 10(20): e39120 PMID: 39498017.

15. Garay J, Brennan T, Bon D. Essential oils a viable pest control alternative. Int J Ecotoxicol Ecobiol 2020; 5(2):13-22.

16. Kozics K, Mesárošová M, Šramková M, Bučková M, Puškárová A, Galová D, et al. Evaluation of Bioactivity of Essential Oils: Cytotoxic/Genotoxic Effects on Colorectal Cancer Cell Lines, Antibacterial Activity, and Survival of Lactic Acid Bacteria. Molecules 2025; 30(4): 890.

17. Zhou Y, Pei T, Zhou X, Xu ML, Gao H, Wang L, et al. An Investigation into the Biological Activities of Four Lamiaceae Essential Oils Against Thrips flavus, Crops, and Weeds. Plants 2025; 14(3): 448 PMID: 39943010.

18. Farial K, Malika B, Fouzia B, Nabil T, Adil M, Danish S, et al. Chemical composition and insecticidal activity of Mentha rotundifolia and Chrysanthemum coronarium essential oils against the tomato leaf miner, Tuta absoluta. Sci Rep 2025; 15(1): 1411 PMID: 39789073.

19. Kumar P, Mishra S, Malik A, Satya S. Insecticidal properties of Mentha species: a review. Industrial Crops and Products 2011;34(1):802-817.

20. Shaikh S, Yaacob HB, Rahim ZHA. Prospective role in treatment of major illnesses and potential benefits as a safe insecticide and natural food preservative of mint (Mentha spp.): a Review. Asian J Biomed Pharmac Sci 2014; 4(35): 1-12.

21. Buleandra M, Oprea E, Popa DE, David IG, Moldovan Z, Mihai I, et al. Comparative chemical analysis of Mentha piperita and M. spicata and a fast assessment of commercial peppermint teas. Natural product communications. 2016; 11(4): 551-555.

22. Balakrishnan A. Therapeutic uses of peppermint-a review. Journal of Pharmaceutical Sciences and research 2015;7(7):474-476.

23. Tourabi M, Nouioura G, Touijer H, Baghouz A, El Ghouizi A, Chebaibi M, et al.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-06-27]

Antioxidant, antimicrobial, and insecticidal properties of chemically characterized essential oils extracted from Mentha longifolia: in vitro and in silico analysis. Plants 2023; 12(21): 3783.

24. Esmaeili A, Rustaiyan A, Masoudi S, Nadji K. Composition of the essential oils of Mentha aquatica L. and Nepeta meyeri Benth. from Iran. Journal of Essential Oil Research 2006; 18(3): 263-265.

25. Diass K, Oualdi I, Kharchoufa L, Touzani R, Chaachouay N, Bussmann RW. Mentha aquatica L. Mentha arvensis L. Mentha gattefossei Maire Mentha longifolia (L.) L. Mentha× piperita L. Mentha pulegium L. Mentha× rotundifolia (L.) Huds. Mentha spicata L. Mentha suaveolens Ehrh., and Mentha spicata subsp. spicata L. Lamiaceae. Ethnobotany of Northern Africa and Levant: Springer 2024; 1- 28.

26. Sanei-Dehkordi A, Agholi M, Shafiei M, Osanloo M. Promising Larvicidal Efficacy of Solid Lipid Nanoparticles Containing Mentha longifolia L., Mentha pulegium L., and Zataria multiflora Boiss. Essential Oils Against the Main Malaria Vector, Anopheles stephensi Liston. Acta Parasitol 2022; 67(3): 1265-1272.

27. Al-Sarar A. Chemical Composition, Adulticidal and Repellent Activity of Essential Oils From Mentha longifolia L. and Lavandula dentata L. against Culex pipiens L. Journal of Plant Protection and Pathology 2014; 5(7): 817-826.

28. Abbas MG, Haris A, Binyameen M, Nazir A, Mozūratis R, Azeem M. Chemical composition, larvicidal and repellent activities of wild plant essential oils against Aedes aegypti. Biology 2022; 12(1):8.

29. Shahmirzaei Z, Izadi H, Imani S. Study on the contact and fumigant toxicity of Mentha longifolia L. against the confused flour beetle (Tribolium castaneum). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 2016; 32(3): 556-559.

30. Pavela R, Kaffkova K, Kumšta M. Chemical composition and larvicidal activity of essential oils from different Mentha L. and Pulegium species against Culex quinquefasciatus say (Diptera: Culicidae). Plant Protect Sci 2014; 50(1): 36-42.

31. Ferrati M, Spinozzi E, Baldassarri C, Maggi F, Pavela R ,Canale A, et al. Efficacy of Mentha aquatica L. Essential Oil (Linalool/Linalool Acetate Chemotype) against Insect Vectors and Agricultural Pests. Pharmaceuticals 2023; 16(4):633.

32. Kharoubi R, Rehimi N, Khaldi R, Haouari-Abderrahim J, Soltani N. Phytochemical screening and insecticidal activities of essential oil of Mentha x piperita L.(Lamiales: Lamiaceae) and their enzymatic properties against mosquito Culex pipiens L. (Diptera: Culicidae). Journal of Essential Oil-Bearing Plants 2021; 24(1):134-146.

33. Kumar S, Wahab N, Warikoo R. Bioefficacy of Mentha piperita essential oil against dengue fever mosquito Aedes aegypti L. Asian Pac J Trop Biomed 2011; 1(2): 85-88 PMID: 23569733.

34. Dey P, Goyary D, Chattopadhyay P, Kishor S, Karmakar S, Verma A. Evaluation of larvicidal activity of Piper longum leaf against the dengue vector, Aedes aegypti, malarial vector, Anopheles stephensi and filariasis

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-06-27]

vector, Culex quinquefasciatus. South African Journal of Botany 2020; 132:482-490.

35. Koliopoulos G, Pitarokili D, Kioulos E, Michaelakis A, Tzakou O. Chemical composition and larvicidal evaluation of Mentha, Salvia, and Melissa essential oils against the West Nile virus mosquito Culex pipiens. Parasitol Res 2010; 107: 327-335 PMID: 20405142.

36. da Silva Ramos R, Rodrigues ABL, Farias ALF, Simões RC, Pinheiro MT, Ferreira RMdA, et al. Chemical composition and in vitro antioxidant, cytotoxic, antimicrobial, and larvicidal activities of the essentia l oil of Mentha piperita L. (Lamiaceae). Scientific World Journal 2017; 2017: 4927214 PMID: 28116346.

37. Ajaegbu EE, Onah GT, Ikuesan AJ, Bello AM. Larvicidal Potency of Some Selected Nigerian Plants against Aedes aegypti. Chem Proc 2023;14(1):35.

38. Torabi-Pour H, Shayeghi M, Vatandoost H, Abai M-R. Larvicidal effects and phytochemical evaluation of essential oils of Trachyspermum ammi and Ziziphora clinopodioides against larvae Anopheles stephensi. Journal of Herbmed Pharmacology 2017; 6(4):185-190.

39. Tripathi AK, Prajapati V, Ahmad A, Aggarwal KK, Khanuja SP. Piperitenone oxide as toxic, repellent, and reproduction retardant toward malarial vector Anopheles stephensi (Diptera: Anophelinae). J Med Entomol 2004; 41(4): 691-698 PMID: 15311462.

40. Kazempour S, Shayeghi M, Abai M, Vatandoost H, Pirmohammadi M. Larvicidal activities of essential oils of indigenous medicinal plants, Mentha pulegium L., Satureja hortensis L., and Thymus vulgaris L. against malaria vector, Anopheles stephensi. South African Journal of Botany 2021; 139: 38-41.

41. Pirmohammadi M, Abai MR, Shayeghi M, Vatandoost H, Rahimi S, Pirmohammadi M. Influence of agro-climatic conditions on chemical compositions and repellency effect of Mentha longifolia plant against malaria vector, Anopheles stephensi. Toxin Reviews 2023; 42(1): 115-121.

42. Pawle G, Singh S. Antimicrobial, antioxidant activity and phytochemical analysis of an endophytic species of Nigrospora isolated from living fossil Ginkgo biloba. Curr Res Environ Appl Mycol 2014;4(1):1-9.

43. Kavallieratos NG, Nika EP, Skourti A, Xefteri DN, Cianfaglione K, Perinelli DR, etal. Piperitenone oxide-rich Mentha longifolia essential oil and its nanoemulsion to manage different developmental stages of insect and mite pests attacking stored wheat. Ind Crops Prod 2022; 178: 114600.

44. Zavala-Gómez CE, Zamora-Avella D, Rodríguez-Chávez JL, Zavala-Sánchez MÁ, Campos-Guillén J, Bah MM, et al. Bioactivity of 1, 8-Cineole and Essential Oil of Salvia keerlii (Lamiaceae) Against Spodoptera frugiperda. Southwestern Entomologist 2021; 46(2): 385-396.

45. Aggarwal KK, Tripathi AK, Prajapati V, Kumar S. Toxicity of 1, 8-cineole towards three species of stored product coleopterans. International Journal of Tropical Insect Science 2001; 21(2): 155-160.

46. Hussain AI, Anwar F, Nigam PS, Ashraf M, Gilani AH. Seasonal variation in content, chemical composition and antimicrobial and cytotoxic activities of essential oils from four Mentha species. J Sci Food Agric 2010; 90(11): 1827-1836 PMID: 20602517.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-06-27]

47. Santos F, Rao V. Antiinflammatory and antinociceptive effects of 1, 8-cineole a terpenoid oxide present in many plants essential oils. Phytother Res 2000; 14(4):240-244 PMID: 10861965.

48. Manh HD, Tuyet OT. Larvicidal and repellent activity of Mentha arvensis L. essential oil against Aedes aegypti. Insects 2020; 11(3): 198 PMID: 32235733.

49. Firooziyan S, Osanloo M, Basseri HR, Moosa-Kazemi SH, Hajipirloo HM, Amani A, etal. Nanoemulsion of Myrtus communis essential oil and evaluation of its larvicidal activity against Anopheles stephensi. Arabian Journal of Chemistry 2022; 15(9): 104064.

50. Vatandoost H, Dehkordi AS, Sadeghi S, Davari B, Karimian F, Abai M, et al. Identification of chemical constituents and larvicidal activity of Kelussia odoratissima Mozaffarian essential oil against two mosquito vectors Anopheles stephensi and Culex pipiens (Diptera: Culicidae). Exp Parasitol 2012; 132(4): 470-474 PMID: 23022522

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-06-27]