

The Effects of Essential oils Extracted from Five Medicinal Plants on the Greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae)) under Laboratory Conditions

N. Kianpoor¹, H. A. Vahedi^{ID 1*}, M. R. Bagheri^{ID 2}, M. A. Samih³, Z. Saeedi^{ID 4}, Z. Emami Bistgani^{ID 2}

1- Department of Plant Protection, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran

2- Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran

3- Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University, Rafsanjan, Iran

4- Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Chaharmahal va Bakhtiari, AREEO, Iran
Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran

(*- Corresponding author's Email: h.vahedi@razi.ac.ir)

Received: 08-10-2025

Revised: 04-12-2025

Accepted: 05-01-2026

Available Online: 22-06-2026

How to cite this article:

Kianpoor, N., Vahedi, H. A., Bagheri, M. R., Saeedi, Z., & Emami Bistgani, Z. (2026). The effects of essential oils extracted from five medicinal plants on the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae)) under laboratory conditions. *Iranian Plant Protection Research*, 40(2), 539-551. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/jpp.2026.95864.1256>

Introduction.

The greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hemiptera: Aleyrodidae)) is causing significant damage to both field and greenhouse plants worldwide. This pest cause both direct and indirect damage by feeding on plant sap, transmitting plant viruses and secreting honeydew on the leaf surface. The honeydew stimulates the growth of sooty mold fungi that can cover the leaf surface, reducing photosynthesis and contaminating crop products. This polyphagous insect feed on more than 850 plant species, those reflects its significant adaptability to various conditions and represents a serious threat to sustainable agricultural products. Due to the adverse consequences and destructive impacts resulting from using chemical insecticides, the identification and introduction of safer alternatives, especially within the framework of integrated pest management (IPM) programs, is very important. The most suitable strategy for controlling this pest is the integrated use of both biological and essential plant oils methods. The present study was carried out with the aim of reducing reliance on chemical insecticides, preventing pest resistance, and minimizing environmental hazards. In this study, the repellency or antifeedant effects of plant essential oils and their influence on the populations of the *T. vaporariorum* were evaluated under laboratory conditions (27 ± 5 °C, $60 \pm 10\%$ RH and natural light).

Materials and Methods

Plants Studied: *Thymus daenensis* (Celak), *Matricaria chamomilla* L., *Achillea millefolium* L., *Menta piperita* L. and *Rosmarinus officinalis* L., were obtained from the medicinal plant farms of the Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Isfahan Province in June 2023. *T. daenensis* identified by



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

<https://doi.org/10.22067/jpp.2026.95864.1256>

herbarium code 18122, *M. chamomilla* by 18123, *A. millefolium* by 18124, *M. piperita* by 18121, and *R. officinalis* by 18125.

Host plant: In this study, the eggplant plant, *Solanum melongena* L. (Solanaceae) (Commercial cultivar Lango) was used as the host plant for the greenhouse whitefly. The host plants, *S. melongena*, were planted and maintained under identical conditions with a temperature of 27 ± 5 °C, relative humidity of $60 \pm 10\%$, and exposure to natural light.

The infested leaves containing nymphs and pupal stages were collected from commercial greenhouses and kept in growth chambers at a temperature of 25 ± 2 °C, relative humidity of $65 \pm 5\%$, and a photoperiod of 8:16 (light:dark) until reaching the adult stage. Following the emergence of adults, both male and female insects were introduced onto host plants to initiate colonies. Extraction of essential oils from the studied plants: First, the plants were dried in shaded areas equipped with ventilation. Then, the dried plants were ground and the essential oils were extracted using a Clevenger machine. Essential oils extracted from five medicinal plants, including *T. daenensis*, at concentrations of 16, 31, 62.5, 125, and 250 ppm; *M. chamomilla* and *M. piperita* at concentrations of 81.25, 162.5, 325, 750, and 1500 ppm; *A. millefolium* at concentrations of 125, 250, 500, 1000, and 2000 ppm; and *R. officinalis* at concentrations of 162.5, 325, 750, 1500, and 3000 ppm, were evaluated. When eggplants plants reached the 3–4 leaf stage, essential oils at five concentrations, already determined by preliminary tests, were applied via foliar spraying on the leaves of eggplants, including untreated control only sprayed by distilled water + 2% Tween 80. The treated pots were then transferred into an infested greenhouse where host plants contained at least 100 adult whiteflies. The pots were arranged in five treatments with four plants per treatment, replicated four times, in a completely randomized design, ensuring approximately equal distance from the sources of infestation. The number of insects attracted to each pot was counted after 24 and 48 hours. After 48 hours, the pots were transferred to a separate chamber isolated from any further whitefly infestation. Over a period of 30–40 days, the pots were examined weekly to monitor and record the development of different life stages of the whitefly. Data analysis of the impact of essential oils of five medicinal plants on feeding and population changes of greenhouse whiteflies. Initially, the collected data were transformed with $\sqrt{x+1}$, then variance analysis was performed using SPSS19.0.0 program, and comparisons and grouping of means were compared using Duncan's multiple range test at a probability level of five percent.

Results and Discussion

Yarrow (*Achillea millefolium*) at concentration of 125 ppm exhibited the lowest repellency with the highest attraction of the whitefly population at 24 hours (126.25 ± 23.33) and 48 hours (133 ± 23.42) after essential oil treatment, while Chamomile (*Matricaria chamomilla*) showed the highest repellency with the lowest insect attraction at 24 hours (4.75 ± 2.05) and 48 hours (7.75 ± 2.09) at concentration of 1500 ppm. The repellency of essential oils were positively correlated with concentration, such that increasing concentrations in the most cases reduced the insect population and enhanced repellency. The whitefly population varied significantly during the first week ($F = 2.983$, $df = 25$, $p = 0.0001$) and the second week ($F = 3.107$, $df = 25$, $p = 0.0001$), whereas no significant differences were observed in the third ($F = 0.986$, $df = 25$, $p = 0.493$) and fourth weeks ($F = 1.246$, $df = 25$, $p = 0.228$). Based on the findings, Chamomile essential oil at concentrations of 750 ppm and higher, Thyme at 125 ppm and higher, Yarrow at 250 ppm and higher, Peppermint at concentration of 750 ppm and higher, and Rosemary at concentration of 1500 ppm and higher could effectively act as repellents to protect greenhouse eggplants against *T. vaporariorum*. Several studies have also evaluated the insecticidal activity of other plant essential oils against various pests, with the differences in results mainly attributable to pest species, type of extract, and experimental timing. Collectively, the previous studies indicated that the essential oils used in the present study could serve as potential alternatives for the development of natural insecticides.

Conclusion

Findings are promising in development of safe botanicals; however, it would require confirmation of their positive field result.

Keywords: Botanical insecticides, Ecofriendly pesticides, Insect control, IPM, Sustainable agriculture

اثرات اسانس پنج گیاه دارویی روی سفیدبالک گلخانه (*Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae)) در شرایط آزمایشگاهی

نجمه کیانپور^۱ - حسنعلی واحدی^{۱*} - محمد رضا باقری^۲ - محمد امین سمیع^۳ - زریب سعیدی^۴ - زهره امامی بیستگانی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۱۵

چکیده

سفیدبالک گلخانه (*Trialeurodes vaporariorum*) یکی از آفات مهم در گیاهان زراعی، زینتی و سبزیجات به شمار می‌رود و هر سال می‌تواند به صورت مستقیم و غیرمستقیم خسارت زیادی به این محصولات در دنیا وارد کند. در این پژوهش، اثرات دورکنندگی با ضدتغذیه‌ای اسانس‌های گیاهی آویشن دناهی (*Thymus daenensis* Celak.)، بابونه (*Matricaria chamomilla* L.)، نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.)، بومادران (*Achillea millefolium* L.) و رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) بر تغییرات جمعیت این آفت در شرایط کنترل شده با دمای 27 ± 5 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 10 درصد و نور طبیعی بررسی شد. زمانی که گیاه بادمجان کاشته شده به مرحله ۳-۴ برگ‌ریزی رسیدند، اسانس‌ها در پنج غلظت مختلف که با آزمایش‌های مقدماتی تعیین شده بود، روی برگ‌های بادمجان محلول پاشی شدند. سپس گلدان‌ها به یک گلخانه آلوده که بوته‌های آن دارای حداقل ۱۰۰ حشره بالغ بودند، انتقال داده شد. گلدان‌ها به صورت بلوک‌هایی از پنج تیمار مختلف با چهار گیاه در هر تیمار و در چهار تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی به نحوی چیده شدند که فاصله آن‌ها از منابع آلودگی تقریباً یکسان بود. تعداد حشرات جلب شده روی هر کدام از گلدان‌ها بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت شمارش شد. پس از ۴۸ ساعت، گلدان‌ها به اتاقک جداگانه به دور از هرگونه آلودگی مجدد به سفیدبالک‌ها منتقل گردید. و رشدونمو مراحل مختلف زیستی سفیدبالک، مورد بررسی قرار گرفتند. طبق نتایج به دست آمده، بومادران در غلظت ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر کمترین دورکنندگی با بیشترین جذب حشره را در ۲۴ ($126/25 \pm 33/23$) و ۴۸ ساعت ($133 \pm 23/42$) بعد از تیمار با اسانس‌ها داشت و بابونه بیشترین دورکنندگی با کمترین جذب حشره را در ۲۴ ($4/75 \pm 2/05$) و ۴۸ ساعت ($7/75 \pm 2/09$) بعد از تیمار با اسانس در غلظت ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر داشت. تغییرات جمعیت طی هفته اول و دوم دارای اختلاف معنی‌دار بود، ولی در هفته‌های سوم و چهارم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. با توجه به عدم وجود باقی‌مانده سمی و هم‌چنین امکان تولید این اسانس در کشور، این ترکیبات می‌توانند در تولید محصولات ارگانیک و کاهش مصرف سموم شیمیایی کاربرد داشته باشند.

واژه‌های کلیدی: حشره کش دوست‌دار محیط‌زیست، حشره کش‌های گیاهی، کشاورزی پایدار، کنترل حشرات، IPM

۱- گروه گیاهپزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

۳- گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان، رفسنجان، ایران

۴- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران

(*) نویسنده مسئول: Email: h.vahedi@razi.ac.ir

<https://doi.org/10.22067/jpp.2026.95864.1256>

مقدمه

Macrolophus caliginosus) در شرایط آزمایشگاهی و گلخانه‌ای مورد ارزیابی قرار داده‌اند. این پژوهش‌ها تفاوت معنی‌داری را بین غلظت‌های مختلف ایمیداکلوپراید و سایر ترکیبات در سطح پنج درصد نشان داده و حشره‌کش‌های گیاهی را به‌عنوان گزینه‌های قابل توصیه در مدیریت تلفیقی آفات معرفی کرده‌اند (Moazeni et al., 2016; Hosseininia et al., 2017; Ali Bakhshi et al., 2018).

علاوه‌براین، در بررسی‌های متفاوت اثرات کشندگی، زیرکشندگی، بازدارندگی تخم‌ریزی، و دافعه اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهانی نظیر بومادران، آویشن دناپی، نعنای فلفلی، رزماری، بابونه، و پونه‌کوهی (*Mentha longifolia* (L.) L., 1753) بر آفات مختلف مانند سفیدبالک گلخانه، کنه تارتن دولکه‌ای (*Tetranychus urticae* Koch)، پسیل پسته (*Agonoscena pistaciae* Burckhardt & Lauterer) و شته جالیز (*Aphis gossypii* Glover) بررسی شده‌اند. این پژوهش‌ها اغلب نشان داده‌اند که اسانس‌ها دارای اثرات مثبت و گاه پایدار بر رشد و تکثیر آفات، همراه با آسیب حداقلی به دشمنان طبیعی هستند (Sharifiyan et al., 2024; Salehi et al., 2017; Farahani et al., 2020; García-Pereyra et al., 2021; Dehghani & Ahmadi, 2013).

برآورد فراسنجه‌های رشد جمعیت و همچنین تعیین چگونگی تغییرات جمعیت حشرات از طریق مطالعه اثر آفت‌کش روی توانایی‌های تولیدمثلی می‌تواند در انتخاب یک حشره‌کش بسیار مفید باشد. می‌توان گفت که تعیین اثرات زیرکشنده به همراه اثرات کشندگی آن برای ارزیابی صحیح خاصیت حشره‌کشی ضروری می‌باشد (Desneux et al., 2007). یکی از مزیت‌های مهم ارزیابی اثرات کشندگی و زیرکشندگی حشره‌کش‌ها، توانایی اجرای روش‌های سازگار با محیط زیست و مؤثرتر در برنامه‌های مدیریت آفات می‌باشد (Desneux et al., 2007). مسئله اصلی استفاده از حشره‌کش‌ها در مهار سفیدبالک گلخانه‌ای، افزایش مقاومت حشره به بسیاری از حشره‌کش‌ها است (Fytrou et al., 2017). این پدیده به توانایی جمعیت یک حشره برای بقا و ادامه تولیدمثل پس از مواجهه با دُزی از آفت‌کش که پیش‌تر اثر مهارکننده داشته، اطلاق می‌گردد و از چالش‌های اساسی در مدیریت آفات محسوب می‌شود (Sparks & Nauen, 2015; Costantini, 2019; Madgwick et al., 2023). که در نتیجه فشار انتخابی ناشی از مصرف مکرر آفت‌کش‌ها ایجاد شده و از طریق انباشت جهش‌های ژنتیکی و تغییرات فیزیولوژیک منجر به بروز شکل‌های مختلف مقاومت می‌شود و می‌تواند اثربخشی برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات را کاهش دهد (Irac, 2024). با توجه به اینکه امروزه مدیریت مهار موفق سفیدبالک گلخانه تنها از طریق استفاده هم‌زمان از دشمنان طبیعی و حشره‌کش‌های ایمن امکان‌پذیر است، بررسی کارایی حشره‌کش‌هایی با حداقل تأثیر سوء بر

سفیدبالک‌های گلخانه (*Trialeurodes vaporariorum*) دارای دامنه میزبانی وسیعی هستند که هم گیاهان خودرو و هم گیاهان زراعی را شامل می‌شود. بسیاری از محصولات باغی و گلخانه‌ای از جمله سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.)، گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.)، فلفل (*Piper nigrum* L.)، خیار (*Cucumis sativum* L.)، لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، کدو (*Cucurbita pepo* L.)، بادمجان (*Solanum melongena* L.)، هندوانه (*Citrullus lanatus* L.) و فلفل‌دل‌های (*Capsicum annuum* L.) از میزبان‌های بسیار حساس به این آفت به شمار می‌روند (Khan & Winski, 2024; Nasruddin & Mound, 2016). یکی از آفات کلیدی محصولات گلخانه‌ای در سراسر جهان محسوب می‌شود که با تغذیه از شیریه گیاهی، ترشح عسلک، ایجاد کپک دوده‌ای و همچنین انتقال ویروس‌های گیاهی، خسارت‌های مستقیم و غیرمستقیم فراوانی را وارد می‌کند (Dai et al., 2024; Dearlove et al., 2024). گستره میزبانی وسیع این آفت که بیش از ۸۵۰ گونه گیاهی را شامل می‌شود، بیانگر سازگاری بالای آن با شرایط متنوع و تهدیدی جدی برای تولید پایدار محصولات کشاورزی است. اگرچه طی دهه‌های گذشته حشره‌کش‌های شیمیایی ابزار اصلی مدیریت این آفت بوده‌اند، اما مصرف مکرر و بی‌رویه آن‌ها منجر به بروز مقاومت در برابر گروه‌های مختلف از جمله نئونیکوتینوئیدها (*Neonicotinoids*)، پیرتروئیدها (*Pyrethroids*) و حشره‌کش‌های تنظیم‌کننده رشد شده است که این امر موجب کاهش کارایی کنترل شیمیایی، آلودگی محیط زیست و نابودی دشمنان طبیعی شده است (Dai et al., 2024; Dearlove et al., 2024). در بین متابولیت‌های ثانویه، اسانس‌ها از جمله مهم‌ترین و گسترده‌ترین ترکیبات به‌ویژه در گیاهان دارویی و گونه‌های معطر، محسوب می‌شوند (Bakkali et al., 2008). متابولیت‌های ثانویه برخلاف متابولیت‌های اولیه، نقشی مستقیم در فرآیندهای اصلی فیزیولوژیک مانند رشد، فتوسنتز، سنتز پروتئین، تنفس، جذب و ذخیره مواد غذایی ندارند، اما اهمیت زیستی بالایی در سیستم دفاعی گیاه ایفا می‌کنند. این ترکیبات می‌توانند به‌عنوان عوامل بازدارنده تغذیه، جلوگیری‌کننده از تخم‌ریزی، دورکننده حشرات و حتی ترکیبات سمی عمل کرده و از گیاه در برابر آفات محافظت کنند (Taiz & Zwiger, 2002; Gardner & Bright, 2003).

مطالعات متعددی اثر حشره‌کش‌های شیمیایی (مانند ایمیداکلوپراید) و گیاهی (مانند سیرنول، پالیزین و تنداکسیر) را روی سفیدبالک گلخانه (*T. vaporariorum*) و همچنین شکارگر آن

اسانس‌گیری از گیاهان مورد مطالعه

ابتدا گیاهان با روش خشکاندن در سایه در اماکن مجهز به دستگاه تهویه خشک شدند. سپس گیاهان خشک‌شده، آسیاب و با استفاده از دستگاه کلونجر اسانس‌گیری^۱ شد. در این روش، مقدار ۳۵۰-۳۰۰ گرم از اندام هوایی گیاهان مورد مطالعه خشک، در آسیاب خرد و درون بالن ریخته شد. سپس به محتویات داخل بالن، آب مقطر (حدود سه لیتر آب) اضافه شد تا حدی که سطح گیاه را کاملاً بپوشاند. سپس با تنظیم میزان حرارت و سرعت عبور آب سرد از مبرد، تقطیر شروع شد. اسانس جمع‌آوری شده با کمک سدیم سولفات آب‌گیری شد و تا زمان استفاده در ظروف در بسته‌ای در دمای چهار درجه سانتی‌گراد در یخچال نگهداری گردید (Sefidkon et al., 2007).

آزمایش‌های تأثیر اسانس‌های گیاهی روی حشره کامل سفید بالک‌گلخانه

با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش‌های مقدماتی، غلظت‌های مورد نیاز برای انجام آزمایش‌های زیست‌سنجی روی حشرات کامل سفیدبالک‌گلخانه تعیین شدند. از آنجایی که در این آزمون‌ها دُزی که ۰ و ۱۰۰ درصد تلفات را ایجاد می‌کند مناسب نیست، غلظتی که پنج درصد تلفات ایجاد کند به‌عنوان پایین‌ترین دُز و غلظتی که ۹۵ درصد تلفات را ایجاد کند به‌عنوان بالاترین دُز مؤثر برای انجام آزمایش‌های اصلی انتخاب شد (Talebi Jahromi, 2011). دُزهای بین آن‌ها نیز از طریق قرار دادن در معادله ۱ در فاصله لگاریتمی به دست آمد.

$$a = \frac{\log A - \log E}{n-1} \quad (1)$$

$$B = \text{Anti log} (\log A - a)$$

$$C = \text{Anti log} (\log A - 2a)$$

$$D = \text{Anti log} (\log A - 3a)$$

که در آن، A و E: به‌ترتیب بالاترین و پایین‌ترین غلظت‌ها، B، C و D: غلظت‌های بین آن‌ها هستند. همچنین a: مقدار ثابت برای تمام غلظت‌ها و n: برابر با تعداد غلظت‌ها می‌باشد (Talebi Jahromi, 2011).

اثر حشره‌کشی اسانس‌های گیاهی در پنج غلظت به‌دست‌آمده از آزمایش‌های مقدماتی روی حشرات کامل هم‌سن سفیدبالک بررسی شد. به‌منظور هم‌سن‌سازی حشرات کامل، گیاهان بادمجان حاوی شفیله‌های چشم قرمز به قفس‌های جداگانه به ابعاد ۸۰ × ۵۰ × ۶۰ عاری از سفیدبالک منتقل گردید. روزانه حشرات کامل خارج‌شده از این شفیله‌ها جمع‌آوری گردید (این حشرات هم‌سن کمتر از ۲۴

دشمنان طبیعی ضروری به نظر می‌رسد. مناسب‌ترین رویکرد در مدیریت این آفت، بهره‌گیری تلفیقی از روش‌های زیستی و گیاهی است. پژوهش حاضر با هدف کاهش وابستگی به آفت‌کش‌های شیمیایی، پیشگیری از مقاومت آفات و کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی، طی بهار و تابستان سال ۱۴۰۲ اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

گیاهان مورد مطالعه

گیاه آویشن دناپی (*Thymus daenensis* (Celak))، بابونه (*Achillea millefolium* L.)، نعناع فلفلی (*Menta piperita* L.) و رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) از مزارع گیاهان دارویی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان در خرداد-ماه سال ۱۴۰۲ تهیه شد. آویشن دناپی با کد هرباریومی ۱۸۱۲۲، بابونه با کد هرباریومی ۱۸۱۲۳، بومادران با کد هرباریومی ۱۸۱۲۴، نعناع فلفلی با کد هرباریومی ۱۸۱۲۱ و رزماری با کد هرباریومی ۱۸۱۲۵ مورد تأیید قرار گرفت.

گیاه میزبان

در این پژوهش، گیاه بادمجان (*Solanum melongena* L.) رقم تجاری Lango به‌عنوان گیاه میزبان سفید بالک گلخانه مورد استفاده قرار گرفت. بذر بادمجان بعد از خیساندن با آب به‌منظور جوانه‌زنی (به مدت ۲۴ ساعت) به گلدان انتقال داده شد. تعداد پنج بذر در هر گلدان پلاستیکی به ابعاد ۱۵ × ۱۰ سانتی‌متر حاوی نسبت مساوی پرلیت و کوکوپیت کشت گردید. به‌منظور حفظ کلنی سفیدبالک به‌صورت مداوم گلدان‌های جدید در محیط عاری از سفیدبالک کاشته شد و برای آزمایش‌ها آلوده‌سازی گردید. گیاهان در شرایط یکسان با دمای ۵ ± ۲۷ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰ ± ۶۰ درصد و نور طبیعی کاشته و نگهداری شدند.

پرورش سفیدبالک گلخانه

گیاه بادمجان در گلخانه‌های تحقیقاتی بخش تحقیقات گیاه پزشکی استان چهارمحال و بختیاری کاشته شد. نمونه برگ‌های آلوده به پوره‌ها و شفیله سفیدبالک از گلخانه‌های تجاری استان جمع‌آوری و شناسایی شد (Martin et al., 2000). آن‌ها در اتاقک‌های رشد در شرایط حرارتی ۲ ± ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵ درصد و دوره نوری ۸:۱۶ (روشنایی: تاریکی) تا رسیدن به مرحله حشرات بالغ نگهداری شدند. پس از ظاهر شدن حشرات بالغ و تأیید گونه (Martin et al., 2000)، حشرات نر و ماده روی گیاهان میزبان برای ایجاد کلنی رهاسازی شد.

۱- در محل آزمایشگاه بخش خاک‌شناسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری

مختلف رشدی سفیدبالک مورد بررسی قرار گرفتند. این برگ‌های برداشته شده در کیسه‌های پلاستیکی به مدت یک شب در دمای چهار درجه سانتی‌گراد ذخیره و روز بعد، تعداد پوره‌ها و تخم‌های سفیدبالک در زیر بینوکولر بررسی و ثبت شدند.

تحلیل داده‌های اثرات اسانس پنج گیاه دارویی روی تغذیه و تغییرات جمعیت سفیدبالک گلخانه

به منظور نرمال شدن داده‌های به دست آمده، ابتدا داده‌ها با استفاده از معادله $\sqrt{x+1}$ تبدیل، سپس با استفاده از برنامه SPSS19.0.0 تجزیه واریانس شد و مقایسه و گروه‌بندی میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر صورت گرفت (Celik et al., 2022).

نتایج

بررسی اثرات دورکنندگی یا ضدتغذیه‌ای اسانس‌های گیاهی تیمار شده روی سفیدبالک گلخانه

نتایج تجزیه واریانس، اثر دورکنندگی اسانس‌های مختلف گیاهی بر سفیدبالک گلخانه بعد از ۲۴ (p=۰/۰۰۱ و f=۲/۶۸ و df=۲۵) و ۴۸ ساعت (p=۰/۰۰۳ و f=۲/۲۶ و df=۲۵) معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که براساس آزمون دانکن، بیشترین میزان دورکنندگی بعد از ۲۴ ساعت در اسانس بابونه با غلظت ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر بود (۴/۷۵±۲/۰۵) حشره در هر گیاه) و درحالی که کمترین دورکنندگی در بومادران با غلظت ۱۲۵ میلی گرم در لیتر با میانگین (۱۲۶/۲۵±۳۳/۲۳) وجود داشت، که بیشتر از شاهد (۹۳/۶۰±۳۷/۵۳) حشره در هر گیاه) بود. دورکنندگی بومادران بعد از ۴۸ ساعت در غلظت ۱۲۵ میلی گرم در لیتر نیز کمترین مقدار بود (۲۳/۴۲±۱۳۳). در واقع، دورکنندگی بومادران بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت در غلظت ۱۲۵ میلی گرم در لیتر قابل توجه بود. همچنین بیشترین دورکنندگی اسانس‌ها ۴۸ ساعت بعد در بابونه با غلظت ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر بود (۷/۷۵±۲/۰۹) و درحالی که کمترین دورکنندگی در بومادران با غلظت ۱۲۵ میلی گرم در لیتر وجود داشت (۱۳۳±۲۳/۴۲) که بیشتر از شاهد (۸۱±۲۵/۹۸) بود. در بابونه بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت، بیشترین میزان دورکنندگی در غلظت ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر مشاهده شد. طبق نتایج به دست آمده، کمترین جمعیت حشرات کامل سفیدبالک روی گیاهان تیمار شده با بابونه و بیشترین جمعیت حشره روی گیاهان تیمار شده با بومادران بود (جدول ۱).

ساعت با هم اختلاف سنی داشتند). به طور متوسط در هر غلظت ۱۰۰ عدد سفیدبالک بررسی شد. آویشن‌دنايي در غلظت‌های ۲۵۰، ۱۲۵، ۶۲/۵، ۳۱/۲۵ و ۱۶ میلی گرم در لیتر، بابونه و نعنای فلفلی در غلظت‌های ۱۵۰۰، ۷۵۰، ۳۲۵، ۱۶۲/۵ و ۸۱/۲۵ میلی گرم در لیتر، بومادران در غلظت‌های ۲۰۰۰، ۱۰۰۰، ۵۰۰، ۲۵۰ و ۱۲۵ میلی گرم در لیتر و رزماری در غلظت‌های ۳۰۰۰، ۱۵۰۰، ۷۵۰، ۳۲۵ و ۱۶۲/۵ میلی گرم در لیتر مورد استفاده قرار گرفتند. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با توجه به حساسیت آزمایش با هشت تکرار اجرا شد. محلول آب مقطر به عنوان شاهد مورد استفاده قرار گرفت که برای یکنواختی محلول به آن دو درصد توئین ۸۰ اضافه شد (Ateyyat et al., 2009; Irannezhad et al., 2012; Nikakhtar et al., 2022). به منظور یکنواختی تیمارها، توئین به محلول اسانس‌ها نیز اضافه گردید. میزان تلفات حشره بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت شمارش و ثبت شدند. ثبت مرگومیر بعد از ۴۸ ساعت باعث می‌شود تا سمیت واقعی و پایداری اثر، مشخص شده و پویایی اثرگذاری اسانس‌ها بر آفت بهتر بیان شود.

بررسی اثرات دورکنندگی یا ضدتغذیه‌ای اسانس‌های گیاهی و تغییرات جمعیت روی سفیدبالک گلخانه

تیمارهای مورد آزمایش روی گیاه بادمجان که در گلدان‌هایی به ابعاد ۱۵ × ۱۰ سانتی متر در محیط عاری از سفیدبالک کاشته شده‌اند، اعمال گردید. اسانس‌ها پشت و روی سطوح برگ‌های بادمجان پاشیده شد. گلدان‌ها زمانی که گیاهان به مرحله ۳-۴ برگی رسیدند به یک گلخانه آلوده که بوته‌های آن دارای حداقل ۱۰۰ حشره بالغ بودند، انتقال داده شد. گلدان‌ها به صورت بلوک‌هایی از پنج تیمار مختلف با چهار گیاه در هر تیمار و در چهار تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی به نحوی چیده شدند که فاصله آن‌ها از منابع آلودگی تقریباً یکسان بود. گلدان‌ها به مدت ۴۸ ساعت در کنار منابع آلودگی قرار گرفت و تعداد حشرات جلب شده روی هر کدام از گلدان‌ها بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت شمارش شد. گلدان‌ها پس از ۴۸ ساعت به اطاقک جداگانه به دور از هرگونه آلودگی مجدد به سفیدبالک منتقل گردید. در طی مدت زمان حدود ۴۰ - ۳۰ روز برای مشاهده و ردیابی رشدونمو مراحل مختلف زیستی سفیدبالک، به صورت هفتگی مورد بررسی قرار گرفتند. هفته اول، شمارش حشرات کامل و تخم‌ها بدون جدا کردن برگ‌ها و روی برگ گیاه با لنز چشمی از هر تیمار و هر تکرار تعداد چهار برگ بادمجان به صورت تصادفی انجام شد. در هفته دوم، سوم و چهارم نمونه برداری، از هر تیمار و هر تکرار تعداد چهار برگ بادمجان به صورت تصادفی انتخاب و سپس برگچه‌ها جداگانه برای مراحل

جدول ۱- مقایسه میانگین (Mean±SE) اثر دورکنندگی اسانس‌های پنج گیاه روی حشرات کامل سفیدبالک گلخانه بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت
Table 1- Mean comparison of repellency effect of five plant essential oils on adult of *Trialeurodes vaporariorum* after 24 & 48 Hours

Plant essential oil	Concentration (ppm)	24 Hours (No. of white flies/plant)	48 Hours (No. of white flies/plant)
<i>Thymus daenensis</i>	16	27.50±9.53 ^{a*}	40.25±4.87 ^{bcd}
	31.25	37±8.50 ^c	60±14.31 ^{bcd}
	62.5	43.75±4.90 ^b	55.25±13.81 ^{bcd}
	125	34.25±11.08 ^c	47.75±13.72 ^{bcd}
	250	14±3.39 ^c	25.50±7.77 ^{bcd}
<i>Matricaria chamomilla</i>	81.25	56.50±6.33 ^b	63.75±8.91 ^{bcd}
	162.5	38.25±5.39 ^c	59.25±4.62 ^{bcd}
	325	48.75±7.54 ^b	63.25±9.65 ^{bcd}
	750	41.5±13.25 ^c	54.25±19.46 ^{bcd}
	1500	4.75±2.05 ^c	7.75±2.09 ^{bcd}
<i>Achilla millefolium</i>	125	126.25±33.23 ^a	133±23.42 ^a
	250	26.25±8.08 ^c	45±20.05 ^{bcd}
	500	22.25±9.80 ^c	34.25±15.84 ^{bcd}
	1000	31.75±8.75 ^c	35.25±8.01 ^{bcd}
	2000	15.50±9.50 ^c	19±11.70 ^{bcd}
<i>Menta piperita</i>	81.25	57.25±30.86 ^{bc}	67.5±28 ^{bc}
	162.5	26.25±10.98 ^c	35.25±11.19 ^{bcd}
	325	44±12.89 ^{bc}	73±28.40 ^{bc}
	750	35.50±11.32 ^c	45.50±11.02 ^{bcd}
	1500	24.75±6.01 ^c	36.50±13.32 ^{bcd}
<i>Rosmarinus officinalis</i>	162.5	27.25±6.32 ^c	32.25±9.61 ^{bcd}
	325	41.50±17.75 ^c	69.25±29.46 ^{bc}
	750	55.50±16.07 ^b	57.50±12.83 ^{bcd}
	1500	21.50±5.63 ^c	35.50±10.14 ^{bcd}
	3000	20.75±5.45 ^c	30.75±8.04 ^{bcd}
Control		93.60±37.53 ^{ab}	81±25.98 ^b

* اعدادی که در یک ستون دارای حروف مشابه هستند از نظر آماری در سطح احتمال ۰/۰۵ آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means followed by the same letters in each column are not significantly different (Duncan test, P<0.05).

(df=۲۵) و چهارم (df=۲۲۸ و p=۰/۲۴۶ و f=۱/۲۴۶) اختلاف معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین براساس آزمون دانکن در هفته اول جمعیت بعد از شاهد (۵۰/۸۲ ± ۵۰/۱۸ حشره در هر گیاه) در غلظت ۸۱/۲۵ میلی‌گرم در لیتر در اسانس بابونه (۳۵/۱۸ ± ۳۸۵/۵) و کمترین افزایش در غلظت ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر بابونه (۲۳/۹۷ ± ۵۰/۲۵ حشره در هر گیاه) مشاهده شد. در هفته دوم، بیشترین افزایش جمعیت در شاهد به مقدار ۱۹۸/۹۷ ± ۸۶۹ حشره در بو مادران در غلظت ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر (۹۵/۹۷ ± ۷۵۷/۲۵) مشاهده شد. کمترین تغییرات جمعیت مربوط به اسانس آویشن در غلظت ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر (۲۸/۶۸ ± ۱۰۷) بود. در هفته سوم بیشترین میانگین تغییرات جمعیت در اسانس نعناع با غلظت ۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر (۸۶۸/۳۳ ± ۱۴۶۰/۲۵) بود که نسبت به شاهد (۳۰۸/۷۱ ± ۹۷۰/۸۳) جمعیت بیشتری را در برداشت. کمترین میانگین تغییرات جمعیت در غلظت ۶۲/۵ میلی‌گرم در لیتر اسانس آویشن به میزان ۲۱/۲ ± ۴۵/۷۵ بود. در هفته چهارم، بیشترین میانگین تغییرات جمعیت در اسانس

نتایج نشان داد که بومادران در غلظت ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر کمترین دورکنندگی را در هر دو بازه زمانی ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از تیمار با اسانس‌ها داشت و بابونه بیشترین دورکنندگی (کمترین جذب حشره) را در هر دو بازه زمانی مذکور بعد از تیمار اسانس در غلظت ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر داشت. مقدار دورکنندگی اسانس‌ها با غلظت رابطه مستقیم داشت و با افزایش غلظت تراکم جمعیت حشره کاهش یافت و میزان دورکنندگی اسانس‌ها افزایش یافت.

اثر پنج اسانس گیاهی بر تغییرات جمعیت سفیدبالک گلخانه

تغییرات جمعیت طبق جدول ۲، طی چهار هفته بررسی شد. تجزیه واریانس اثر اسانس‌های پنج گیاه روی تغییرات جمعیت سفیدبالک طی چهار هفته نشان داد که در هفته اول (p=۰/۰۰۰۱ و df=۲۵ و f=۳/۱۰۷ و p=۰/۰۰۰۱) و دوم (p=۰/۰۰۰۱ و df=۲۵ و f=۲/۹۸۳ و p=۰/۰۰۰۱ و f=۰/۹۸۶ و p=۰/۴۹۳) ولی در هفته سوم (p=۰/۴۹۳ و f=۰/۹۸۶ و p=۰/۴۹۳) اختلاف معنی‌دار بود.

آویشن غلظت ۱۲۵ میلی گرم در لیتر ($387/4 \pm 1366/5$) بود که بالاتر از جمعیت شاهد ($293/26 \pm 885/5$) بود. کمترین میانگین در غلظت ۱۶۲/۵ میلی گرم در لیتر اسانس بابونه ($50/92 \pm 141/5$) بود. نتایج نشان داد که در اغلب موارد با افزایش غلظت اسانس‌های پنج گیاه، کاهش جمعیت به‌خصوص در هفته اول و دوم مشاهده شد و تراکم جمعیت سفیدبالک در غلظت‌های بالا، کم شد (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین ($\text{Mean} \pm \text{SE}$) جمعیت سفیدبالک (تعداد/ گیاه) روی گیاه بادمجان پس از تیمار با پنج اسانس گیاهی
Table 2- Mean comparison ($\pm \text{SE}$) of population dynamics of *Trialeurodes vaporariorum* on eggplant after spraying by five plant essential oils

Plant essential oil	Concentration (ppm)	First week (No. of white flies/leaf)	Second week (No. of white flies/plant)	Third week (No. of white flies/plant)	Fourth week (No. of white flies/plant)
<i>Thymus daenensis</i>	16	281.25 $\pm$ 45.89 ^{abcdefg*}	350 $\pm$ 89.57 ^{bcd}	110.5 $\pm$ 60.95 ^b	642.75 $\pm$ 322.11 ^{abc}
	31.25	289.5 $\pm$ 54.2 ^{abcdefg}	309.25 $\pm$ 100.46 ^{cd}	386.5 $\pm$ 120.92 ^{ab}	821 $\pm$ 282.44 ^{abc}
	62.5	276.75 $\pm$ 42.01 ^{abcdefg}	84.75 $\pm$ 11.33 ^d	45.75 $\pm$ 21.20 ^b	249 $\pm$ 96.01 ^{bc}
	125	275.75 $\pm$ 54.54 ^{abcdefg}	107 $\pm$ 28.68 ^d	430.75 $\pm$ 233.37 ^{ab}	1366.5 $\pm$ 387.4 ^a
	250	237.75 $\pm$ 50.31 ^{bcdefg}	188 $\pm$ 47.40 ^d	670.75 $\pm$ 518.29 ^{ab}	1062.5 $\pm$ 853.64 ^{abc}
<i>Matricaria chamomilla</i>	81.25	385.50 $\pm$ 35.18 ^{ab}	249.75 $\pm$ 74.79 ^{cd}	265 $\pm$ 176.10 ^b	311.75 $\pm$ 151.06 ^{bc}
	162.5	247.5 $\pm$ 68.61 ^{bcdefg}	149.25 $\pm$ 35.40 ^d	321 $\pm$ 169.18 ^b	141.5 $\pm$ 50.92 ^c
	325	348 $\pm$ 2.73 ^{abcd}	247.50 $\pm$ 97.58 ^{cd}	291.50 $\pm$ 155.42 ^b	716.75 $\pm$ 147.53 ^{abc}
	750	181 $\pm$ 43.64 ^{bcdefg}	152 $\pm$ 44.61 ^d	668.75 $\pm$ 300.77 ^{ab}	197 $\pm$ 92.41 ^c
	1500	50.25 $\pm$ 23.97 ^g	89 $\pm$ 70.94 ^d	652.75 $\pm$ 524.53 ^{ab}	271.75 $\pm$ 159.39 ^{bc}
<i>Achilla millefolium</i>	125	370.50 $\pm$ 123/82 ^{abc}	757.25 $\pm$ 95.97 ^a	1057.5 $\pm$ 390.17 ^{ab}	692.5 $\pm$ 267.75 ^{abc}
	250	104.25 $\pm$ 69 ^{efg}	276.25 $\pm$ 110.48 ^{cd}	211 $\pm$ 124.8 ^b	725.5 $\pm$ 407.82 ^{abc}
	500	135.75 $\pm$ 45.15 ^{cdefg}	240.75 $\pm$ 137.12 ^{cd}	629.25 $\pm$ 206.78 ^{ab}	365.25 $\pm$ 214.57 ^{bc}
	1000	119 $\pm$ 40.55 ^{defg}	252.25 $\pm$ 125.05 ^{cd}	341.25 $\pm$ 125.47 ^b	1004.25 $\pm$ 363.11 ^{abc}
	2000	88.75 $\pm$ 25.65 ^{fg}	151.25 $\pm$ 86.67 ^d	382.25 $\pm$ 349.59 ^{ab}	811.75 $\pm$ 310.24 ^{abc}
<i>Menta piperita</i>	81.25	326.75 $\pm$ 152.24 ^{abcdef}	732.5 $\pm$ 308.77 ^{ab}	916.25 $\pm$ 431.54 ^{ab}	791.25 $\pm$ 309.03 ^{abc}
	162.5	53.25 $\pm$ 31.16 ^g	359.25 $\pm$ 119.32 ^{bcd}	308 $\pm$ 131.39 ^b	981.5 $\pm$ 363.67 ^{abc}
	325	170.25 $\pm$ 71.93 ^{bcdefg}	218.52 $\pm$ 98.76 ^{cd}	620 $\pm$ 194.37 ^{ab}	543.25 $\pm$ 182.62 ^{abc}
	750	336 $\pm$ 184.57 ^{abcde}	198.50 $\pm$ 63.30 ^d	1460.25 $\pm$ 868.33 ^a	835.5 $\pm$ 190.19 ^{abc}
	1500	86.25 $\pm$ 21.28 ^{fg}	192.75 $\pm$ 43.02 ^d	440.75 $\pm$ 251.78 ^{ab}	1188.75 $\pm$ 330.33 ^{ab}
<i>Rosmarinus officinalis</i>	162.5	124 $\pm$ 34.61 ^{defg}	643 $\pm$ 321.15 ^{abc}	433 $\pm$ 245.27 ^{ab}	537.75 $\pm$ 127.19 ^{abc}
	325	169.75 $\pm$ 99.75 ^{bcdefg}	166.75 $\pm$ 62.21 ^d	503 $\pm$ 323.62 ^{ab}	300 $\pm$ 156.7 ^{bc}
	750	183 $\pm$ 27.52 ^{bcdefg}	259.5 $\pm$ 79.55 ^{cd}	353.50 $\pm$ 82.59 ^b	640.75 $\pm$ 164.84 ^{abc}
	1500	130.25 $\pm$ 36.43 ^{cdefg}	214.5 $\pm$ 58.22 ^{cd}	347.75 $\pm$ 224.45 ^b	664.5 $\pm$ 297.47 ^{abc}
	3000	230.5 $\pm$ 68.05 ^{bcdefg}	123.25 $\pm$ 32.06 ^d	379.25 $\pm$ 355.29 ^{ab}	706.5 $\pm$ 306.91 ^{abc}
Control		501 $\pm$ 50.82 ^a	869 $\pm$ 198.97 ^a	970.83 $\pm$ 308.71 ^{ab}	885.5 $\pm$ 293.26 ^{abc}

* اعدادی که در یک ستون دارای حروف مشابه هستند از نظر آماری در سطح احتمال ۰/۰۵ آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means followed by the same letters in each column are not significantly different (Duncan test, $P < 0.05$).

(*Thymus vulgaris*) بر دورکنندگی و بازدارندگی تخم‌ریزی سفیدبالک گلخانه‌ای (*T. vaporariorum*) مورد ارزیابی قرار گرفت. در این تحقیق، اسانس و عصاره گیاه بومادران و آویشن روی بوته‌های خیار در غلظت ۴۰ میکرولیتر بر میلی‌لیتر استفاده شد و گیاهان شاهد تنها با آب مقطر تیمار شدند. بیشترین بازدارندگی تخم‌گذاری مربوط به عصاره آبی آویشن ۶۲/۸۷ درصد شش روز پس از تیمار بود، در حالی که عصاره آبی بومادران بالاترین اثر دورکنندگی را با ۵۲/۵۴ درصد در همان بازه زمانی نشان داد. هم‌چنین بیشترین فعالیت دورکنندگی بر حشرات بالغ در تیمار اسانس بومادران و به‌میزان ۴۸/۰۷ درصد در روز نهم مشاهده شد. این یافته‌ها و نتایج تحقیق حاضر بیانگر آن است که بومادران دارای اثرات پایدار دورکنندگی و

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که اسانس‌های گیاهی مورد بررسی دارای اثر دورکنندگی حشره کامل سفیدبالک گلخانه (*T. vaporariorum*) روی میزبان بودند، اما مقادیر دورکنندگی در غلظت‌های مختلف آن‌ها با یکدیگر متفاوت بود. به‌طوری‌که با افزایش غلظت اسانس‌ها، میزان دورکنندگی افزایش یافت. در اسانس رزماری، آویشن دناپی، نعنای فلفلی، بابونه و بومادران، با افزایش غلظت، میزان دورکنندگی نیز افزایش یافت. این یافته‌ها با نتایج مطالعات دیگر هم‌خوانی دارد که نشان‌دهنده افزایش اثر دورکنندگی با افزایش غلظت اسانس‌های گیاهی است (Tampe et al., 2015; Saeidi & Mirfakhraie, 2017). برای مثال، در مطالعه‌ای، اثرات اسانس و عصاره گیاه بومادران (*Achillea millefolium*) و آویشن باغی

تواند بر حساسیت آفت اثرگذار باشد.

در مطالعات دیگر روی سایر آفات، اثرات بازدارندگی هشت اسانس گیاهی شامل بابونه (*Matricaria chamomilla*)، میخک (*Syzygium aromaticum*)، سیر (*Allium sativum*)، اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis*)، اسطوخودوس (*Lavandula officinalis*)، جوجوبا (*Simmondsia chinensis*)، لیمو (*Citrus limon*)، و بادام (*Prunus dulcis*) علیه آفت انباری شپشه قرمز آرد (*Tribolium castaneum* Herbst) مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه، اسانس‌ها در چهار غلظت ۱، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد در حلال استون آزمایش شدند و میزان دافعی و سمیت تماسی آن‌ها بررسی گردید. نتایج نشان داد که اسانس میخک در غلظت‌های بالاتر (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) بیشترین خاصیت دورکنندگی را پس از ۳۰ دقیقه ایجاد کرد و بابونه دارای اثرات متوسط دورکنندگی بود (Elnabawy et al., 2022). در تحقیق حاضر نیز افزایش دورکنندگی همراه با افزایش غلظت مشاهده شد. اثرات دورکنندگی اسانس گل‌های بابونه *M. chamomilla* شامل سه نوع اسانس آبی مصری، بابونه آلمانی، و بابونه آلمانی معمولی به همراه ترکیب خالص α -bisabolol بر مورچه‌های آفت *Solenopsis invicta* Buren، *Solenopsis richteri* Forel و مورچه‌های هیبرید، حتی در غلظت‌های پایین توانستند میزان جابه‌جایی مورچه‌ها را به‌طور چشمگیری کاهش دهند و خاصیت دورکنندگی مؤثری نشان دهند و به‌عنوان جایگزینی ایمن نسبت به دورکننده‌های شیمیایی متداول (DEET (N,N-diethyl-meta-toluamide) معرفی شدند (Shah et al., 2023). در تحقیق حاضر نیز دورکنندگی بابونه برای سفید-بالک گلخانه به‌خوبی مشاهده شد.

همچنین خاصیت دورکنندگی اسانس‌های گیاهی در کنه‌های حیوانی و گیاهی مورد بررسی قرار گرفت. به‌طور مثال، اسانس بومادران (*A. millefolium*) منطقه پورت ویلیامز، خاصیت دافعه ۱۰۰ درصد علیه نمف‌های *Ixodes scapularis* تا ۳۰ دقیقه داشت که با گذشت زمان کاهش یافت (Pickett et al, 2023). اسانس آویشن دناهی *T. daenensis* دارای اثر سمیت و خاصیت دورکنندگی قابل توجه بر کنه‌تارتن‌دولکه‌ای (*Tetranychus urticae*) بود. اگرچه در مقایسه با مرزه خوزستانی (*Satureja khuzestanica*) شدت اثر، کمی پایین‌تر بود (Farahani et al, 2020). اسانس نعنای فلفلی در مقایسه با اسانس آگیرترکی (*Acorus calamus*) و علف لیمو (*Cymbopogon flexuosus*)، ۱۰۰ درصد خاصیت دافعه‌ای علیه کنه تارتن‌دولکه‌ای (*Tetranychus urticae*) نشان داد (Reddy & Dolma, 2017).

یافته‌های حاصل از بررسی پنج اسانس گیاهی بر تغییرات جمعیت سفیدبالک، تا هفته چهارم در مقایسه با شاهد با مطالعات آروئی و همکاران (Aroiee et al., 2005) نیز هم‌خوانی دارد. این محققان

بازدارندگی تخم‌ریزی می‌باشد (Dehghani & Ahmadi, 2013). در پژوهشی به بررسی نقش ترکیبات فرار موجود در اسانس ۳۲ رقم رزماری و رفتار ترجیحی عسلک پنبه (*Bemisia tabaci*) (Gennadius, 1889) پرداختند. این سفیدبالک نسبت به ارقام رزماری، رفتار ترجیحی متفاوتی داشت، به‌طوری‌که رزماری در مجموع به‌عنوان میزبان کم‌جاذبه و دورکننده برای این آفت شناخته شد (Sadeh et al., 2018). هم‌چنین عصاره‌های گیاهی آویشن و رزماری روی حشرات بالغ *B. tabaci* دورکننده بودند که البته این دورکنندگی در تحقیق حاضر نیز دیده شد و تراکم کمتری از حشره روی رزماری و آویشن مستقر شد و این امر نشان داد که آویشن و رزماری نیز برای حشره کم‌جاذبه‌تر بودند (Al-Mazra' Awi & Ateyyat, 2009; Serkaya et al, 2010). نتایج نشان داد که گل‌آذین‌های چوکبری سیاه (*Aronia melanocarpa*) تیمار شده با غلظت‌های ۰/۸ و ۱ درصد اسانس بومادران *A. millefolium* دارای خاصیت دورکننده برای لاروهای پروانه *Acrobasis advenella* بودند (Gorska-Drabik et al., 2025).

پاسخ رفتاری آفت *Aegorhinus nodipennis* (Hope) (Coleoptera: Curculionidae) به ترکیبات فرار آزاد شده از اسانس گیاه بومادران از طریق آزمون‌های رفتاری آلفکتومتری، نشان داد که اسانس بومادران و ماده اصلی توجون در آن، در بالاترین دُز آزمایش شده (۲۸۵/۷ نانوگرم بر سانتی‌مترمربع) فعالیت دورکنندگی قابل توجهی علیه این آفت داشتند (Tampe et al., 2015). نتایج تحقیق حاضر نیز نشان داد که افزایش غلظت اسانس در گیاهان مورد مطالعه، باعث افزایش دورکنندگی سفیدبالک گلخانه شد. در مطالعه دیگر نیز با افزایش غلظت عصاره گیاه نعنای فلفلی (*M. piperita*)، میزان تلفات سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات (*Callosobruchus maculatus*) افزایش یافت (Saeidi & Mirfakhraie, 2017).

خاصیت دورکنندگی اسانس‌های رزماری (*R. officinalis*)، (علف‌لیمو *Cymbopogon flexuosus*) و نعنای دشتی (*Mentha spicata*) علیه مورچه سنگاپوری (*Trichomyrmex destructor*) در شرایط آزمایشگاهی دو ساعت پس از اعمال تیمارها، خاصیت دورکنندگی ۷۴ تا ۹۰ درصدی علیه مورچه‌ها داشتند. اسانس رزماری و ترکیبات فرار آن، اگرچه نسبت به علف‌لیمو و نعنای دشتی سمیت کمتری داشت، اما هم‌چنان می‌تواند به‌عنوان یک گزینه طبیعی مؤثر برای مهار و دفع مورچه‌ها مورد استفاده قرار گیرد (Kafle & Chung, 2025). با این وجود، تفاوت بررسی فعلی با این مطالعات در مقایسه هم‌زمان پنج اسانس گیاهی شامل آویشن دناهی، بابونه، نعنای فلفلی، رزماری و بومادران است، درحالی‌که مطالعات ذکر شده بیشتر روی یک اسانس یا دو اسانس انجام شده و همچنین مطالعات روی سفیدبالک *T. vaporariorum* کمتر انجام شده و گیاه میزبان در بررسی حاضر بادمجان بود، که با میزبان‌های دیگر تفاوت دارد و می-

مطالعات مختلف نشان می‌دهد که اسانس‌های گیاهی می‌توانند به‌عنوان عامل دورکننده طبیعی و مؤثر علیه انواع حشرات به‌ویژه آفات انباری و مزارع مورد استفاده قرار گیرند. اثرات دورکنندگی بالا در بسیاری از این اسانس‌ها نشان‌دهنده پتانسیل بالای آن‌ها در توسعه آفت‌کش‌های گیاهی ایمن و دوست‌دار محیط‌زیست است. امروزه در سرتاسر جهان، تمایل برای پیدا کردن گیاهان جدید و دارای منابع غنی از حشره‌کش‌های بیولوژیک افزایش پیدا کرده است که گامی مؤثر در جهت حفظ سلامت محیط‌زیست است. استخراج عصاره و اسانس از تعداد زیادی از گیاهان مزایای زیادی برای انسان داشته است. اگرچه تاکنون اثرات تقریباً هزار گونه گیاهی روی حشرات مورد بررسی قرار گرفته است، ولی فقط تعداد کمی به‌صورت عملی مورد استفاده قرار گرفته است (Jafarbeigi et al., 2012). در سال‌های اخیر، فعالیت‌هایی در مورد استفاده تجاری از اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی و فرموله کردن در دنیا و در کشور ایران انجام گرفته است. پیشنهاد می‌شود که تحقیقات آینده روی فرمولاسیون‌های نانو و ترکیبی این اسانس‌ها، اثرات بر دشمنان طبیعی سفیدبالک، و ارزیابی میدانی در مقیاس بزرگ‌تر تمرکز کنند تا کاربرد عملی آن‌ها در گلخانه‌ها افزایش یابد. این رویکرد می‌تواند وابستگی به آفت‌کش‌های شیمیایی را کاهش دهد و به حفظ محیط‌زیست کمک کند.

نتیجه‌گیری

طبق نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، اسانس گیاهان بابونه در غلظت ۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر و غلظت‌های بالاتر، گیاه آویشن در غلظت ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر و بالاتر، گیاه بومادران در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر و بالاتر، گیاه نعنای فلفلی در غلظت ۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر و بالاتر و گیاه رزماری در غلظت ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و بالاتر می‌توانند با توجه به نقش دورکنندگی آن‌ها، جهت محافظت گلخانه‌های بادمجان در برابر سفیدبالک *T. vaporariorum* به کار روند. قابل ذکر است که پژوهش‌هایی در رابطه با اثر حشره‌کشی اسانس‌های گیاهی دیگر روی آفات مختلف انجام شده است که تفاوت‌های موجود در آن‌ها با این پژوهش مربوط به نوع آفت، نوع عصاره و زمان آزمایش است. در مجموع، نتایج این تحقیق نشان‌دهنده این بود که این اسانس‌ها دارای اثرات مطلوبی بوده و می‌توانند به‌عنوان ترکیبات امن در برنامه مدیریت تلفیقی این آفت به کار روند.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه رازی کرمانشاه، مرکز تحقیقات کشاورزی-ومنابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری و استان اصفهان به‌خاطر فراهم نمودن امکانات مالی و اجرایی این تحقیق، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

اظهار داشتند که غلظت ۸ میلی‌گرم در لیتر اسانس آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) و نعنای فلفلی (*M. piperita*) در مهار *T. vaporariorum* در گلخانه تأثیر قابل توجهی داشتند، به‌طوری‌که اسانس اول ۱۰۰ درصد و دوم ۷۸ درصد تلفات در برداشت. یافته‌های حاصل از آزمایشگاه نشان دادند که اسانس نعنای (*Mentha spicata*) نسبت به زیره سبز (*Cuminum cyminum*) اثر حشره‌کشی قوی‌تری روی سفیدبالک گلخانه (*T. vaporariorum*) داشت و در بالاترین غلظت، درصد تلفات تخم، پوره سن اول و حشره بالغ به‌ترتیب ۷۲، ۸۶ و ۸۳ درصد برآورد گردید (Fahim et al., 2012). بررسی سمیت عصاره‌ها و اسانس‌های چهار گیاه دارویی آویشن باغی (*T. vulgaris*) و بومادران (*A. millefolium*) و رازیانه (*Foeniculum vulgare*) و اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia* Mill) روی سفیدبالک (*T. vaporariorum*) نشان داد که آویشن باغی بهترین عصاره گیاهی تخم‌کش بود، و اسانس و عصاره گیاه رازیانه بیشترین اثر پوره‌کشی را داشت (Yadegari et al., 2013). در پژوهش دیگری در آزمایشگاه، اسانس بومادران (*A. millefolium*) فاقد سمیت تدخینی قابل توجه بود و حداکثر مرگ‌ومیر در اثر تدخینی پس از ۴۸ ساعت برای سوسک کشیش *Rhyzopertha dominica* تنها ۱۹/۷ درصد گزارش شد، در صورتی که هیچ سمیت تدخینی بر شیشه گندم (*Sitophilus granaries*) مشاهده نشد. در مقابل، سمیت تماسی در دُز ۱۵ درصد حجمی پس از ۲۴ ساعت، مرگ‌ومیر ۹۹/۲ درصد برای سوسک کشیش و ۸۳/۵ درصد برای شیشه‌گندم نشان داد. همچنین اسانس در غلظت‌های مختلف ۰/۰۶، ۰/۰۲۵ و ۰/۱۲۵ میکرولیتر بر سانتی‌مترمربع، فعالیت دورکنندگی قابل توجهی علیه هر دو آفت داشت. نتایج نشان داد که اسانس بومادران علاوه‌بر خاصیت دورکنندگی، دارای پتانسیل بالای سمیت تماسی علیه آفات انباری بود (Alkan, 2020).

نتایج تحقیقات مختلف نشان داد که اجزای تشکیل‌دهنده اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی در یک جنس گیاهی و حتی در قسمت‌های مختلف یک گونه گیاهی ممکن است تفاوت‌های زیادی داشته باشند. همچنین می‌توان گفت که ترکیبات اسانس یک گونه گیاهی خاص براساس منطقه جغرافیایی گسترش آن گونه، قسمتی از گیاه که استخراج اسانس از آن صورت می‌گیرد، فاکتورهای محیطی (دما، بارندگی، ارتفاع، ساعات تابش آفتاب و غیره)، روش‌های استخراج و سن آن قسمت گیاه و همچنین وجود نژادهای شیمیایی برای گونه‌های گیاهی متفاوت باشد (Saeidi et al., 2012).

تفاوت تحقیق فعلی با این مطالعات در تمرکز بر سفیدبالک گلخانه (*T. vaporariorum*) به‌جای آفات دیگر مانند کنه‌های گیاهی و دامی و همچنین آفات انباری است. همچنین ما اثرات اسانس‌های گیاهی را در شرایط گلخانه‌ای بررسی کردیم، درحالی‌که بسیاری از این تحقیقات روی آفات انباری در کوتاه‌مدت تمرکز دارند. جمع‌بندی

References

- Ali Bakhshi, Z., Sedighi, S., & Tafaghodinia, B. (2018). Comparison of Confidor and Palizin in control of greenhouse whitefly adults in Gerbera commercial greenhouses in Pakdasht. *Plant Protection*, 21, 55-63. (In Persian with English abstract).
- Alkan, M. (2020). Chemical composition of *Achillea millefolium* L. (Asteraceae) essential oil and insecticidal effect against *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) and *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). *Plant Protection Bulletin*, 60, 85-93. <https://doi.org/10.16955/bitkorb.674239>.
- Al-Mazra' Awi, M. S., & Ateyyat, M. (2009). Insecticidal and repellent activities of medicinal plant extrants against sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) and its parasitoid *Eretmocerus mundus* (Hym: Aphelinidae). *Journal of Pest Science*, 82, 149-154.
- Aroiee, H., Mosapoor, S., & Karimzadeh, H. (2005). Control of greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) by thyme and peppermint. *Kmitl Science and Technology Journal*, 5, 2.
- Ateyyat, M. A., Al-Mazra' Awi, M., Abu-Rjai, T., & Shatnawi, M. A. (2009). Aqueous extracts of some medicinal plant are as toxic as Imidacloprid to the sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci*. *Journal of Insect Science*, 9, 15. <https://doi.org/10.1673/031.009.1501>.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effect of essential oils-A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46, 446-475.
- Costantini, D. (2019). Hormesis promotes evolutionary change. *Dose-Response*, 17, 155932581984337. <https://doi.org/10.1177/1559325819843376>.
- Dai, X., Lin, Q., Liu, Y., Wang, R., Su, L., Yin, Z., Zhao, S., Zhang, F., Chen, H., & Zheng, L. (2024). Precise control and prevention methods for whitefly in greenhouse vegetables. *Agronomy*, 14, 989. <https://doi.org/10.3390/agronomy14050989>.
- Dearlove, E. L., Chandler, D., Edgington, S., Berry, S. D., Martin, G., Svendsen, C., & Hesketh, H. (2024). Improved control of *Trialeurodes vaporariorum* using mixture combinations of entomopathogenic fungi and the chemical insecticide spiromesifen. *Scientific Reports*, 14, 15259. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-66051-8>.
- Dehghani, M., & Ahmadi, K. (2013). Repellence and anti-oviposition activities of plant products on greenhouse whitefly. *Pharmacognosy Communications*, 3. <https://doi.org/10.5530/pc.2013.2.2J>.
- Desneux, N., Decourtye, A., & Delpuech, J. M. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*, 52, 81-106. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091440>.
- Elnabawy, E. S. M., Hassan, S., & Taha, E. K. A. (2022). Repellent and toxicant effects of eight essential oils against the red flour beetle, *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). *Biology*, 11, 3. <https://doi.org/10.3390/biology11010003>.
- Fahim, M., Safaralizadeh, M. H., & Safavi, S. A. (2012). Evaluation of susceptibility of egg, nymph and adult of greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) to two plant essential oils (spearmint and cumin) under laboratory conditions. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, 22, 28-35.
- Farahani, S., Bandani, A. R., & Amiri, A. (2020). Toxicity and repellency effects of three essential oils on two populations of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Persian Journal of Acarology*, 9, 67-81. <https://doi.org/10.22073/pja.v9i1.55853>.
- Fytrou, N., Ilias, A., Sklivakis, J., & Tsagkarakou, A. (2017). Lethal and sublethal effected insecticides on commercially available natural enemies of whiteflies. *Pesticides and Beneficial Organisms. IOBC- WPRS Bulletin*, 125, 19-27.
- Gardner, G. T. & Bright, C. (2003). A world watch institute report on progress toward. World Watch Institute Cheris Bright. 241 pp.
- García-Pereyra, J., Aviña Martínez, G. N., De Los Santos Villalobos, S., Rubio Graciano, R., Garcia Montelongo, A. M., & Medrano Roldan, H. (2021). Formulation of a bioinsecticide based on neem and chamomile used for the greenhouse control of the glasshouse whitefly *Trialeurodes Vaporariorum*. *Modern Environmental Science and Engineering*. Volum7, No, 2, pp. 119-125. [https://doi.org/10.15341/mese\(2333-2581\)/02.07.2021/003](https://doi.org/10.15341/mese(2333-2581)/02.07.2021/003).
- Gorska-Drabik, E., Golan, K., Sempruch, C., Chrzanowski, G., Dybowski, M. P., & Poniewozik, M. (2025). Chemical composition and toxicity of *Achillea millefolium* L. essential oil against *Acrobasis advenella* (Lepidoptera, Pyralidae) under laboratory conditions. *Molecules*, 30, 1927. <https://doi.org/10.3390/molecules30091927>.
- Hosseini, A., Khanjani, M., Khoobdel, M., & Javadi Khederi, S. (2017). Comparison of the efficiency of the current oils and insecticide compounds in control if greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporarium* (Westwood), (Hem.: Aleyrodidae) on rose and their interaction. *Journal of Iranian Plant Protection*, 30, 718-726. (In Persian).
- Insecticide Resistance Action Committee. (2024). Mechanisms resistance. Information Website: <https://irac-online.org/training-centre/resistance/mechanisms/>.
- Irannezhad, M. K., Samih, M. A., Talebi Jahromi, K., & Alizadeh, A. (2012). The effect of some pesticides and plant extracts on functional response of *Chrysoperla carnea* (Stephens) to different densities of *Agonoscena pistaciae*.

Journal of Iranian Plant Protection, 26, 316-326, in Persian).

Jafarbeigi, F., Samih, M., Zarabi, M., & Esmaeily, S. (2012). The effect of some herbal extracts and pesticides on the biological parameters of *Bemisia tabaci* pertaining to tomato grown under controlled conditions. *Journal of Plant Protection Research*, 52, 375-380.

Kafle, L., & Chung, A. Y. (2025). Contact toxicity and repellency of lemongrass, spearmint, rosemary oils and their major bioactive compounds on destroyer ants (*Trichomyrmex destructor*) under laboratory conditions. *Discover Applied Sciences*, 7, 332. <https://doi.org/10.1007/s42452-025-06793-w>.

Khan, R. A., & Winski, P. (2024). Whitefly management guide for horticultural crops. (Fact Sheet ENTO-PU-227). Texas A&M AgriLife Extension Service. <https://extensionentomology.tamu.edu/wp-content/uploads/2025/03/whitefly-management-guide-for-horticultural-crops.pdf>.

Madgwick, P. G., Wubs, M., & Kanitz, R. (2023). Optimization of long-lasting insecticidal bed nets for resistance management: A modelling study and user-friendly app. *Malaria Journal*, 22, 290. <https://doi.org/10.1186/s12936-023-04724-x>.

Martin, J. H., Mifsud, D., & Rapisarda, C. (2000). The whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of Europe and the Mediterranean Basin. *Bulletin of Entomological Research*, 90, 407-448.

Moazeni, A., Bagheri, M. R., Amiri- Besheli, B., & Shahsavari, M. R. (2016). Comparison toxicity of some botanical and chemical pesticides on greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) in laboratory and greenhouse and semi- field condition. *Journal of Entomological Research*, 8, 59-71.

Moazeni, A., Bagheri, M. R., Amiri- Besheli, B., & Shahsavari, M. R. (2016). Investigation on the effect of some botanical and chemical insecticides on the predatory bug *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera: Miridae) the predator of greenhouse whitefly. *Journal of Entomological Research*, 8, 73-84.

Nasruddin, A., & Mound, L. A. (2016). First record of *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hemiptera: Aleyrodidae) severely damaging field grown potato crops in South Sulawesi, Indonesia. *Journal of Plant Protection Research*, 56, 199-202.

Nikakhtar, S., Aramidae, S. H., Mirfakhraie, S. H., & Frouzan, M. (2022). The effect of sublethal concentration of three commercial formulations of neem including Kofa, NeemAzal and Nimbecidine on the life table parameters of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Journal of Entomology Society of Iran*, 42, 313-323. (In Persian with English abstract).

Pickett, L. J., Amiro, M., Amiro, M., Hawboldt, C., & Faraone, N. (2023). Common yarrow (*Achillea millefolium*) essential oil and main components as potential repellents and acaricides against *Ixodes scapularis* and *Dermacentor variabilis* (Acari: Ixodidae) ticks. *Experimental and Applied Acarology*, 89, 287-303. <https://doi.org/10.1007/s10493-023-00782-7>.

Reddy, S. G. E., & Dolma, S. K. (2017). Acaricidal activities of essential oils against two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. *International Journal of Acarology*, Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.1080/15569543.2017.1320805>.

Sadeh, D., Nitzan, N., Shachter, A., Ghanim, M., & Dudai, N. (2018). Rosemary–whitefly interaction: A Continuum of repellency and volatile combinations. *Journal of Economic Entomology*, Volum, XX, No, XX, 1-9. <https://doi.org/10.1093/jee/toy375>.

Saeidi, Z., Babaahmadi, H., Saeidi, K. A., Salehi, A., Saleh Jouneghani, R., Amirshakari, H., & Taghipour, A. (2012). Essential oil content and composition of *Mentha longifolia* (L.) Hudson grown wild in Iran. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6, 4522-4525.

Saeidi, K., & Mirfakhraie, S. (2017). Chemical composition and insecticidal activity *Mentha piperita* L. essential oil against the cowpea seed beetle *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Entomological and Acarological Research*, 49, 127-134. <https://doi.org/10.4081/jear.2017.6769>.

Salehi, F., Samih, M. A., & Vakili, M. A. (2017). The effect of the botanical extract on the common *Pistachio psyllid* (*Agonoscena pistaciae* Burkhardt and Lauterer) (Hem: Aphlaridae). *Iranian Journal of Pistachio Science and technology*, 1, 1. 44-56. (In Persian).

Sefidkon, F., Abbasi, Kh., Jmzad, Z., & Ahmadi, S. (2007). The effect of distillation methods and stage of plant growth on the essential oil content and composition of *Satureja rechingeri* Jamzad. *Food Chemistry*, 100, 1054-1058. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.11.016>.

Shah, F. M., Guddeti, D. K., Paudel, P., Chen, J., Li, X. C., Khan, I. A., & Ali, A. (2023). *Matricaria chamomilla* essential oils: Repellency and toxicity against imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae). *Molecules*, 28, 5584. <https://doi.org/10.3390/molecules28145584>.

Sharifiyan, M., Mehrkhrou, F., & Negahban, M. (2024). Lethal and sublethal effects of *Mentha piperita* L. and its nanoeformulation form on the biological and population growth parameters of *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) under laboratory conditions. *Journal of Entomological Society of Iran*, 44, 25-41. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.61186/jesi.44.1.3>.

Sparks, T. C., & Nauen, R. (2015). IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 121, 122-128. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2014.11.014>.

Taiz, L., & Zwiger, E. (2002). Plant Physiology. Sinauer Associates. 690 pp.

Talebi Jahromi, K. (2011). Pesticides Toxicology. 4th Edition. University of Tehran Press 2790, Tehran, Iran. 500 pages (In Persian).

Tampe, J., Parra, L., Huaiquil, K., Mutis, A., & Quiroz, A. (2015). Repellent effect and metabolite volatile profile of the essential oil of *Achillea millefolium* against *Aegorhinus nodipennis* (Hope) (Coleoptera: Curculionidae). *Neotropical Entomology*, 44, 279-285. <https://doi.org/10.1007/s13744-015-0278-5>.

Yadegari, M., Mirzakhani, S., Nourbakhsh, S. H., & Saeedi, Z. (2013). Toxicity of some medicinal plants to *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) under controlled condition. *Journal of Applied Science and Agriculture*, 8, 1446-1451.