

مقاله تحقیقی

بررسی اثرات کشندگی و زیر کشندگی اسانس پنج گیاه داروئی روی سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* (Hem.: Aleyrodidae) در شرایط آزمایشگاه و گلخانه

نجمه کیانپور^۱، حسعلی واحدی^۲، محمدرضا باقری^۳، محمدامین سمیع^۴، زریب سعیدی^۵، زهره امامی بیستگانی^۶

۱- دانشجوی دکتری، دانشیار، گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

۳- ۶- استادیار، استادیار، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، اصفهان، ایران.

۴- استاد، گروه گیاه پزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر رفسنجان، رفسنجان، ایران.

۵- استاد، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، ایران.

مسئول مکاتبات: حسعلی واحدی، ایمیل: vnassah@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۰۳

۱۱۲-۹۹ (۱۲)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۱۹

چکیده

سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* (Hem: Aleyrodidae) یکی از آفات مهم در سبزیجات و گیاهان زینتی به شمار می‌رود. در این پژوهش، اثرات کشندگی و زیر کشندگی اسانس‌های پنج گیاه دارویی شامل آویشن دناپی (*Thymus daenensis*) در غلظت‌های ۱۶، ۳۱، ۲۵، ۶۲/۵، ۱۲۵ و ۲۵۰ ppm با بونه (*Matricaria chamomilla*) و نعناع فلفلی (*Mentha piperita*) در غلظت‌های ۸۱/۲۵، ۱۶۲/۵، ۳۲۵، ۷۵۰ و ۱۵۰۰ ppm، بومادران (*Achillea millefolium*) در غلظت‌های ۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ ppm و رزماری (*Rosmarinus officinalis*) در غلظت‌های ۱۶۲/۵، ۳۲۵، ۷۵۰، ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ ppm بر مراحل مختلف رشدی سفیدبالک گلخانه، شامل حشرات کامل و پوره‌ها، در شرایط آزمایشگاهی و گلخانه‌ای بررسی شد. به این منظور کلنی سفیدبالک روی گیاه بادمجان پرورش داده شد. اثر حشره کشی اسانس‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی و در پنج غلظت مختلف که با آزمایش‌های مقدماتی تعیین شده بود، روی حشرات کامل هم‌سن ارزیابی شد. به منظور بررسی تاثیر اسانس‌ها بر مرحله نابالغ آفت در شرایط آزمایشگاهی، برگ‌های گیاه آلوده به پوره‌ها به مدت ۵ ثانیه در غلظت‌های مختلف اسانس گیاهان مورد نظر و شاهد (محلول آب مقطر + ۲ درصد توئین ۸۰) غوطه‌ور شده و سپس به مدت سه ساعت در هوای آزاد خشک و به دنبال آن به مدت یک هفته در قفس‌های برگ‌نگهداری شدند تا بالغین ظاهر شوند. در این مدت، تعداد حشرات بالغ شمارش و ثبت شد. حشرات بالغ یک روزه سفیدبالک خارج شده در تیمارهای مختلف روی گیاهان بادمجان در گلخانه و در قفس‌های برگ‌نگهداری و پس از دو هفته حشرات بالغ حذف و تعداد تخم گذاشته شده و پوره‌های خارج شده از تخم شمارش و ثبت شد. نتایج در آزمایشگاه نشان داد که بیشترین و کمترین درصد کارایی به ترتیب در اسانس رزماری با غلظت‌های ۳۰۰۰ ppm (۹۷/۵۹ ± ۱/۱۱) و ۷۵۰ ppm (۹۷/۵۹ ± ۱/۱۱) و اسانس آویشن با غلظت ۲۵۰ ppm (۳۷/۵۸ ± ۱۴/۱۸) مشاهده شد. بررسی‌ها در گلخانه، حاکی از آن بود که همه اسانس‌های آزمایش شده دارای اثرات معنی‌دار بر تخم‌ریزی، پوره‌زایی و در نهایت کاهش کل جمعیت سفیدبالک بودند. در میان تیمارها، کمترین و بیشترین میانگین تخم‌ریزی به‌ازای هر ماده، به ترتیب در تیمارهای بونه (۰/۱۵ ± ۰/۴۸) و رزماری (۲/۳۵ ± ۰/۱۴) ثبت شد. همچنین کمترین و بیشترین پوره‌زایی به ترتیب در اسانس آویشن (۰/۱۸ ± ۰/۰۱) و بونه (۳/۹۰ ± ۰/۴۷) مشاهده شد. در ارزیابی کلی، اسانس بومادران کمترین (۰/۵۷ ± ۰/۲۷) و اسانس بونه بدون اینکه اختلاف معنی‌دار باشد، بیشترین (۳/۹۰ ± ۰/۴۵) اثر کاهش‌دهنده بر جمعیت آفت را داشتند. با توجه به یافته‌های این پژوهش،

اسانس‌های گیاهی مورد بررسی می‌توانند دارای پتانسیل مناسبی در کنترل سفیدبالک گلخانه بوده و به‌عنوان ترکیبات ایمن و سازگار با محیط زیست در چارچوب مدیریت تلفیقی این آفت مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: زیست‌سنجی، عصاره‌ی گیاهی، کارایی سموم، مدیریت تلفیقی آفات، حشره‌کش‌های گیاهی

مقدمه

سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* (Hem: Alleyrodidae) (Westwood, 1856) یکی از آفات کلیدی محصولات گلخانه‌ای در سراسر جهان محسوب می‌شوند. سفیدبالک‌ها دارای دامنه‌ی میزبانی وسیعی هستند که هم گیاهان خودرو و هم گیاهان زراعی را شامل می‌شود. بسیاری از محصولات باغی و گلخانه‌ای از جمله گوجه‌فرنگی، فلفل، خیار، لوبیا، کدو، بادمجان، هندوانه و فلفل دلمه‌ای از میزبان‌های بسیار حساس به این آفت به‌شمار می‌روند (Khan & Winski, 2024). گستره‌ی میزبانی وسیع این آفات که بیش از ۸۵۰ گونه گیاهی را شامل می‌شود، بیانگر سازگاری بالای آن با شرایط اقلیمی متنوع و تهدیدی جدی برای تولید پایدار محصولات کشاورزی است. آنها با تغذیه از شیره گیاهی، ترشح عسلک، ایجاد کپک دوده‌ای و همچنین انتقال ویروس‌های گیاهی، خسارت‌های مستقیم و غیرمستقیم فراوانی را وارد می‌کند. 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 که این امر موجب کاهش کارایی کنترل شیمیایی، آلودگی محیط زیست و نابودی دشمنان طبیعی گردیده است (Dai et al., 2024; Dearlove et al., 2024). در کشاورزی نوین، به‌منظور کاهش آثار سوء آفت‌کش‌های شیمیایی، بهره‌گیری از حشره‌کش‌های زیستی و ترکیبات گیاهی مورد توجه قرار گرفته است. در این میان، حشره‌کش‌های گیاهی به‌عنوان ترکیباتی با منشأ طبیعی و عاری از خطرات زیست‌محیطی، جایگزین مناسبی برای آفت‌کش‌های شیمیایی در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات (IPM) محسوب می‌شوند (Shu et al., 2018). امروزه محصولاتی بر پایه عصاره درخت

چریش و اسانس‌های گیاهی مانند میخک، رزماری، نعناع فلفلی، دارچین، لیمو و آویشن در مدیریت آفات زراعی، گلخانه‌ای و بهداشتی تولید و تجاری‌سازی شده‌اند (Isman, 2010). آزادی‌راختن به‌عنوان یک ماده ضد تغذیه، دورکننده و تنظیم‌کننده رشد در حشرات گیاه‌خوار به‌ویژه سفیدبالک‌ها شناخته شده و دارای اثرات رفتاری و فیزیولوژیکی متعددی مانند مهار رشد، تداخل در تولیدمثل و اختلال در سنتز هورمون جوانی است (Nikakhtar et al., 2022). این ترکیب همچنین می‌تواند بر واکنش‌های دفاعی سیستم ایمنی حشرات تأثیر منفی داشته (Amaral et al., 2019; Aylin, 2022) و در مدیریت سفیدبالک‌ها، همراه با آفت‌کش‌های ایمیداکلوپراید و اسپیرومسین، عملکرد مؤثری داشته باشد (Deeksha et al., 2023).

در سال‌های اخیر بخش قابل توجهی از پژوهش‌ها بر آفت‌کش‌های زیست‌سازگار متمرکز گردیده است (Isman et al., 2011). بیشتر پژوهش‌های انجام‌شده در ایران پیرامون اثرات حشره‌کشی اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی، عمدتاً بر ترکیبات خالص یا محلول در حلال‌ها متمرکز بوده و کمتر به توسعه فرمولاسیون تجاری پرداخته شده است (Ail-Catzim et al., 2015; Jafarbeigi et al., 2012; Yarahmadi et al., 2012). مطالعات متعدد اثرگذاری حشره‌کش‌های گیاهی (مانند سیرینول، پالیزین و تند اکسیر) و شیمیایی (مانند ایمیداکلوپراید) را روی سفیدبالک گلخانه (*T. vaporariorum*) و همچنین سن شکارگر آن، *Macrolophus caliginosus* Warner, 1951 در شرایط آزمایشگاهی و گلخانه‌ای مورد ارزیابی قرار داده‌اند. این بررسی‌ها تفاوت معنی‌داری میان غلظت‌های مختلف ایمیداکلوپراید و سایر ترکیبات 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).

گیاهی است. پژوهش حاضر با هدف کاهش وابستگی به آفت کش‌های شیمیایی، پیشگیری از بروز مقاومت آفات به آفت کش‌ها و کاهش آسیب‌های زیست محیطی، طی سال‌های ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ اجرا شده است.

مواد و روش‌ها

گیاهان مورد مطالعه

پنج گیاه در نظر گرفته شده برای انجام این آزمایش، شامل آویشن دنايي، *Thymus daenensis* (Celak); بابونه، *Achillea Matricaria chamomilla* L.؛ بومادران، *millefolium* L.؛ نعناع فلفلی، *Menta piperita* L. و رزماری، *Rosmarinus officinalis* L. از مزارع گیاهان دارویی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان تهیه شدند.

گیاه میزبان

گیاه بادمجان (*Solanum melongena* L. (Solanaceae) (رقم تجاری Lango) به عنوان گیاه میزبان سفیدبالک گلخانه در گلخانه‌های تحقیقاتی بخش تحقیقات گیاه پزشکی استان چهارمحال و بختیاری مورد استفاده قرار گرفت بذور بادمجان پس از خیساندن در آب به منظور جوانه زنی (به مدت ۲۴ ساعت) در گلدان‌های پلاستیکی به ابعاد ۱۵×۱۰ سانتی متر حاوی نسبت مساوی پرلیت و کوکو پیت کشت شد. به منظور حفظ کلنی سفیدبالک به صورت مداوم گلدان‌های جدید در محیط عاری از سفیدبالک‌ها کاشته و برای آزمایش‌ها آلوده سازی شد. گیاهان در شرایط یکسان با دمای ۲۷±۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰±۶۰ درصد و نور طبیعی نگهداری شد.

پرورش سفیدبالک گلخانه

نمونه‌های پوره‌های سن چهارم و سفیره سفیدبالک از گلخانه‌های تجاری استان چهارمحال و بختیاری جمع‌آوری و در اتاقک‌های رشد در شرایط ۲۵±۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد و دوره نوری ۸:۱۶ (روشنایی: تاریکی) تا رسیدن به مرحله حشرات بالغ نگهداری شدند. پس از ظاهر شدن حشرات بالغ و تایید گونه، حشرات نر و

افزون‌براین، در مطالعات متعددی اثرات کشندگی، زیرکشندگی، بازدارندگی تخم‌ریزی، و دافعه اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهانی نظیر آویشن دنايي، بومادران، بابونه، پونه کوهی، نعناع فلفلی، و رزماری بر آفات مختلف مانند سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum*، شته جالیز *Aphis gossypii* Glover, 1877، پسیل پسته *Agonoscena pistaciae* Burkhardt, 1987 و کنه تارتن دو لکه‌ای *Tetranychus urticae* Koch, 1836 بررسی شده است. 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; García-Farahani et al., 2020; Dehghani & Ahmadi, 2013; Pereyra et al., 2021).

در برخی موارد، ترکیبات گیاهی همراه با ورمی کمپوست یا کشت ارقام مقاوم، اثربخشی بهتری در کنترل آفات از خود نشان داده‌اند (Sedaghat Baf et al., 2020; Samareh Fekri et al., 2014). همچنین، نانوفرمولاسیون برخی اسانس‌ها مانند پونه کوهی و نعناع فلفلی توانسته‌اند اثرات کشندگی و زیرکشندگی خود را نسبت به فرم خالص به‌طور معناداری افزایش دهند (Sharifiyan et al., 2024; Sarboland et al., 2025).

اگرچه اثرات حشره کشی، اسانس برخی از گیاهان پیشنهادی روی گونه‌های مشابه مثل *Bemesia tabaci* (Gennadius) (Hem: Aleyrodidae) مطالعه شده ولی گزارشی که تاثیر ۵ گیاه انتخاب شده برای این آزمایش را به طور همزمان روی حشره سفیدبالک گونه *T.vaporariorum* بررسی کرده باشد، منتشر نشده است. از سوی دیگر به دلیل تفاوت در شرایط اقلیمی محل جمع‌آوری گیاهان، احتمالاً میزان اسانس و ترکیبات آنها در گیاهان مورد بررسی در تحقیقات متفاوت است.

لذا با توجه به کنترل موفق سفیدبالک گلخانه از طریق استفاده توأم از دشمنان طبیعی و حشره کش‌های ایمن، بررسی کارایی حشره کش‌هایی با اثر حداقلی بر دشمنان طبیعی ضروری به نظر می‌رسد. مناسب‌ترین رویکرد در مدیریت این آفت، بهره‌گیری تلفیقی از روش‌های زیستی و

تمام غلظت‌ها و n برابر با تعداد غلظت‌ها می‌باشد (Talebi Jahromi, 2011).

اثر حشره‌کشی اسانس‌های گیاهی در پنج غلظت به دست آمده از آزمایش‌های مقدماتی روی حشرات کامل هم سن سفیدبالک بررسی شد. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۸ تکرار اجرا شد. محلول ۲ درصد توئین ۸۰ در آب مقطر به عنوان شاهد مورد استفاده قرار گرفت. به منظور یکنواختی محلول تیمارها نیز از محلول ۲ درصد توئین ۸۰ استفاده شد (Ateyyat et al., 2009; Irannezhad et al., 2012; Nikakhtar et al., 2022).

آزمایش‌های زیست‌سنجی

سمیت حشره‌کش‌ها برای مرحله نابالغ سفیدبالک

پوره‌ها و شفیره‌های سفیدبالک به مدت ۵ ثانیه در محلول‌های اسانس و شاهد غوطه‌ور شدند (Sheikhi Garjan et al., 2005; Honarmand et al., 2018) و پس از آن به مدت سه ساعت در هوای آزاد خشک و سپس به مدت یک هفته تا زمان خروج حشرات بالغ در قفس‌های برگی نگهداری شدند. در این مدت تعداد بالغین شمارش و ثبت شدند. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۰ تکرار انجام شد. در این آزمایش مرحله نابالغ شامل پوره و شفیره بود. برای تعیین درصد تلفات آفت‌کش‌های شیمیایی از فرمول (۲) هندرسون-تیلتون (۱۹۵۵) استفاده شد.

$$\text{فرمول (۲)} \quad \text{Mortality (\%)} = \left(1 - \frac{C_b T_a}{C_a T_b}\right) \times 100$$

فرمول هندرسون-تیلتون بر اساس تعداد حشرات زنده: به ترتیب تعداد حشرات زنده شاهد پیش از محلول‌پاشی (C_a) و تعداد حشرات زنده پس از محلول‌پاشی (T_a) و تعداد حشرات زنده در شاهد پس از محلول‌پاشی (C_b) و تعداد حشرات زنده در تیمار پیش از محلول‌پاشی (T_b) بود.

تعیین میزان باروری و زادآوری حشرات کامل سفیدبالک گلخانه

به این منظور حشرات کامل یک روزه سفیدبالک خارج شده در تیمارهای مختلف روی گیاهان بادمجان و در قفس‌های برگی رهاسازی و پس از دو هفته حشرات کامل

ماده برای ایجاد کلنی روی بوته‌های بادمجان رهاسازی شد. بوته‌های آلوده داخل قفس‌ها قرار داده شد.

اسانس‌گیری از گیاهان مورد مطالعه

به منظور خشک کردن گیاهان از روش خشکاندن در سایه با تهویه استفاده شد. گیاهان خشک شده با استفاده از دستگاه تقطیر با بخار آب (Clevenger)، اسانس‌گیری شد. اسانس‌گیری در آزمایشگاه بخش خاک‌شناسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. در این روش مقدار ۸۰-۶۰ گرم از اندام هوایی گیاهان مورد مطالعه خشک، در آسیاب خرد و درون بالن ریخته شد. سپس به محتویات داخل بالن آب مقطر اضافه شد تا حدی که سطح گیاه را کاملاً بپوشاند. سپس، با تنظیم دما و سرعت عبور آب سرد از خنک‌کننده، تقطیر نمونه‌ها انجام شد. اسانس جمع‌آوری شده با کمک سولفات سدیم آب‌گیری و تا زمان استفاده در ظروف در بسته، شیشه‌ای تیره رنگ در دمای ۴ درجه سلسیوس، در یخچال نگهداری شد (Shahkarami et al., 2009; Sefidkon et al., 2007). از هر اسانس گیاهی به مقدار ۲۰-۱۰ سی‌سی تهیه شد.

آزمایش‌های تاثیر اسانس‌های گیاهی روی حشره کامل سفیدبالک گلخانه

با استفاده از نتایج به دست آمده از آزمایش‌های مقدماتی، غلظت‌های مورد نیاز برای انجام آزمایش‌های زیست‌سنجی روی حشرات کامل سفیدبالک گلخانه تعیین شدند. در این آزمون‌ها غلظتی که ۵ درصد تلفات ایجاد کند به عنوان پایین‌ترین دُز و غلظتی که ۹۵ درصد تلفات را ایجاد کند به عنوان بالاترین دُز مؤثر برای انجام آزمایش‌های اصلی انتخاب شد. دوزهای بین آن‌ها نیز از طریق قرار دادن در فرمول (۱) در فاصله لگاریتمی به دست آمد.

$$\text{فرمول (۱)} \quad a = \frac{\log A - \log E}{n-1}$$

B = Anti log (logA-a)

C = Anti log (logA-2a)

D = Anti log (logA-3a)

A و E به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین غلظت‌ها، B، C و D غلظت‌های بین آن‌ها هستند. همچنین a مقدار ثابت برای

اسانس آویشن با غلظت ۲۵۰ ppm، به میزان ۵۸/۳۷ درصد بود (جدول شماره ۱).

اثر غلظت‌های مختلف اسانس‌های پنج گیاه بر نتاج (تولید تخم به ازای هر ماده، تولید پوره به ازای هر ماده، تولید کل جمعیت به ازای هر ماده) سفیدبالک گلخانه در شرایط گلخانه

بر اساس نتایج به دست آمده درصد اسانس‌های مختلف گیاهی بر نتاج (تولید تخم به ازای هر ماده) $p=0/001$ و $f=8/841$ و $df=25$ و روی پوره‌ها $p=0/0001$ و $f=3/598$ و $df=25$ و روی کل جمعیت $p=0/0001$ و $f=3/598$ و $df=25$ معنی‌دار می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین میزان تخم‌ریزی به ازای هر ماده در بابونه با غلظت ۷۵۰ ppm $(0/15 \pm 0/04)$ و بیشترین میزان در رزماری با غلظت ۳۲۵ ppm وجود داشت $(2/35 \pm 0/14)$ که با شاهد $(1/26 \pm 0/04)$ دارای اختلاف معنی‌داری بود. همچنین کمترین پوره‌زائی به ازای هر ماده در آویشن با غلظت ۲۵۰ ppm $(0/18 \pm 0/01)$ و بیشترین پوره‌زائی به ازای هر ماده در شاهد $(4/49 \pm 0/63)$ و پس از آن در بابونه ۷۵۰ ppm مشاهده شد $(3/90 \pm 0/47)$. کمترین اثر اسانس در کل جمعیت به ازای هر ماده در بومادران ۲۵۰ ppm $(0/57 \pm 0/27)$ و بیشترین بعد از شاهد $(4/75 \pm 1/09)$ در بابونه با غلظت ۷۵۰ ppm $(3/90 \pm 0/45)$ ثبت شد (جدول ۲).

حذف و تعداد تخم گذاشته شده و پوره‌های خارج شده از تخم شمارش و ثبت شد.

تحلیل داده‌های تاثیر اسانس‌های گیاهی روی سفیدبالک گلخانه

پس از تبدیل داده‌ها به روش $\text{Sin}(\sqrt{x} + 1)$ با استفاده از برنامه SPSS (Ver. 19.0.0) تجزیه واریانس انجام و مقایسه‌ها و گروه‌بندی میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی یا آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد (Celik et al., 2022).

نتایج

درصد کارائی اسانس‌های پنج گیاه روی تلفات مراحل نابالغ و خروج حشرات کامل سفیدبالک گلخانه در شرایط آزمایشگاه

تجزیه واریانس درصد کارائی اسانس‌های پنج گیاه روی تلفات مراحل نابالغ و خروج حشرات کامل، نشان داد تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار هستند $p=0/0001$ و $f=7/650$ و $df=24$. همچنین مقایسه میانگین درصد کارائی پنج اسانس گیاهی روی سفیدبالک گلخانه در اثر کاربرد غلظت‌های مختلف اسانس‌های گیاهی، اختلاف معنی‌داری نشان داد که مقایسه میانگین آن‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. به طور کلی در تحقیق کنونی، بیشترین و کمترین درصد کارائی اسانس‌ها به ترتیب مربوط به اسانس رزماری در غلظت ۷۵۰ ppm و ۳۰۰۰ ppm، به میزان ۹۷/۵۹ درصد و

جدول ۱- مقایسه میانگین (Mean±SE) درصد کارائی اسانس‌های پنج گیاه روی تلفات مراحل نابالغ و خروج حشرات کامل سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* در شرایط آزمایشگاه

Table2. Mean comparison of efficacy percentage of five plant essential oils on the mortality of immature stages and adult emergence of *Trialeurodes vaporariorum* under laboratory conditions

Plant essential oil	Concentration (ppm)	Mean efficacy (%)
<i>Thymus daenensis</i>	16	43.67± 4.46 ^{bcd}
	31.25	43.26± 12.64 ^{bcd}
	62.5	38.53± 4.62 ^{cd}
	125	41.03± 15.85 ^{cd}
	250	37.58± 14.18 ^d
<i>Matricaria chamomilla</i>	81.25	76.41± 7.87 ^{abcd}
	162.5	75.32± 1.36 ^{abcd}
	325	84.33± 4.89 ^a
	750	89.31± 2.46 ^a
	1500	97.15 ± 1.18 ^a
<i>Achilla millefolium</i>	125	80/58 ± 8.21 ^{ab}
	250	85.77± 7.09 ^a
	500	86.75± 7.55 ^a
	1000	93.66± 3.94 ^a
	2000	77.65± 14.12 ^{abc}
<i>Menta piperita</i>	81.25	73.43± 7.52 ^{abcd}
	162.5	75.28± 5.25 ^{abcd}
	325	75.03± 8.53 ^{abcd}
	750	88.63± 3.83 ^a
	1500	95.28± 0.76 ^a
<i>Rosmarinus officinalis</i>	162.5	92.20± 1.85 ^a
	325	92.39± 4.95 ^a
	750	97.59± 1.11 ^a
	1500	97.23± 0.98 ^a
	3000	97.59± 1.11 ^a

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

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف اسانس‌های پنج گیاه بر نتاج (تولید تخم به ازای هر ماده، تولید پوره به ازای هر ماده، تولید کل جمعیت به ازای هر ماده) سفیدبالک گلخانه در شرایط گلخانه

Table 4. Mean comparison of the effects of different concentrations of five plant essential oils on the progeny traits (egg production per female, nymph production per female, and total population per female) of *Trialeurodes vaporariorum* under greenhouse conditions

Plant essential oil	Concentration (ppm)	Egg/ Female	Nymph/ Female	Total population/ Female
<i>Thymus daenensis</i>	16	1.08± 0.33 ^{bcd}	0.98± 0.085 ^{cd}	2.06± 0.42 ^{bcd}
	31.25	1.01± 0.48 ^{bcd}	0.51± 0.18 ^{cd}	1.06± 0.42 ^{cd}
	62.5	0.56± 0.046 ^{bcd}	0.57± 0.14 ^{cd}	1.14± 0.18 ^{cd}
	125	0.40± 0.22 ^{bcd}	0.26± 0.098 ^d	0.67± 0.31 ^{df}
	250	0.19± 0.02 ^d	0.18± 0.01 ^d	0.76± 0.22 ^{df}
<i>Matricaria chamomilla</i>	81.25	1.37± 0.75 ^b	0.86± 0.42 ^{cd}	1.43± 0.43 ^{cd}
	162.5	0.81± 0.49 ^{bcd}	1.38± 0.72 ^{bcd}	2.31± 0.87 ^{bcd}
	325	0.32± 0.15 ^{cd}	2.40± 0.69 ^b	3.80± 0.23 ^{ab}
	750	0.15± 0.048 ^d	3.90± 0.47 ^a	3.90± 0.45 ^{ab}
	1500	1± 0.000001 ^{bcd}	1± 0.000001 ^{cd}	2± 0.000001 ^{bcd}
<i>Achilla millefolium</i>	125	0.26± 0.1 ^{cd}	0.53± 0.40 ^{cd}	1.16± 0.84 ^{cd}
	250	0.28± 0.13 ^{cd}	0.28± 0.13 ^d	0.57± 0.27 ^d
	500	0.94± 0.45 ^{bcd}	1.78± 0.58 ^{bc}	2.73± 0.36 ^{bcd}
	1000	0.56± 0.25 ^{bcd}	1.90± 0.52 ^{bc}	2.46± 0.27 ^{bcd}
	2000	0.63± 0.30 ^{bcd}	1.08± 0.048 ^{bcd}	1.60± 0.23 ^{cd}
<i>Menta piperita</i>	81.25	0.75± 0.32 ^{bcd}	0.76± 0.33 ^{cd}	1.51± 0.65 ^{cd}
	162.5	0.56± 0.27 ^{bcd}	1.03± 0.23 ^{cd}	1.59± 0.18 ^{cd}
	325	0.55± 0.028 ^{bcd}	0.98± 0.22 ^{cd}	1.70± 0.29 ^{cd}
	750	0.98± 0.67 ^{bcd}	1.93± 0.22 ^{bc}	2.26± 0.19 ^{bcd}
	1500	0.52± 0.24 ^{bcd}	0.80± 0.11 ^{cd}	1.51± 0.28 ^{cd}
<i>Rosmarinus officinalis</i>	162.5	1.102± 0.20 ^{bcd}	0.58± 0.12 ^{cd}	2± 0.28 ^{bcd}
	325	2.35± 0.14 ^a	0.22± 0.014 ^d	3.11± 0.18 ^{abc}
	750	0.21± 0.067 ^d	0.35± 0.14 ^d	1.45± 0.72 ^{cd}
	1500	0.43± 0.14 ^{bcd}	0.72± 0.41 ^{cd}	1.15± 0.55 ^{cd}
	3000	0.72± 0.16 ^{bcd}	0.56± 0.25 ^{cd}	1.43± 0.32 ^{cd}
Control		1.26± 0.004 ^{bc}	4.49± 0.63 ^a	4.75± 1.09 ^a

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

بحث

بررسی درصد کارائی اسانس‌ها در تحقیق حاضر نشان داد که همه اسانس‌های گیاهی مورد بررسی دارای تأثیر معنی‌دار روی تلفات مراحل نابالغ و خروج حشرات کامل سفیدبالک گلخانه (*T. vaporarium*) بودند، اما مقادیر آن‌ها با یکدیگر متفاوت بود. به طوری که اسانس رزماری و بابونه دارای بیشترین درصد کارائی بودند. درصد کارائی در اسانس‌های مورد مطالعه در این تحقیق، با غلظت آن‌ها رابطه مستقیم داشت. به نحوی که در اسانس رزماری، نعنای فلفلی و بابونه و بومادران تأثیر افزایش غلظت در افزایش کارائی اسانس‌ها و کشندگی آن‌ها مشاهده شد. این یافته‌ها با نتایج مطالعات متعدد همخوانی دارد که نشان‌دهنده افزایش اثر کشندگی و دورکنندگی با افزایش غلظت اسانس‌های گیاهی است. برای مثال، در پژوهشی روی اثر اسانس رزماری، *R. officinalis* و عصاره‌های گیاهی گل‌ماهور، *Verbascum cheiranthifolium* Boiss., 1844 و *Chrysanthemum cinerariaefolium* (Trevir.) Vis., 1842 بر سفیدبالک گلخانه‌ای روی بوته‌های گوجه‌فرنگی، بیشترین مرگ‌ومیر پس از ۷۲ ساعت برای رزماری (۱۰۰ درصد) گزارش شد، که این اثر با افزایش زمان و غلظت افزایش یافت (Şanlı et al., 2020). همچنین عصاره بابونه همراه با روغن نیم، *Azadirachta indica* A. Juss. 1830 و لچوگویا، *Agave lechuguilla* Torrey 1859 نرخ مرگ و میر حدود ۶۰ درصد در سفیدبالک گوجه‌فرنگی ایجاد کرد، که نشان‌دهنده پتانسیل ترکیبی اسانس‌ها در غلظت‌های بالاتر است (García-Pereyra et al., 2021). این نتایج می‌تواند به ترکیبات فعال مانند رزماریتیک اسید در رزماری و بیزابولول در بابونه نسبت داده شود، که باعث اختلال در سیستم عصبی و تنفسی حشرات می‌شوند (Mutua et al., 2024; Al-Ghanim et al., 2023). با این حال، تفاوت کلیدی تحقیق فعلی با این مطالعات در مقایسه همزمان پنج اسانس گیاهی خالص (آویشن دنبایی، بابونه، نعنای فلفلی، بومادران و رزماری) است، درحالی‌که مطالعات مذکور اغلب روی یک یا دو اسانس تمرکز دارند و اثرات زیرکشنده مانند کاهش جمعیت نسل بعدی را کمتر پوشش

می‌دهند. علاوه بر این، گیاه میزبان در تحقیق کنونی بادمجان بود، که با میزبان‌های دیگر مانند گوجه‌فرنگی تفاوت دارد و می‌تواند بر حساسیت آفت تأثیرگذار باشد. برای درک بهتر مکانیسم عمل، مطالعات نشان می‌دهند که اسانس‌های گیاهی اغلب از طریق فاز بخار عمل می‌کنند و از راه سیستم تنفسی نفوذ می‌کنند، که منجر به مرگ تخم‌ها (با تغییر رنگ و عدم خروج)، پوره‌ها (عدم تکمیل پوست‌اندازی) و بالغین (عدم حرکت) می‌شود. این مکانیسم تدخینی در ۵۳ اسانس گیاهی مختلف، از جمله برگ‌بو (*Laurus nobilis*) (L. 1753)، زیره سیاه (*Carum carvi* L.) و نعنای (*Menthe* spp.) علیه مراحل مختلف *T. vaporariorum* مشاهده شده است (Choi et al., 2003).

در تحقیقات دیگر، اسانس‌های آویشن و رزماری روی حشرات بالغ سفیدبالک پنبه، *Bemisia tabaci* (Genn.) دورکننده بودند و مرگ‌ومیر در غلظت‌های متفاوت ایجاد کردند (Al-Mazraawi & Ateyyat, 2009; Serkaya et al., 2010). همچنین، اسانس رزماری در آزمون‌های رفتاری علیه شته مومی کلم (*Brevicoryne brassicae* L., 1758) خاصیت دورکنندگی نشان داد و شته‌ها زمان بیشتری را در بازوهای آلفکتومتر حاوی بوی کلم سپری کردند و از بوی رزماری اجتناب نمودند (Mutua et al., 2024). در مطالعه‌ای مشابه، اسانس رزماری و ترکیبات آن سمیت تماسی قوی علیه مورچه سنگاپوری (*Trichomyrmex destructor* J. Roger, 1859) داشت و مرگ‌ومیر ۸۰ تا ۹۰ درصد در ۱۲ ساعت ایجاد کرد (Kafle & Chung, 2025). این اثرات می‌تواند ناشی از ترکیبات فرار مانند کامفور و سینئول در رزماری باشد که به عنوان مهارکننده‌های آنزیم‌های کلیدی در حشرات عمل می‌کنند. در مورد بابونه، اسانس آن در آزمون‌های تماسی مرگ‌ومیر کامل (۱۰۰ درصد) در گونه‌های شپشک گندم (*Sitophilus granarius*) (L. 1758) و شپشک برنج (*Sitophilus oryzae* L., 1763) ایجاد کرد و اثر تخم‌کشی متوسط داشت (Alkan et al., 2024). همچنین، تأثیر اسانس بابونه بر تخم‌ریزی و مورچه‌های آتشین (*Solenopsis* spp.) نشان داد، که α -بیزابولول نقش کلیدی در آن ایفا می‌کند (Shah et al.,

نعناع فلفلی و اکالیپتوس بازدارندگی تخم‌ریزی و کشندگی روی سفیدبالک پنبه (*B. tabaci*) نشان داد و تیمار نانو سمیت بالاتری داشت (Bolandnazar et al., 2018). همچنین، بر اساس گزارشات، که اسانس آویشن دنیایی روی شته جالیز (*Aphis gossypii* Glover, 1877) حدود ۴۹/۴۶ درصد اثر بازدارندگی تولیدمثل پوره‌ها را نشان داد (Zamani Verdi et al., 2019). در مورد بومادران، عصاره آبی آن بازدارندگی تخم‌گذاری ۸۷/۶۲ درصد و دورکنندگی ۵۴/۵۲ درصد علیه سفیدبالک گلخانه‌ای داشت (Dehghani & Ahmadi, 2013). این اثرات زیرکشنده، مشابه با اثرات آزادیراختین در نیم (*Neem*) می‌تواند به اختلال در هورمون‌های تولیدمثلی و تغذیه حشرات نسبت داده شود (Nikakhtar et al., 2022). تفاوت برجسته تحقیق فعلی با این مطالعات در استفاده از اسانس‌های خالص بدون فرمولاسیون نانو یا ترکیبی است؛ همچنین، در تحقیق کنونی پنج گیاه را همزمان مقایسه کردیم و اثرات روی تمام مراحل رشدی (از تخم تا جمعیت نسل بعدی) را در گیاه بادمجان ارزیابی کردیم، در حالی که مطالعاتی مانند (Sharifiyan et al., 2024) روی عسلک پنبه (*B. tabaci*)، روی یک گیاه و نانوفرم تمرکز دارد و همین عوامل می‌تواند دلیل تفاوت در نتایج به‌دست آمده باشد. نانوفرمولاسیون *Mentha pulegium* L. 1753 با ترکیب اصلی *pulegone*، از طریق تماسی و تدخینی عمل می‌کند و اثرات مهاری روی فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند *ecdysis* و فعالیت *acetylcholinesterase* ایجاد می‌کند، که منجر به طولانی شدن زمان رشد، کاهش بقا، طول عمر و باروری می‌شود. همچنین، عصاره‌های *Acroptilon repens* L. 1763 (شبیه به بومادران) با ترکیباتی مانند *flavonoids* و *sesquiterpenes*، اختلال در تنظیم هورمونی و سیگنالینگ عصبی ایجاد می‌کنند، که زمان نسل را طولانی و پارامترهای رشد جمعیت را کاهش می‌دهد. مطالعات اخیر نشان می‌دهند که اسانس‌های گیاهی می‌توانند اثرات هورمیتیک (جذب در غلظت پایین و دفع در بالا) روی رفتار حشرات داشته باشند، که این امر در تحقیق ما با رابطه مستقیم غلظت و کارایی همخوانی دارد. همچنین، بررسی

(2023). در مقایسه، اسانس بومادران (*A. millefolium*) خاصیت دورکنندگی و حشره‌کشی تماسی علیه آفات انباری مانند شپشک گندم داشت (Alkan, 2020)، که با نتایج ما در کاهش جمعیت کلی همخوانی دارد. در مورد مکانیسم اثر اسانس‌ها نیز تحقیقات زیادی انجام شده است. از جمله؛ اسانس *Litsea cubeba* (Lour.) Pers., 1790 و ترکیب اصلی آن *citral*، عمدتاً از طریق تدخین عمل می‌کنند و مرگ بالغین (تا ۹۰ درصد) و کاهش تخم‌گذاری (تا ۹۸ درصد) را ایجاد می‌کنند، اما روی تخم‌ها و لاروها اثر سمی مستقیم ندارند و در غلظت‌های پایین اثر دورکنندگی دارند (Stepanycheva et al., 2022). همچنین، اسانس‌های *Asteraceae* مانند *Eupatorium buniifolium* Hook. Ex Arn., 1836 *Artemisia absinthium* L. 1753، غنی از *sesquiterpenes* و β -thujone، علیه بالغین سفیدبالک سمیت ایجاد می‌کنند، در حالیکه به زنبورهای عسل یا محصول گوجه‌فرنگی آسیب نمی‌زنند که نشان‌دهنده مکانیسم انتخابی ترکیبات مذکور است (Umpiérrez et al., 2017). نتایج حاصل از داده‌های به‌دست آمده از اثر روی تخم‌ریزی و زادآوری سفیدبالک گلخانه نشان داد که همه اسانس‌های مورد بررسی در تحقیق کنونی، روی تخم‌ریزی، پوره‌زایی و در کل جمعیت مؤثر هستند و بین غلظت‌های مختلف اسانس‌ها اختلاف معنی‌دار وجود داشت. کمترین میزان تخم‌ریزی به‌ازای هر ماده در بابونه ($p=0/05$) و بیشترین اسانس رزماری ($p=0/0001$) بود. کمترین پوره‌زایی به‌ازای هر ماده در اسانس آویشن ($p=0/0001$) و بیشترین در اسانس بابونه ($p=0/0001$) مشاهده شد. همچنین، بدون اختلاف معنی‌دار، کمترین اثر در کل جمعیت مربوط به بومادران ($p=0/02$) و بیشترین اثر اسانس بابونه ($p=0/09$) بود. این یافته‌ها با مطالعات زیرکشنندگی همخوانی دارد؛ برای مثال، نانوفرمولاسیون اسانس نعناع فلفلی (*M. piperita*) غلظت کشنده پایین‌تری (۳۳۷۵/۴۱ ppm) نسبت به فرم خالص (۴۵۳۶/۱۱ ppm) داشت و نرخ ذاتی رشد جمعیت را کاهش داد (Sharifiyan et al., 2024). در مطالعه‌ای دیگر، نانو و میکرومولسیون اسانس‌های رزماری،

فاکتورهای محیطی (دما، بارندگی، ارتفاع، ساعات تابش آفتاب و غیره) و منطقه جغرافیایی گسترش آن گونه، قسمتی از گیاه که استخراج اسانس از آن صورت می‌گیرد، روش‌های استخراج و سن آن قسمت گیاه و همچنین وجود نژادهای شیمیایی برای گونه‌های گیاهی متفاوت باشد (Al-mazra'awi & Atteyat, 2009; Mendoza-Garcia et al., 2014; Saedi et al., 2012).

در نهایت، با توجه به اثرات کشنده و زیرکشنده اسانس‌های گیاهی مورد بررسی، این ترکیبات پتانسیل بالایی برای استفاده در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات (IPM) دارند. پیشنهاد می‌شود تحقیقات آینده بر 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 محیط زیست کمک کند.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه رازی کرمانشاه، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و ختیاری و استان اصفهان به خاطر فراهم نمودن امکانات مالی و اجرایی این تحقیق، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

۵۳ اسانس گیاهی روی تخم، پوره و بالغین سفیدبالک گلخانه نشان داد که برخی اسانس‌ها (مانند اسانس *Laurelia sempervirens* Pav. & Ruiz, 1855) سمیت تدخینی بالایی دارند، لذا فاقد اثرات زیرکشندگی می‌باشند. تحقیق فعلی بر اثرات زیرکشندگی اسانس و قابلیت استفاده از این ترکیبات در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات تاکید دارد. علاوه بر این، تکنیک‌های کپسوله‌سازی اسانس‌ها می‌تواند کارایی آن‌ها را افزایش دهد (Choi et al., 2003).

نتایج کلی در این تحقیق نشان داد که درصد کارایی، دورکشندگی و اثر زیرکشنده اسانس‌های مورد بررسی با افزایش غلظت اسانس، افزایش یافت. اغلب محققان نیز افزایش غلظت را عامل مهمی در افزایش سمیت اسانس‌ها و ترکیبات گیاهی بیان کرده‌اند. حساسیت گونه‌های مختلف حشرات، وابسته به نوع اسانس یا غلظت‌های مختلف آن‌ها متفاوت است. تنوع زیاد در ترکیبات شیمیایی در جمعیت‌های مختلف گیاهان، به علت فاکتورهای جغرافیایی، ژنتیکی و محیطی می‌باشد. اختلاف در اثر سمیت اسانس‌های گیاهی به ترکیبات شیمیایی موجود در آن وابسته می‌باشد. همچنین اجزای تشکیل‌دهنده عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهی حتی در قسمت‌های مختلف یک گونه گیاهی و حتی در یک جنس گیاهی ممکن است به مقدار زیاد با هم متفاوت باشند. به علاوه، این امکان وجود دارد که ترکیبات اسانس یک گونه گیاهی خاص بر اساس

References

- Ail-Catzim, C.E., García-López, A., Troncoso-Rojas, R., González-Rodríguez, R.E. & Sánchez-Segura, Y. 2015. Insecticidal and repellent effect of extracts of *Pluchea sericea* (Nutt.) on adults of *Bemisia tabaci* (Genn.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* Vol. XXI, núm. 1, enero-abril, 33-41.
- 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*, 6(21): 55-63.
- 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(1): 85-93. DOI: 10.16955/bitkorb.674239.
- Alkan, M., Servi, H., Karakoç, Ö.C., Ertürk, S., Yücel, Y.Y. & Polatoğlu, K. 2024. Insecticidal and AChE inhibitory activities of *Matricaria chamomilla* var. *recutita* essential oils collected from different regions against storage insect pests. *Journal of Stored Products Research*, 102, 102439. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2024.102439>.
- Al-Ghanim, K.A., Krishnappa, K., Pandiyan, J., Nicoletti, M., Gurunathan, B. & Govindarajan, M. 2023. Insecticidal Potential of *Matricaria chamomilla*'s Essential Oil and Its Components (E)- β -Farnesene, Germacrene D, and α -Bisabolol Oxide A against Agricultural Pests, Malaria, and Zika Virus Vectors. *Agriculture*, 13, 779. <https://doi.org/10.3390/agriculture13040779>.

- 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.
- Amaral, K.D., Gandra, L.C., de Oliveira, M.A., de Souza, D.J. & Della Lucia, T.M.C. 2019. Effect of azadirachtin on mortality and immune response of leaf-cutting ants. *Ecotoxicology*, 28(10): 1190–1197. <https://doi.org/10.1007/s10646-019-02124-z>.
- Ateyyat, MA., Al-Mazra'awi, M., Abu-Rjai, T. & Shatnawi, MA. 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).
- Aylin, ER. 2022. Mortality, developmental biology and cellular immunity in *Achroia grisella* (Fabricius, 1749) (Lepidoptera: Pyralidae) larvae exposed to azadirachtin. *Turkish Journal of Entomology*, 46(4): 441–452. <https://doi.org/10.16970/entoted.1123238>.
- Bolandnazar, A., Ghadamyari, M., Memarzadeh, M. & Jalali sandi, J. 2018. Oviposition inhibitory and lethal effect of essential oils of rosemary, peppermint and eucalyptus and thyme extract, formulated as nano- and microemulsions, on *Bemisia tabaci* under greenhouse condition. *Journal of Entomological Society of Iran*, 38(1): 81–87.
- Celiktas, V., Out Borlu, H., Duzenli, S., Filiz, A. & Kece, A. 2022. Efficacy of the *Laurus nobilis* (Lauraceae) on Controlling of *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae). *KSU J. Agric Nat* 25(6): 1361–1368. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.866824>.
- Choi, W., Lee, E., Choi, B., Park, H. & Ahn, Y. 2003. Toxicity of Plant Essential Oils to *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology*, 96(5): 1479–1484.
- 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(1): 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(2). <https://doi.org/10.5530/pc.2013.2.2J>.
- Deeksha, Sood A.K & Ghongade D. 2023. Safety evaluation of natural products and insecticides to *Encarsia formosa* Gahan, an endoparasitoid of *Trialeurodes vaporariorum* Westwood.
- 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(1): 67–81. <https://doi.org/10.22073/pja.v9i1.55853>.
- Garcia 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*. [Doi: 10.15341/mese\(2333-2581\)/02.07.2021/003](https://doi.org/10.15341/mese(2333-2581)/02.07.2021/003).
- Honarmand, P., Dastjerdi, H.R., Ganbalani, G.N., Hassanpour, M. & Fathi, A.A. 2018. Impact of selected chemical and botanical insecticides on *Trissolcus grandis* (Hymenoptera: Platygasteridae), a parasitoid of *Eurygaster integriceps* (Hemiptera: Scutelleridae). *Journal of Entomological Science*, 53(4): 514–522.
- Hosseininia, A., Khanjani, M., Khoobdel, M. & Javadi Khederi, S. 2017. Comparison of the Efficiency of the Current Oils and Insecticide Compounds in Control of Greenhouse Whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), (Hem.: Aleyrodidae) on Rose and their Interaction. *Journal of Iranian Plant Protection*, 30(4): 718–726.
- Irannezhad, M.K., Samih, M.A., Talebi Jahromi, Kh. & 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(3): 316–326.
- Isman, M.B. 2010. Botanical insecticides, deterrents, repellents and oils, in B.P. Singh (ed.), in: *Industrial crops and uses. CAP International*, 433–445.
- Isman, M.B., Miresmailli, S. & Machial, C. 2011. Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. *Phytochemistry Reviews*, 10:197–204.
- 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(4): 375–380.
- Kafle, L. & Chung, AY. 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>.
- Mendoza- Garcia, E.E., Ortega- Arenas, D., Perez- Pacheco, R. & Rodríguez- Hernández, C. 2014. Repellency, toxicity and oviposition inhibition of vegetable extracts against greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae). Chilean Journal of Agricultural Research, 74(1): 41 - 48.
- Moazeni, A., Bagheri, M.R., Amiri- Besheli, B. & Shahsavari, M.R. 2016. Comparison toxicity of some botanical and chemical pesticides on greenhouse whithfly (*Trialeurodes vaporariorum*) in laboratory and greenhouse and semi- field condition. Journal of Entomological Research, 8(1): 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 grenhouse whitefly. Journal of Entomological Research, 8(1): 73-84.
- Mutua, B.K., Dubois, T., Akutse, K.S., Muli, B., Karanja, E.N. & Mutyambai, D.M. 2024. Electrophysiological and Behavioral Responses of Cabbage Aphid (*Brevicoryne brassicae*) to Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) Volatiles, a Potential push Plant for Vegetable push-pull Cropping System. Journal of Chemical Ecology, 50: 778-789. <https://doi.org/10.1007/s10886-024-01485-y>.
- 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 Entomol. Soc. Iran, 42(4): 313-323.
- Saeidi, Z., Babaahmadi, H., Saeidi, K.A., Salehi, A., Saleh Jouneghani, R., Amirshakari, H. & Taghipour, A. 2012. Essensial oil content and composition of *Mentha longifolia* (L.) Hudson grown wild in Iran. Journal of Medicinal Plants Research, 6(29): 4522-4525.
- 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).
- Samareh Fekri, M., Samih, M.a., Shahouzahi, B., Imani, S. & Zarabi, M. 2014. Effect of plant extracts of *Fumaria parviflora*, *Teucrium polium* and insecticide pymetrozine on mortality and activity of esterase enzyme of *Bemisia tabaci* (Genn.) on resistant and susceptible variety of. 45(2): 357-369.
- Şanlı, B., Şanlı, A. & Karaca, I. 2020. Effects of *Rosmarinus officinalis* Essential Oil and Verbascum cheiranthifo-lium and *Chrysanthemum cinerariaefolium* Extracts to Greenhouse Whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) . Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(1): 1-11.
- Sarboland, S.S., Mehrkhou, F., Fattahi, M. & Forouzan, M. 2025. Biocontrol potential of aqueous and methanolic extracts of Russian knapweed, *Acroptilon repens*, L. (Asteraceae) against *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). Scientific Reports. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-93885-7>. 15:14928. www.nature.com/scientificreports/.
- Sedaghat Baf, R., Samih, M.A., Zohdi, H. & Zarabi, M. 2020. The Combined Effect of Plant Extracts and Vermicompost on Some of the Biological Characterstics of *Bemesia tabaci* (Homoptera: Aleyridida). Journal of Plant Protection, 34(1): 15-32.
- Sefidkon F, Abbasi K, Jmzad, Z. & Ahmadi, Sh. 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.
- Sertkaya, E., Kaya, K. & Soyulu, S. 2010. Chemical compositions and insecticidal activities of the essential oils from several medicinal plants against the cotton whitefly, *Bemisia tabaci*, Asian Journal of Chemistry, 22: 2982-2990.
- 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>.
- Shakarami, J., Pourhosseini, L., Vafaei- Shoushtari, R. & Goldasteh, S. 2009. Ovicidal effect of three plant essential oils on *Callosobruchus maculatus* F. (Col., Bruchidae). Journal of Entomological Research, 1(3): 221-228.
- Sharifiyan, M., Mehrkhou, F. & Negahban, M. 2024. Sublethal effects of nanoformulated *Mentha pulegium* L. essential oil on the biological and population growth parameters of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*, (Hemiptera: Aleyrodidae). Scientific Reports. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-78249-x>. www.nature.com/scientificreports/.
- Sharifiyan, M., Mehrkhou, 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(1): 25-41. <https://doi.org/10.61186/jesi.44.1.3>.

- Sheikhi Garjan, A., Talebi, K. & Piurmirza A.A. 2005. Effect of some Pyrethroid and Organophorous Insecticides on Developmental Stages of *Trissolcus grandis* (Thom.) (Hymenoptera: Scelionidae), 8(4).
- Shu, B., Zhang, J., Cui, G., Sun, R., Yi, X. & Zhong, G. 2018. Azadirachtin affects the growth of *Spodoptera litura* Fabricius by inducing apoptosis in larval midgut. *Frontiers in physiology*, 9: 137. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00137>.
- Stepanycheva, E.A., Petrova, M.O. & Chermenskaya, T.D. 2022. Effects of *Litsea cubeba* (Lour.) Pers. Essential oil and its main component to the development of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* Westw. *Journal of Agricultural Biology*, 57: 193–201.
- Talebi Jahromi, Kh. 2011. *Pesticides Toxicology*. University of Tehran Press 2790. 4th Edition.
- Umpiérrez, M.L., Paullierb, j., Porrin, M., Garrido, M., Santos, E. & Rossini, C. 2017. Potential botanical pesticides from Asteraceae essential oils for tomato production: Activity against whiteflies, plants and bees. *Journal of Industrial Crops and Products*, 109: 686–692.
- Yarahmadi, F., Rajabpour, A., Zandi Sohani, N. & Ramezani, L. 2013. Investigating contact toxicity of Geranium and Artemisia essential oils on *Bemisia tabaci* Gen. *Avicenna J Phytomed*. Spring; 3(2): 106–111.
- Zamani Verdi, M., Abbasipour, H. & Goudarzvande Chegini, S. 2019. Phytochemical and insecticidal study of the Avishan-e-denai (*Thymus daenensis* Celak.) essential oil against the melon aphid (*Aphis gossypii* Glover). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 22(2): 545–553. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2019.1618739>.

The evaluation of lethal and sublethal effects of essential oils from five medicinal plants on the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* (Hem.: Aleyrodidae)) under laboratory and greenhouse conditions

Najmeh Kianpour¹, HassanAli Vahedi², Mohammad Reza Bagheri³, Mohammad Amin Samih⁴,
Zarir Saeidi⁵, Zohreh Emami Bistgani⁶

1., 2. Ph.D. student, Associate professor, Department of Plant Protection, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran.

3. 6. Assistant Professor, Assistant Professor, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Isfahan, Isfahan, Iran.

4. Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University, Rafsanjan, Iran.

5. Professor, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Chaharmahal va Bakhtiari, AREEO, Iran.

Corresponding author: HasanAli Vahedi, email: Vnassah@yahoo.com

Received: Aug., 10, 2025

12(1) 99–112

Accepted: Oct., 25, 2025

Abstract

Trialeurodes vaporariorum (Hem.: Aleyrodidae), is one of the most important pests of vegetables and ornamental plants. In this study, the lethal and sublethal effects of essential oils from five medicinal plants, including Thyme (*Thymus daenensis*) at concentrations of 16, 31, 62.5, 125, and 250 ppm; Chamomile (*Matricaria chamomilla*) and Peppermint (*Mentha piperita*) at 81.25, 162.5, 325, 750, and 1500 ppm; Yarrow (*Achillea millefolium*) at 125, 250, 500, 1000, and 2000 ppm; and Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) at 162.5, 325, 750, 1500, and 3000 ppm, were evaluated on different developmental stages of the insect, including nymphs and adults, in lab and greenhouse conditions. For this purpose, a whitefly colony was reared on eggplant plants. The insecticidal activity of the essential oils was evaluated using a completely randomized design with five concentrations; fixed by preliminary tests, on adult insects of the same age. To examine the effects of the essential oils on immature stages in the laboratory, leaves infested with nymphs were immersed for 5 seconds in the different concentrations of each essential oil as well as in the control solution (distilled water + 2% Tween 80). The leaves were then air-dried for three hours and subsequently kept in leaf cages for one week until the emergence of adults. During this period, the number of emerged adults recorded. One day old adults emerged from the treatments released onto eggplant plants leaf cages. After two weeks, the adults removed, and the number of eggs and nymphs recorded. Laboratory results indicated that the highest and lowest efficacy percentages obtained with Rosemary oil at 3000 ppm (97.59 ± 1.11) and 750 ppm (97.59 ± 1.11), and with Thyme at 250 ppm (37.58 ± 14.18), respectively. Greenhouse evaluations revealed that all tested essential oils had significant effects on oviposition, nymphal emergence, and population reduction of the whitefly. Among treatments, the lowest and highest mean oviposition per female were recorded in Chamomile (0.15 ± 0.048) and Rosemary (2.35 ± 0.14), respectively. Similarly, the lowest and highest nymphal emergence observed in Thyme (0.18 ± 0.01) and Chamomile (3.90 ± 0.47), respectively. In overall assessment, Yarrow oil showed the lowest effect on population reduction (0.57 ± 0.27), whereas Chamomile oil exhibited the highest (3.90 ± 0.45), though the difference was not statistically significant. According to these findings, the evaluated essential oils possess significant potential for control of *T. vaporariorum*, with safe and eco-friendly properties in IPM. programs.

Keywords: Bioassay, herbal extract, efficacy of pesticides, Integrated Pest Management, botanical insecticides