

## Effect of plant essential oils on *pseudomonas syringae* pv. *syringae*, the causal agent of bacterial canker of almond

Mohammad reza Arzhang, Jalal Gholamnezhad<sup>✉</sup>, Azam Jafari, Heidar Meftahizade



Department of Horticulture, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran

### Corresponding author

<sup>✉</sup>jgholamnezhad@ardakan.ac.ir

### Abstract

#### Keywords

*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, essential oil, mountain thyme, lavender

Bacterial canker disease caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* (*Pss*) is one of the destructive diseases of almond trees. Due to the harmful effects of chemical compounds, researchers are seeking suitable alternatives for these compounds; one of these solutions is the use of essential oils and natural compounds, which, in addition to not having phytotoxic effects on plants, are not harmful to human and animal health. The present study was conducted with the aim of investigating and comparing the effect of essential oils of lavender, mountain thyme, mountain oregano, Cardueae and red root amaranth, along with the chemical compound Bordofix, on inhibiting the growth of *Pss* bacteria and suppressing the symptoms of *Pss*-induced leaf spot under laboratory conditions. In the bacterial growth inhibition test, mountain thyme essential oil at concentrations of 500 and 750 mg/L with 79.8% and 82.38% inhibition, respectively, and lavender essential oil at a concentration of 750 mg/L with 78.30% inhibition, showed the highest inhibition, which were not significantly different from Bordofix 500 mg/L. The greatest reduction in leaf spot symptoms in this study was related to mountain thyme essential oil at a concentration of 750 mg/L, which, with a 69.66% reduction in leaf spot symptoms, showed a significant difference compared to the Bordofix treatment at a concentration of 500 mg/L; also, lavender essential oil at a concentration of 750 mg/L and mountain thyme essential oil at a concentration of 500 mg/L did not show a significant difference in suppressing bacterial leaf spot symptoms. Based on the results of the aforementioned research, it is suggested that by preparing suitable formulations of mountain thyme and lavender essential oils and using them as alternatives to Bordofix, can be taken as effective steps towards managing almond bacterial canker disease and promoting environmental health.

**Received:** 30 July 2025

**Revised:** 20 December 2025

**Accepted:** 25 December 2025

**Available online:** 31 December 2025

### Cite this article:

Arzhang MR, Gholamnezhad J, Jafari A, 2025. Effect of plant essential oils on *pseudomonas syringae* pv. *syringae*, the causal agent of bacterial canker of almond. *J Appl Res Plant Prot* 14 (4): 373–384.

<https://dx.doi.org/10.22034/arpp.2025.21497>



Copyright© 2025 University of Tabriz, Published by the University of Tabriz.

This is an open access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)

تاثیر اسانس‌های گیاهی بر *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* عامل بیماری شانکر باکتریایی بادام

محمد رضا ارژنگ، جلال غلام‌نژاد، اعظم جعفری، حیدر مفتاحی زاده

گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

نویسنده مسئول: jgholamnezhad@ardakan.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۰۸ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۹/۲۹ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۰۴

## چکیده

بیماری شانکر باکتریایی با عامل *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* (*Pss*) یکی از بیماری‌های مخرب درختان بادام است. محققان به علت اثرات زیان‌بار ترکیبات شیمیایی به دنبال جایگزین مناسبی برای این ترکیبات هستند؛ یکی از این راه‌حل‌ها استفاده از اسانس‌ها و ترکیبات طبیعی است، که علاوه بر اینکه خاصیت گیاه‌سوزی در گیاهان را ندارند، برای سلامتی انسان و جانوران نیز مضر نیستند. تحقیق حاضر با هدف بررسی و مقایسه اثر اسانس‌های گیاهی اسطوخودوس، آویشن کوهی، پونه کوهی، کارده و بن‌سرخ به همراه ترکیب شیمیایی بردوفیکس بر مهار رشد باکتری *Pss* و مهار علائم لکه برگی ناشی از *Pss* در شرایط آزمایشگاهی انجام گرفت. در آزمون مهار رشد باکتری، اسانس‌های آویشن کوهی با غلظت‌های ۷۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب با ۷۹/۸ درصد و ۸۲/۳۸ درصد بازدارندگی و اسانس اسطوخودوس با غلظت ۷۵۰ میلی‌گرم بر لیتر با ۷۸/۳۰ درصد بازدارندگی، بیشترین بازدارندگی را اعمال نمودند، که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با بردوفیکس ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نداشتند. بیشترین کاهش علائم لکه برگی در این پژوهش مربوط به اسانس آویشن کوهی با غلظت ۷۵۰ میلی‌گرم بر لیتر بود که با کاهش علائم لکه برگی به میزان ۶۹/۶۶ درصد، تفاوت معنی‌داری در مقایسه با تیمار بردوفیکس با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نشان داد؛ همچنین اسانس اسطوخودوس با غلظت ۷۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و اسانس آویشن کوهی با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در مهار علائم لکه برگی باکتریایی نشان ندادند. بر اساس نتایج حاصل از پژوهش فوق پیشنهاد می‌گردد که با تهیه فرمولاسیون‌های مناسب از اسانس‌های آویشن کوهی و اسطوخودوس و کاربرد آن‌ها به عنوان جایگزین بردوفیکس، در راستای مدیریت بیماری شانکر باکتریایی بادام و سلامت محیط زیست گام‌های موثری برداشت.

کلمات کلیدی: *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*، اسانس، آویشن کوهی، اسطوخودوس

## مقدمه

می‌شود، که غالباً به صورت نقاط فرورفته و همراه با صمغ بر روی تنه و شاخه درختان بادام خودنمایی می‌کنند (Young 2010). بیماری شانکر باکتریایی درختان میوه هسته‌دار با عامل *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* از استان‌های کردستان، چهارمحال و بختیاری، خراسان، فارس و اصفهان گزارش شده است و همه ساله خسارت زیادی به باغات بادام و سایر میوه‌های هسته‌دار مانند زردآلو و گیلاس وارد می‌کند (Etminani & Etminani 2019).

باکتری *P. syringae* pv. *syringae* عامل بیماری شانکر باکتریایی درختان بادام در استان‌های چهارمحال و بختیاری و اصفهان گزارش شده است (Amanifar 2019). این باکتری میله‌ای شکل با تاژک قطبی، گرم منفی و هوازی اجباری بوده و در حضور آرژنین می‌تواند به صورت بی‌هوازی رشد کند؛ اکثر سویه‌ها روی محیط فقر آهن، تولید رنگدانه‌ای می‌کنند که در

بادام (*Prunus dulcis* L.) یکی از درختان میوه هسته‌دار است و متعلق به تیره Rosaceae بوده و جزء پرمصرف‌ترین آجیل‌های درختی در سراسر جهان می‌باشد، که در آمریکا، اسپانیا، استرالیا و سایر کشورهای دیگر تولید تجاری دارد (Tomishima et al. 2022). بادام یکی از مهمترین محصولات آجیلی ایران است و نقش مهمی در اقتصاد کشور به ویژه در مناطق نیمه خشک دارد (Mirzaei et al. 2019).

شانکر باکتریایی یکی از بیماری‌های مهم درختان میوه هسته‌دار از جمله بادام محسوب می‌شود، این بیماری با ایجاد شانکر و ترشح صمغ و آسیب به شاخه‌ها و شکوفه‌ها باعث زوال درخت شده و به تدریج با پیشرفت بیماری نهایتاً منجر به خشک شدن درختان می‌گردد (Amanifar 2019). شانکر به بافت‌ها و بخش‌های مرده پوست بر روی شاخه یا تنه اصلی درختان اطلاق

درمان بیماری‌های معده، و سردرد ناشی از تنش موثر است. این گیاه خواص ضد درد، آنتی‌اسپاسمودیک، ضد میکروبی، آرامبخشی، ضد قارچی و ضد باکتریایی دارد (Ahmadi Asbchin & Mostafapour 2016).

آویشن کوهی با نام علمی *Thymus vulgaris* L. از تیره Lamiaceae یک گیاه معطر و دارویی است که به طور معمول در مناطق مدیترانه‌ای رشد می‌کند. این گیاه خواص ضد درد، ضد میکروبی، ضد قارچی و ضد باکتریایی دارد (Zarezadeh et al. 2016). تیمول و کارواکرول به عنوان ترکیبات اصلی، نقش مهمی در خواص ضد میکروبی، ضد التهابی و آنتی‌اکسیدانی آویشن کوهی دارند؛ این ترکیبات به طور گسترده در صنایع غذایی به عنوان نگهدارنده طبیعی و در صنایع دارویی به عنوان ضد عفونی کننده و ضد التهاب استفاده می‌شوند (Jazayeri et al. 2016).

پونه کوهی با نام علمی *Origanum vulgare* L. از تیره Lamiaceae است (Moghareepour et al. 2018). اسانس پونه کوهی، که از تقطیر بخش‌های هوایی گیاه پونه به دست می‌آید، خواص ضد میکروبی، ضد التهابی و آنتی‌اکسیدانی دارد (Meshkhibaf et al. 2010). این اسانس در صنایع مختلفی مانند داروسازی، عطرسازی، و صنایع غذایی کاربرد دارد (Mahmoudi et al. 2015).

کارده با نام علمی *Biarum caruhrum* L. از گیاهان تیره Araceae است. گیاه کارده با نام علف خرس در زبان‌های محلی نیز شناخته می‌شود (Raisi et al. 2017). این گیاه به صورت وحشی در دامنه‌های زاگرس و در استان‌های چهارمحال و بختیاری، فارس و کهکلوپه و بویراحمد می‌روید و در برخی از مناطق کشورهای ترکیه، سوریه و عراق انتشار دارد. اسانس کارده اثرات آنتی‌اکسیدان و ضد میکروبی قابل توجهی دارد (Sundharajan et al. 2013).

بن‌سرخ با نام علمی *Allium jesdianum* L. از تیره Lilaceae، گیاهی پیازی بوده و با برگ‌هایی شبیه تره و گل آذین چتر دارای دو تا سه برگ است و به طور وحشی رشد می‌کند. گیاهی گلدار و بومی ایران بوده و در زاگرس، استان‌های فارس، چهارمحال و بختیاری و کهکلوپه و بویراحمد و ارتفاعات ۱۸۰۰ تا ۲۶۰۰ متری رشد می‌کند. در زبان محلی به آن لیزک، بوسر، سرپا یا بن‌سرخ (به دلیل قرمز بودن قسمت‌های قاعده‌ای برگ‌ها) نامیده می‌شود. گیاه بن‌سرخ خاصیت آنتی‌اکسیدانی، ضد باکتریایی و ضد قارچی دارد (Amiri 2006).

تحقیق حاضر با اهداف بررسی و مقایسه اثر اسانس‌های

نور ماوراءبنفش (طول موج ۲۵۴ نانومتر) به صورت فلورسنت در می‌آید (Young 2010). در اغلب موارد پرگنه‌های این باکتری روی محیط کشت NA (Nutrient Agar) کرم رنگ می‌باشد. بسیاری از جدایه‌های این باکتری در دمای پنج درجه سلسیوس زیر صفر تا پنج درجه سلسیوس بالای صفر، تولید هسته یخ می‌کنند (Taheri et al. 2015).

اقدامات شیمیایی مختلفی از جمله استفاده از ترکیبات مسی مانند محلول بردو و اکسی‌کلور مس و آنتی‌بیوتیک‌های استرپتومایسین و اریترومایسین به ترتیب در فصل بهار قبل از شکوفه‌دهی و در اواخر زمستان برای کنترل بیماری انجام می‌گیرند، که علاوه بر مقرون به صرفه نبودن از لحاظ اقتصادی، موجب بروز مقاومت در جمعیت‌های باکتریایی شده و در بسیاری از کشورهای پیشرفته اجازه مصرف ندارند؛ همچنین در طولانی مدت هیچ یک از این راه حل‌ها نتوانسته است نتیجه مطلوبی را در پی داشته باشد و به نگرانی‌های بشر در رابطه با مصرف سموم هم افزوده است (Fani et al., 2021). مصرف سموم علاوه بر از دست رفتن سرمایه و تحمیل هزینه‌های مازاد به کشاورزان، باعث افزایش قیمت تمام شده محصول، ایجاد مشکلات سلامتی برای انسان و سایر موجودات زنده و خطرات زیست‌محیطی می‌شوند که امروزه این مشکلات فراگیر شده‌اند (Gašić et al. 2012). لذا می‌توان از ترکیبات گیاهی به عنوان جایگزین ترکیبات شیمیایی که هم اثربخشی بهتری داشته و هم برای محیط زیست و انسان بی‌خطر هستند، استفاده کرد (Khodakaramian & Ghasemi, 2002).

اسانس‌ها جزء متابولیت‌های ثانویه گیاهان هستند و نقش آن‌ها حفظ گیاه در برابر حشرات برگ‌خوار، میکروب‌ها و تنش‌ها می‌باشد. با آزاد شدن اسانس‌ها از برگ‌ها و نفوذ آن‌ها در خاک، از جوانه زدن بذره‌های دیگر که در رقابت با گیاهان مولد اسانس هستند جلوگیری به عمل می‌آید (Esmailzadeh & Sharifi 2013). بسیاری از اسانس‌ها اثرات ضد قارچی، ضد ویروسی، حشره‌کشی و ضد باکتریایی دارند و در صنایع غذایی و داروسازی استفاده می‌شوند (Prusinowska & Śmigielski 2014).

اسطوخودوس با نام علمی *Lavandula angustifolia* L. گیاهی چند ساله و همیشه سبز از تیره Lamiaceae است (Abulafi et al. 2008). اسانس اسطوخودوس شامل منوترین‌ها است، که مهم‌ترین مواد متشکله لینالیل‌استات، لینالول، بتا‌اوسمین، سینئول، کامفر و سزکویی‌ترپن، کاریوفیلین‌اکساید، تانن، مشتقات رزمارینیک‌اسید، کومارین و فلاونوئید را شامل می‌شود (Prusinowska & Śmigielski 2014). اسطوخودوس در

فرآیند ضدعفونی با توجه به تفاوت در ساختار بافت‌های گیاهی، نمونه‌های برگ به مدت دو دقیقه و نمونه‌های شاخه و تنه به مدت چهار دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم سه درصد قرار گرفتند. در مرحله بعد دو بار در آب مقطر استریل شسته شده و روی کاغذ صافی استریل خشک شدند. از حدفاصل بافت سالم و آلوده برگ و حاشیه شانکر روی شاخه قطعات کوچک یک الی دو سانتی متری جدا و در تشتک‌های پتری استریل به وسیله تیغ اسکالپل استریل خرد شده و چند قطره آب مقطر استریل شده به آن‌ها اضافه شد. یک لوپ از هر یک از سوسپانسیون‌های تهیه شده پس از ۱۵ دقیقه بر روی محیط کشت (Nutrient agar (NA کشت شده و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۲۷ درجه سلسیوس نگهداری شدند. تک پرگنه‌های کرم و سفید رنگ محدب رشد کرده روی NA جهت انجام آزمون‌های بیوشیمیایی و تشخیص باکتری خالص سازی گردیدند.

#### آزمون‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی جهت شناسایی جدایه های باکتریایی

از میان تک پرگنه‌های کرم و سفید رنگ محدب رشد کرده روی محیط NA دو جدایه P1 و P2 خالص سازی شده و در آزمون‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی جهت شناسایی باکتری مورد بررسی قرار گرفتند. تعیین واکنش گرم، تولید رنگدانه فلورسنت، فعالیت کاتالاز، تولید اوره‌آز، احیای نیترات، توانایی رشد در دماهای ۳۵ و ۳۱ درجه سلسیوس، هیدرولیز نشاسته و توئین ۸۰، آزمون توانایی استفاده از برخی منابع هیدروکربنی، آزمون LOPAT (تولید لوان، اکسیداز، فعالیت پکتولیتیکی، تولید آرژنین دی‌هیدرولاز و واکنش فوق حساسیت روی شمعدانی)، آزمون GATTA (ذوب ژلاتین، هیدرولیز اسکولین، فعالیت تیروزیناز و استفاده از تارتارات)، رشد هوازی/بی‌هوازی، تحمل رشد در نمک طعام به همراه سایر آزمون‌های رایج با استفاده از روش های متداول در باکتری‌شناسی گیاهی انجام شد (Akhlaqi *et al.* 2016).

#### تهیه اسانس‌های گیاهی

اسانس‌گیری با استفاده از دستگاه کلیونجر صورت گرفت. برای این منظور ۱۰۰ گرم از برگ خشک گیاهان اسطوخودوس، آویشن کوهی، بن‌سرخ و کارده با کمک دستگاه آسیاب پودر شد. مقدار ۱۰ گرم از پودر بدست آمده، که از طریق ترازوی دقت‌سنج وزن شده بود، به همراه ۵۰۰ سی‌سی آب مقطر استریل درون بالن ته‌گرد یک لیتری ریخته شد، سپس روی شوف‌بالن

گیاهی اسطوخودوس، آویشن کوهی، پونه کوهی، کارده و بن‌سرخ به همراه ترکیب شیمیایی بردوفیکس بر کاهش رشد باکتری بیماریزای *P. syringae* pv. *syringae* و کاهش علائم لکه برگ‌ی ناشی از بیمارگر با استفاده از اسانس‌های گیاهی فوق در شرایط گلخانه‌ای انجام گرفت.

#### مواد و روش‌ها

##### نمونه‌برداری از گیاهان مورد استفاده در پژوهش

پژوهش حاضر در آزمایشگاه گیاه‌شناسی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه اردکان انجام شد. تیمارهای مورد استفاده شامل اسانس‌های اسطوخودوس، آویشن کوهی، پونه کوهی، کارده و بن‌سرخ بودند، که بعد از جمع‌آوری برگ این گیاهان از ارتفاعات استان چهارمحال و بختیاری (۳۱۵۰ متری از سطح دریا) در فصل بهار سال ۱۴۰۳ و خشک کردن آن‌ها، به آزمایشگاه گیاه‌شناسی برای انجام عملیات اسانس‌گیری و بررسی تاثیر آن‌ها بر عامل بیماری شانکر باکتریایی بادام منتقل شدند. لازم به ذکر است نمونه‌های گیاهی بلافاصله پس از برداشت در پاکت‌های کاغذی ضد رطوبت و متخلخل (کرافت) قرار داده شدند تا از تعرق بیش از حد و تغییرات دمای ناگهانی جلوگیری شود. نمونه‌ها در طول انتقال به آزمایشگاه در یخچال پرتابل با دمای چهار درجه سلسیوس نگهداری شدند. پس از انتقال، نمونه‌ها در اتاق تاریک با دمای کنترل شده ۲۰ تا ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۳۵ تا ۴۰ درصد به مدت ۱۰ تا ۱۴ روز در سایه و در محیطی با تهویه مناسب خشک شدند. در طول فرآیند خشک کردن، نمونه‌ها به طور منظم زیر و رو شدند تا از کپک‌زدگی و فساد اطمینان حاصل شود. بردوفیکس پژوهش حاضر با برند شرکت باغبان از داروخانه گیاهپزشکی و کشاورزی شهرستان شهرکرد تهیه شد.

##### نمونه‌برداری و جداسازی باکتری عامل بیماری شانکر باکتریایی

نمونه‌برداری و جداسازی باکتری از باغات بادام واقع در مناطق شهرستان سامان در زمستان ۱۴۰۲ صورت گرفت. در باغات فوق، از درختانی که دارای علائم شانکر باکتریایی و لکه برگ‌ی بودند، نمونه‌هایی از بافت‌های آلوده برگ، تنه، شاخه و سرشاخه جمع‌آوری شد و در نهایت دقت، در داخل پاکت‌های کاغذی به آزمایشگاه انتقال داده شد. نمونه‌ها در دمای چهار درجه سلسیوس نگهداری شدند. برای جداسازی باکتری، ابتدا در زیر جریان آب شهری برگ‌های دارای علائم لکه برگ‌ی نکرده و شاخه‌های دارای شانکر شسته شدند. سپس به منظور بهینه‌سازی

اسانس‌های خام (باتوجه به وزن حجمی نهایی) در دی‌متیل سولفواکساید (DMSO) یک درصد به عنوان حلال کمکی حل شدند. سپس از رقیق‌سازی سریالی در محیط کشت مایع PDB (Potato Dextrose Broth) برای رسیدن به غلظت‌های نهایی استفاده گردید. برای هر اسانس، محلول استوک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه شد و سپس با رقیق‌سازی در محیط کشت، غلظت‌های مورد نظر حاصل شد.

قرار گرفته روی آن دستگاه کلیونجر نصب گردید و دمای دستگاه بر روی ۱۰۰ درجه سلسیوس تنظیم شد و فرآیند اسانس‌گیری به مدت سه ساعت ادامه یافت. تهیه اسانس به مدت شش ساعت به طول انجامید و در نهایت اسانس تهیه شده (جدول ۱) در دمای چهار درجه سلسیوس در تاریکی تا زمان استفاده نگهداری شد. برای تهیه غلظت‌های مورد استفاده در آزمون‌های زیستی (۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر)، ابتدا

**جدول ۱.** مشخصات گیاهان مورد استفاده در این تحقیق و میزان اسانس‌های به دست آمده از آن‌ها.

**Table 1.** Characteristics of the plants used in this research and the amount of essential oils obtained from them.

scientific name	family	Used section	Amount of essential oil after 6 hours (mg)
<i>Lavandula angustifolia</i>	Lamiaceae	leaves & flowers	0.9
<i>Thymus vulgaris</i>	Lamiaceae	leaves & flowers	1.2
<i>Origanum Vulgare</i>	Lamiaceae	leaves	0.8
<i>Biarum caruhrum</i>	Araceae	leaves	1
<i>Allium Jesdianum</i>	Lilaceae	leaves	0.75

#### آزمون مهار رشدی بیمارگر

جهت بررسی مهار رشدی بیمارگر توسط غلظت‌های مختلف اسانس‌های گیاهی تهیه شده، از کشت‌های ۲۴ ساعته جدایه باکتری P1 سوسپانسیونی با غلظت ۱۰<sup>۷</sup> الی ۱۰<sup>۸</sup> سلول باکتری در میلی‌لیتر تهیه شد (غلظت سوسپانسیون با استفاده از روش اسپکتوفتومتری اندازه‌گیری شد). ۰/۱ میلی‌لیتر از سوسپانسیون فوق روی محیط کشت حاوی ۲۳ گرم آگار مغذی، پنج گرم گلوکز و آب مقطر یک لیتر پخش شد. مدتی بعد از خشک شدن سطح تشتک‌های پتری (قطر ۱۰ سانتی‌متر) چاهک‌هایی (چهار چاهک) به قطر سه میلی‌متر در هر تشتک پتری ایجاد و حدود ۱۲ میکرولیتر از هر یک اسانس‌ها و مواد شیمیایی درون هر چاهک ریخته شد. در این مطالعه از پنج اسانس هر کدام در سه غلظت (۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) و بردوفیکس با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر استفاده شد، برای تیمار شاهد از آب مقطر استریل استفاده شد. در مجموع در این پژوهش از ۱۷ تیمار استفاده شد. برای هر تیمار سه تکرار در نظر گرفته شد. درب تشتک‌های پتری با پارافیلیم بسته و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری شد. بعد از گذشت ۴۸ ساعت قطر هاله بازدارنده رشد اطراف هر چاهک اندازه‌گیری و ثبت شد (فرمول ۱).

(۱)

$$100 \times \frac{\text{قطر هاله در تیمار} - \text{قطر هاله در شاهد}}{\text{قطر هاله در شاهد}} = \text{درصد بازدارندگی در محیط کشت}$$

بررسی تاثیر اسانس‌ها بر علایم لکه برگی باکتریایی جهت بررسی تاثیر اسانس‌های تهیه شده بر لکه برگی‌های ایجاد شده توسط جدایه‌های بیمارگر، نهال‌های رقم مامایی بادام گواهی شده از نهالستانی واقع در شهرستان سامان تهیه شد. خاک مورد استفاده از سه قسمت کود حیوانی، خاک زراعی و خاکبرگ (به نسبت ۱:۱:۱) بود، که در کیسه‌های نشاء با دستگاه اتوکلاو با فشار بخار آب چهار اتمسفر، سترون شد و به مدت سه هفته برای بازسازی بافت خاک، در گلخانه با دمای  $25 \pm 2$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۰-۷۰ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی نگهداری شد. تمام نهال‌ها در گلدان‌های هم‌شکل و هم‌اندازه نه کیلوگرمی کاشته و به مدت یک ماه در شرایط گلخانه نگهداری و هر دو روز یکبار آبیاری شدند. به منظور بررسی اثر غلظت‌های مختلف اسانس‌های تهیه شده و غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بردوفیکس در مهار لکه برگی باکتریایی ناشی از *Pss*، برگ‌های نهال بادام از گلخانه به آزمایشگاه منتقل شدند. مایه‌زنی برگ‌ها در شرایط سترون با سوسپانسیون کشت تازه باکتری با غلظت ۱۰<sup>۷</sup> سلول در میلی‌لیتر و به روش سوزن‌زنی انجام شد، در این مطالعه از جدایه P1 باکتری بیماری‌زا استفاده شد. تیمار شاهد برگ‌های مایه‌زنی شده که با آب سترون اسپری شدند؛ بلافاصله پس از مایه‌زنی (حداکثر تا ۱۰ دقیقه)، بعد از مایه‌زنی برگ‌ها، اسانس‌ها و بردوفیکس بر سطح برگ اسپری شدند. در تیمار شاهد، از آب سترون جهت اسپری برگ‌ها استفاده گردید. برگ‌های مایه‌زنی شده در اتاقک

تصادفی با سه تکرار انجام شد. برای تجزیه و تحلیل آماری و مقایسه میانگین‌ها، آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد و نتایج با نرم افزار SAS تجزیه شد.

### نتایج

#### آزمون بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی جدایه‌ها

جدایه‌های P1 و P2 در آزمون‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی مورد بررسی قرار گرفتند. بر اساس آزمون‌های واکنش گرم، رشد هوازی/بی‌هوازی، واکنش حساسیت، تولید رنگدانه فلورسنت، تولید لوان، آزمون کاتالاز، لپانیدن ورقه‌های سیب‌زمینی، اوره‌آز، هیدرولیز ژلاتین، تحمل نمک طعام، تولید گاز از گلوکز و هیدرولیز اسکولین و سایر آزمون‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی هر دو جدایه باکتریایی به عنوان جدایه‌های *Pss* شناسایی شدند (جدول ۲).

رشد با دمای ۲۵ تا ۲۷ درجه سلسیوس، رطوبت ۷۰ الی ۸۵ درصد و ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی نگهداری شدند. (Samavi *et al.* 2009). بعد از دو هفته درصد کاهش سطح لکه برگ بر اساس فرمول ۲ اندازه‌گیری شد.

(۲)

$$100 \times \frac{\text{مساحت لکه در تیمار} - \text{مساحت لکه در شاهد}}{\text{مساحت لکه در شاهد}} = \text{درصد بازدارندگی لکه برگی}$$

#### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

داده‌های حاصل در آزمایش به کمک نرم‌افزار آماری SAS مورد بررسی قرار گرفت. اثر تیمارها با تجزیه واریانس (ANOVA) انجام و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش دانکن در سطح احتمال ۱٪ انجام گرفت. آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً

**جدول ۲.** نتایج آزمون‌های بیوشیمیایی و فنوتیپی جدایه‌های *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* جدا شده از درختان بادام در شهرستان سامان.

**Table 2.** Results of biochemical and phenotypic tests of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* isolates isolated from almond trees in the Saman County.

Test Name	Result	Test Name	Result
Gram reaction	-	H <sub>2</sub> S production from cysteine	-
Oxidase	-	H <sub>2</sub> S production from peptone	-
Levan production	+	H <sub>2</sub> S production from sodium thiosulfate	-
Potato rot	-	Methyl red	-
Hypersensitivity	+	Indole acetic acid production	-
Arginine dihydrolase	-	Phosphatase	+
Growth at 4°C	+	Ketolactose	-
Growth at 39°C	-	Glucose utilization	+
Catalase	+	Sucrose	+
Gelatin hydrolysis	v	Sorbitol	+
Starch hydrolysis	-	Galactose	+
Tween 80 hydrolysis	+	Fructose	+
Casein hydrolysis	-	Mannitol	+
Esculin hydrolysis	v	Mannose	+
Lecithinase	-	Arabinose	+
Tyrosinase	-	Trehalose	-
5% NaCl tolerance	+	Inositol	-
7% NaCl tolerance	-	Cellobiose	+
Aerobic growth	+	Raffinose	-
Anaerobic growth	-	Rhamnose	+
Urease	+	Lactose	-
Nitrate reduction	-	Citrate utilization	+

+ = Positive

- = Negative

v = Variable

و بن‌سرخ در غلظت‌های ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و بردوفیکس با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، جهت مهار رشد

تاثیر بازدارندگی اسانس‌های گیاهی بر رشد *Pss*

اسانس‌های اسطوخودوس، آویشن کوهی، پونه کوهی، کارده

۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به میزان بازدارندگی ۲۸/۸۲ درصد در سطح احتمال  $p \leq 0/01$  است. بیشترین درصد بازدارندگی در تمامی غلظت‌ها به ترتیب مربوط به اسانس‌های آویشن کوهی و اسطوخودوس بود. همچنین اسانس آویشن کوهی با غلظت‌های ۵۰۰ و ۷۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و اسانس اسطوخودوس با غلظت ۷۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، در مقایسه با بردوفیکس ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، در سطح آماری یک درصد بازدارندگی یکسانی بر رشد باکتری بیمارگر اعمال داشتند و اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری نداشتند (جدول ۳؛ شکل ۱).

باکتری *Pss* بر روی محیط کشت NA، در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج این آزمایش نشان داد که هر پنج اسانس گیاهی استفاده شده در این آزمایش در سه غلظت ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میلی‌گرم بر لیتر مورد استفاده، اثرات مختلفی در میزان بازدارندگی رشدی باکتری عامل شانکر باکتریایی در محیط آزمایشگاه داشتند. به طوری که بیشترین میزان بازدارندگی در میان اسانس‌ها متعلق به اسانس آویشن کوهی با غلظت ۷۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به میزان ۸۲/۳۸ درصد و کمترین بازدارندگی در میان اسانس‌ها مربوط به اسانس بن‌سرخ با غلظت

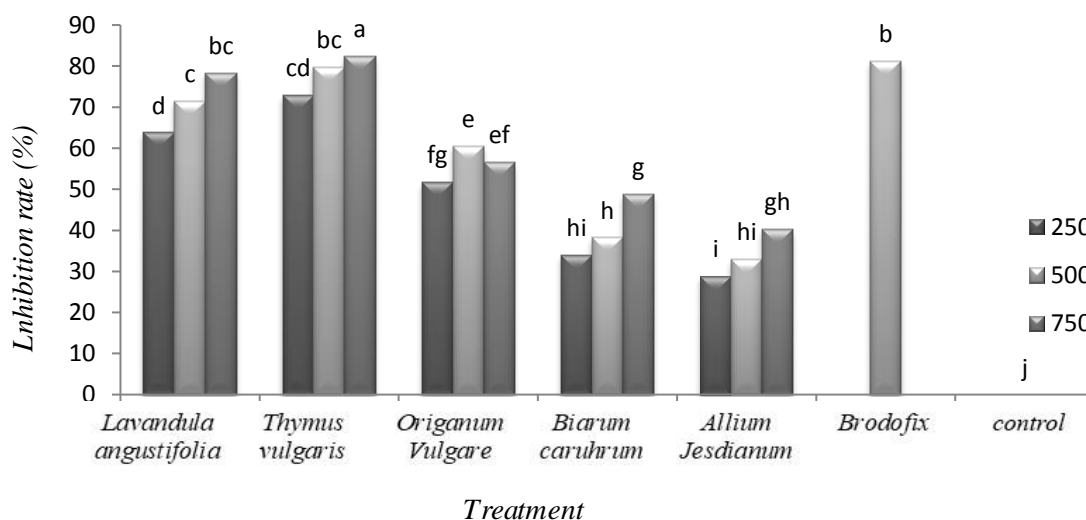
**جدول ۳.** جدول تجزیه واریانس مربوط به اثر غلظت‌های مختلف اسانس‌های گیاهی و بردوفیکس بر بازدارندگی از رشد باکتری در محیط کشت NA.

**Table 3.** Analysis of variance table related to the effect of different concentrations of plant essential oils and Brodofix on inhibition of bacterial growth on Nutrient agar medium.

S.O.V	df	MS	F
treatment	16	102.17	10.00**
Test error	34	10.21	
Total	50		

\*\* The difference is significant at a probability of 99% ( $p \leq 0.01$ ).

C.V = %8.22



شکل ۱. مقایسه میانگین درصد بازدارندگی باکتری *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* بر اثر اسانس‌های گیاهی و بردوفیکس در محیط کشت NA.

**Figure 1.** Comparison of the average percentage of inhibition of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* by plant essential oils and Brodofix on NA medium.

باکتری *Pss* داشتند. بیشترین کاهش لکه برگه مربوط به اسانس آویشن کوهی با غلظت ۷۵۰ میلی‌گرم بر لیتر با درصد کاهش لکه برگه به میزان ۶۹/۶۶ درصد محاسبه شد، که تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال  $p \leq 0/01$  در مقایسه با تیمار

تاثیر اسانس‌های گیاهی بر علائم لکه برگه باکتریایی نتایج نشان داد که تمامی اسانس‌ها در تمامی غلظت‌های مورد استفاده در این آزمایش در مقایسه با تیمار شاهد (آب مقطر) تفاوت معنی‌داری در کاهش علائم لکه برگه ناشی از

به غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، در مقایسه با تیمار بردوفیکس به غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در کاهش لکه برگ در سطح آماری یک درصد، بازدارندگی یکسانی اعمال داشتند و اختلاف معنی داری از لحاظ آماری نداشتند (جدول ۴؛ شکل ۲).

بردوفیکس ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با کاهش لکه برگ به میزان ۶۵/۷۹ درصد نشان داد؛ همچنین کمترین درصد کاهش لکه برگ مربوط به اسانس بن‌سرخ با غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به میزان ۲۶/۲۳ درصد بدست آمد. اسانس‌های گیاهی اسطوخودوس به غلظت ۷۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و آویشن کوهی

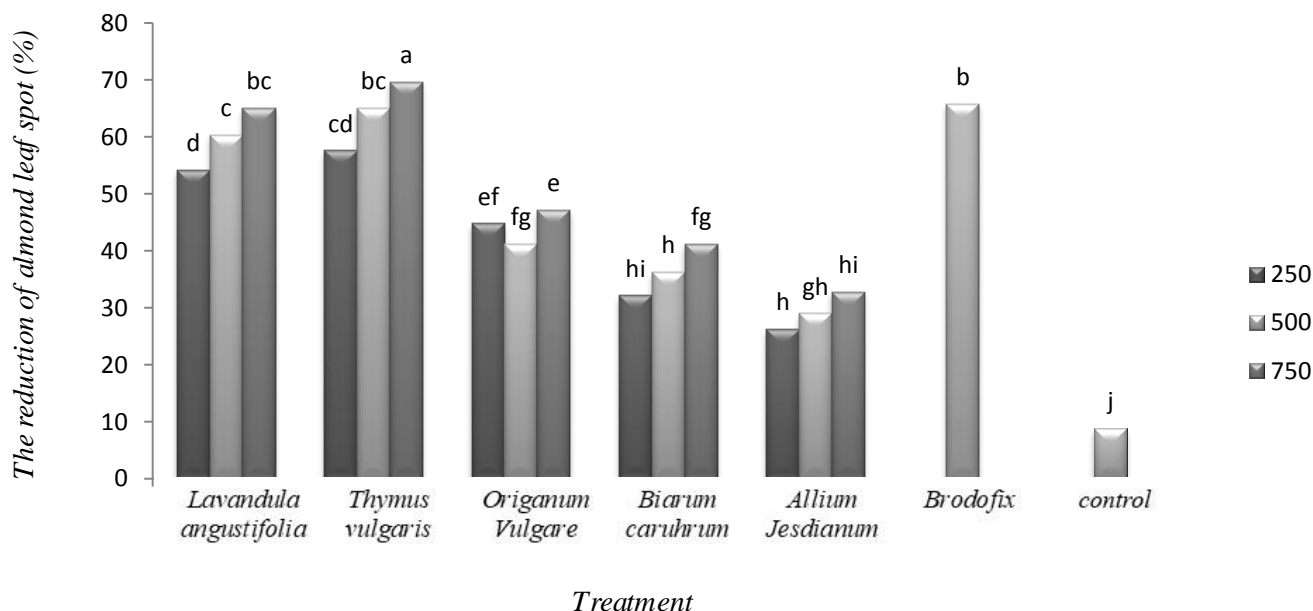
جدول ۴. جدول تجزیه واریانس مربوط به اثر غلظت‌های مختلف اسانس‌های گیاهی و بردوفیکس بر کاهش لکه برگ‌های بادام ناشی از باکتری *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*

**Table 4.** Analysis of variance table related to the effect of different concentrations of plant essential oils and Brodifox on the reduction of almond leaf spot caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*.

S.O.V	df	MS	F
treatment	16	105.14	8.59**
Test error	34	12.23	
Total	50		

\*\* The difference is significant at a probability of 99% ( $p \leq 0.01$ )

C.V = %6.56



شکل ۲. مقایسه میانگین غلظت‌های مختلف اسانس‌های گیاهی و بردوفیکس بر کاهش لکه برگ ناشی از باکتری *P. syringae* pv. *syringae* عامل بیماری شانکر باکتریایی.

**Figure 2.** Comparison of the average concentrations of different plant essential oils and Brodifox on the reduction of leaf spot caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, the causative agent of bacterial canker disease.

(Etminani & Etminani 2019). عصاره گیاهان دارویی مانند

آویشن، ریحان، رزماری و پونه در شرایط آزمایشگاهی بر روی عامل بیماری بلاست مرکبات اختلاف معنی داری نسبت به آنتی بیوتیک‌ها و اکسی‌کلرومس نشان داد (Alimi & Jahantig 2012). اثر ضد باکتریایی اسانس‌های گیاهی بومادران، زنجبیل، بابونه، رازیانه، مریم‌گلی، گون، پوزه و هل علیه باکتری عامل

یافته‌ها در این پژوهش نشان داد که اسانس‌های آویشن کوهی و اسطوخودوس در غلظت ۷۵۰ میلی‌گرم بر لیتر با داشتن اثر بازدارندگی بالا علیه *Pss*، تفاوت چندانی با بردوفیکس در مهار بیمارگر نداشتند.

استفاده از اسانس‌های گیاهی آویشن و به‌لیمو در مهار باکتری *P. syringae* در شرایط آزمایشگاه موثر واقع شده است

در مقایسه با اکسی کلروموس روی باکتری عامل بلاست مرکبات، در محیط NA در شرایط آزمایشگاه عملکرد بهتری دارد (Alimi & Jahantig 2012). در مطالعه‌ای اثر بازاریابی و کشندگی عصاره کارده بر روی *Penicillium sp.* و *Aspergillus sp.* به اثبات رسیده است (Tabatabayee Yardi et al. 2016) که با یافته‌های حاصل از این تحقیق در ارتباط با اثر کشندگی اسانس کارده بر روی *Pss* مطابقت دارد. در پژوهشی دیگر نیز نتایج مشابهی در ارتباط با اسانس کارده به دست آوردند. نتایج تحقیقات این محققین نشان داد که اسانس کارده بر علیه *Enterococcus faecalis S.* و *P. aeruginosa M.* دارای خاصیت آنتی بیوتیکی است (Vakili et al. 2022)، این تحقیق با یافته‌های تحقیق حاضر مبنی بر اثر بخشی اسانس کارده بر علیه *Pss* مطابقت دارد. در مطالعه دیگری عصاره هیدروالکلی برگ کارده بر علیه *P. aeruginosa* مورد استفاده قرار گرفت و نشان داده شد که عصاره این گیاه در غلظت‌های کم تا زیاد خاصیت باکتری‌کشی دارد؛ البته با افزایش غلظت عصاره، قطر هاله عدم رشد باکتری افزایش یافت (Kordjezi & Farahmandfar 2019).

در پژوهش حاضر اثر بازاریابی و خاصیت ضد باکتریایی اسانس‌های گیاهی اسطوخودوس، آویشن کوهی، پونه کوهی، کارده و بن‌سرخ در برابر باکتری *Pss* در شرایط آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌ها در پژوهش نشان داد که اسانس‌های گیاهی خاصیت بازاریابی علیه باکتریای عامل بیماری شانکر درختان بادام در شرایط آزمایشگاه را داشتند، به طوری که اثر بازاریابی اسانس‌های آویشن کوهی و اسطوخودوس در غلظت ۷۵۰ میلی‌گرم بر لیتر بر رشد باکتری تفاوت چندانی با ترکیب شیمیایی بردوفیکس نداشته و حتی در سطح یک درصد در یک گروه آماری قرار داشتند؛ همچنین تمامی اسانس‌های مورد استفاده در این آزمایش نسبت به تیمار شاهد اثر بازاریابی بهتری از خود نشان دادند. یافته‌ها در آزمایش بررسی مهار علائم لکه برگی نشان داد که اسانس‌های گیاهی در کاهش علائم لکه برگی اثرگذار بودند به طوری که اسانس‌های آویشن کوهی و اسطوخودوس در مقایسه با بردوفیکس در یک گروه آماری قرار داشتند و حتی اسانس آویشن کوهی با غلظت ۷۵۰ میلی‌گرم بر لیتر عملکرد بهتری نشان داد. نتایج این پژوهش نشان داد که در مدیریت بیماری شانکر باکتریایی درختان بادام می‌توان از ترکیبات گیاهی مانند اسانس‌ها به عنوان جایگزین ترکیبات شیمیایی استفاده نمود.

بیماری شانکر باکتری مرکبات در شرایط آزمایشگاهی و گلخانه-ای مورد ارزیابی قرار گرفت، که بازاریابی رشد باکتری را به همراه داشت. در این بررسی، تمام اسانس‌ها مخصوصاً هل و زنجبیل عملکرد خوبی در کنترل بیماری نشان دادند (Rezaei, 2019).

در پژوهشی اثر ضدباکتریایی اسانس و عصاره آبی چندین گیاه را علیه باکتری‌های *Xanthomonas arboricola pv. V. pruni* و *Pss* عامل شانکر باکتریایی مورد ارزیابی قرار دادند، که در باکتری *X. arboricola* اسانس نعناع و مریم‌گلی بیشترین و اسانس بومادران، گلپر و گشنیز کمترین اثر بازاریابی در رشد باکتری بودند. در باکتری *P. syringae* اسانس آویشن و زنیان به ترتیب بیشترین اثر بازاریابی علیه باکتری *P. syringae* بودند (Mahmoudi et al. 2010). بررسی اثر ضد باکتریایی اسانس مزنجوش بر باکتری عامل شانکر مرکبات نشان داد که تاثیر بازاریابی علیه بیمارگر داشته و در غلظت‌های ۴ و ۴/۵ میکرو لیتر بر میلی‌لیتر به ترتیب به میزان ۶۲/۵ و ۵۳/۱۲ درصد بیشترین تاثیر را کاهش بیماری نشان دادند (Shahivand et al. 2017).

در پژوهشی اثر ضدباکتریایی چند اسانس گیاهی علیه باکتری عامل شانکر درختان میوه هسته‌دار (*Pss*) در شرایط آزمایشگاهی به این نتیجه رسیدند که اثر اسانس آنغوزه و رزماری با اثرات اکسی‌تتراسایکلین و کوپراکسی کلراید برابر است (Khodaygan et al. 2012). در پژوهشی در شرایط آزمایشگاهی و گلخانه‌ای، از گیاهان تم‌رندی، گوارا، چای‌ترش، انار و *Spondias pinnata* علیه بیماری شانکر مرکبات با عامل *X. axonopodis pv. citri* استفاده شد که موثرترین اثر بازاریابی به میزان ۴۸ درصد بیماری مربوط به تم‌رندی بود (Leksomboon et al. 2001). در پژوهشی دیگر نشان داده شد که اسانس گونه‌های نعناع داری بیشترین اثر بازاریابی روی باکتری *X. translucens pv. translucens* عامل بیماری نواری جو و گندم دارند (Biki & Alizadeh 2005). بررسی تاثیر چندین اسانس گیاهی (شامل آویشن، نعناع فلفلی، دارچین و میخک) بر باکتری عامل شانکر گوجه‌فرنگی با عامل *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis Y.* نشان داد که اسانس آویشن بیشترین میزان بازاریابی از رشد را در بین اسانس‌ها دارا است (Soylu et al. 2006). در پژوهشی دیگر بررسی تاثیر عصاره چند گیاه دارویی بر کنترل بیماری شانکر مرکبات با عامل *X. axonopodis pv. citri* مورد ارزیابی قرار گرفت، که نتایج نشان داد میزان بازاریابی عصاره اسطوخودوس

## References

- Abu-Lafi S, Odeh I, Dewik H, Qabajah M, Hanuš LO, *et al.*, 2008. Thymol and carvacrol production from leaves of wild Palestinian *Majorana syriaca*. *Bioresource Technology* 99(9): 3914–3918.
- Ahmadi Asbchin S, Mostafapour MJ, 2018. Antibacterial interactions between rosemary essential oil and lavender essential oil on two gram-positive and three gram-negative bacteria in vitro. *Cellular & Molecular Research, Iranian Journal of Biology* 31(2): 121–136 (In Persian with English abstract).
- Akhlaqi M, Tariqi S, Farsi M, Taheri P, 2016. Identification and investigation of some pathogenicity factors of *Pseudomonas tolaasii* isolates isolated from edible white button mushroom in Iran. *Plant Diseases* 51(4): 399–412 (In Persian with English abstract).
- Alimi M, Jahanteigh S, 2012. Studying the effect of several medicinal plant extracts on the control of citrus blast disease. *Quarterly Journal of Plant Sciences Research* 7: 57–66 (In Persian with English abstract).
- Alimi M, Jahantig S, 2012. Studying the effect of several medicinal plant extracts on the control of citrus blast disease, Plant Environmental Physiology. *Iranian Plant Ecophysiology Research* 7(28): 57–66.
- Amanifar N, 2010. Winter sunburn as a predisposing factor for bacterial canker of almond and peach trees in Chaharmahal and Bakhtiari Province. *Plant Pests & Diseases* 88(1): 113–123 (In Persian with English abstract).
- Amiri H, 2006. Investigation of the constituents present in the essential oil and the antimicrobial effects of the essential oil and various extracts of *Allium jesdianum* Boiss and Buhse. *Quarterly Journal of Medicinal Plants* 6(21): 39–44 (In Persian with English abstract).
- Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar, M, 2008. Biological effects of essential oils—a review. *Food & Chemical Toxicology* 46(2): 446–475.
- Esmailzadeh Bahabadi S, Sharifi M, 2013. Increasing the production of plant secondary metabolites using biological elicitors. *Cell & Tissue* 4(2): 119–128 (In Persian with English abstract).
- Etminani F, Etminani A, 2020. Antibacterial activity of hydroalcoholic extracts of thyme and lemon balm on *Pseudomonas syringae* bacteria in vitro. *Cellular and Molecular Research. Iranian Journal of Biology* 33(2): 136–143 (In Persian with English abstract).
- Fani S R, Azimi H, Beyki F, Najafinia M, 2021. Efficacy of commercial fungicide copper oxychloride in controlling cucumber downy mildew. *Applied Research in Plant Protection* 10(4): 81–89 (In Persian with English abstract).
- Gašić K, Prokić A, Ivanović M, Kuzmanović N, Obradović A, 2012. Differentiation of *Pseudomonas syringae* pathovars originating from stone fruits. *Pesticidi Fitomedicina* 27(3): 219–229.
- Jazayeri M, Radi S, Abdolsamadi H, Madanipour A, Sami L, 2016. Comparison of the inhibitory effects of essential oils of *Thymus eriocalyx* and *Thymus kotschyanus* with nystatin on the growth of *Candida albicans*. *Journal of the Faculty of Dentistry of Mashhad* 40(2): 133–142 (In Persian with English abstract).
- Khodakaramian G, Ghasemi A, 2002. Effect of integrated pruning and two bactericide compounds on controlling citrus bacterial canker in southern Iran under field conditions. *Seed and Plant Certification and Registration Journal* 18(3): 316 (In Persian with English abstract).
- Khodaygan P, Sedaghati Kharavi A, Hosseinipour A, Baghaei Ravari S, 2012. Investigation of canker disease of stone fruit trees and the antibacterial effect of some plant essential oils on its causative bacteria in Kerman Province. *Plant Diseases* 48(3(191)): 303–317 (In Persian with English abstract).
- Kordjezi A, Farahmandfar R, 2019. Antibacterial activity of hydroalcoholic extract of cardoon leaves on *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enteritidis* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Food Science & Technology* 97(16): 35–29 (In Persian with English abstract).
- Leksomboon C, Thaveechai N, Kositratana W, 2001. Potential of plant extracts for controlling citrus canker

- of lime. *Agriculture & Natural Resources* 35(4): 392-396.
- Mahmoudi H, Rahnama K, Arabkhani MA, 2010. Investigation of the antibacterial effect of essential oils and aqueous extracts of medicinal plants on the canker and leaf spot agent of stone fruit trees. *Medicinal Plants* 9(36): 34-42 (In Persian with English abstract).
- Mahmoudi R, Tajik A, Ehsani M, Zare M, 2015. Determination of chemical compounds and antimicrobial effects of oregano essential oil against *Staphylococcus aureus* bacteria. *Armaghane Danesh* 16(5): 400-412 (In Persian with English abstract).
- Mahmoudi R, Zanganejad Z, Satraki M, 2018. Protective effect of Kardeh plant extract on depression and pain in a 6-hydroxydopamine-induced Parkinson's model in rats. *New Findings in Biological Sciences* 5(4): 365-371 (In Persian with English abstract).
- Meshki Baf M, Abdollahi A, Fasihi Ramandi S, Adnani Sadati S, Muroj A, 2009. Antibacterial effects of hydroalcoholic extracts of oregano, bitter marjoram, wild barberry, & mountain tea. *Koomesh* 11(4): 240-244 (In Persian with English abstract).
- Mirzaei, S. Heydari, M. Daneshvar, M. Moalemi, N. A., 2019. The effect of sodium chloride on nitrate levels, ion accumulation and nitrate reductase activity in two almond rootstocks. *Plant Biological Sciences* 11(3): 1-16.
- Mogharipour A, Mahmoudpour M, Zamani M, Abedini S, Jamali Z, 2017. In vitro comparison of the antifungal effect of oregano extract with nystatin on *Candida albicans*. *Journal of Mashhad Dental School* 42(3): 271-277 (In Persian with English abstract).
- Prusinowska R, Śmigielski KB, 2014. Composition, biological properties and therapeutic effects of lavender (*Lavandula* L). A review. *Herba Polonica* 60(2): 56-66.
- Qaraqani A, Eshghi S, 2014. *Prunus scoparia*, a potentially versatile wild almond species in Iran. *Second International Symposium on Wild Relatives of Subtropical & Temperate Fruit & Nut Plants* 74(10): 67-72. (In Persian with English abstract).
- Raisi M, Shekarforosh S Sh, Aminlari M, Qeysari HR, Golkari HA, 2017. Investigation of the physicochemical properties of emulsion sausage produced with meat tenderized by aqueous extract of cardamom plant (*Biarum carduchorum*). *Food Hygiene* 7(2 (26)): 57-66. (In Persian with English abstract).
- Rezaei R, 2019. The effect of eight plant essential oils on citrus bacterial canker. *Science of Plant Pathology* 9(1): 30-39 (In Persian with English abstract).
- Samavi S, Hassanzadeh N, Faghihi MM, Danesh R, 2009. Effects of thyme (zaatar) essential oil and some chemical compounds in the control of citrus bacterial canker in Iran. *Journal of Plant Pathology* 91: 691-696.
- Shahivand M, Rezaei Ahmadabadi M, Bazgir A, Yazdani-Biouki R, 2017. Investigation of the antibacterial activity of marjoram essential oil on the bacteria causing citrus canker disease. *World of Microbes* 10(1 (30)): 69-79. (In Persian with English abstract).
- Sienkiewicz M, Głowacka A, Kowalczyk E, Wiktorowska-Owczarek A, Józwiak-Bębenista M, 2014. The biological activities of cinnamon, geranium and lavender essential oils. *Molecules* 19(12): 20929-20940.
- Sowndhararajan K, Joseph JM, Manian S, 2013. Antioxidant and free radical scavenging activities of Indian Acacias: *Acacia leucophloea* (Roxb.) Willd., *Acacia ferruginea* DC., *Acacia dealbata* Link. and *Acacia pennata* (L.) Willd. *International Journal of Food Properties* 16(8): 1717-1729.
- Soylu S, Soyulu EM, Baysal O, Zeller W, 2006. Antibacterial activities of the essential oils from medicinal plants against the growth of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. *Biocontrol of Bacterial Plant Diseases* 408: 82-88.
- Tabatabaei-Yazdi F, Alizadeh-Behbahani B, Vasiee AR, Mortazavi SA, Tabatabaei-Yazdi F, 2016. Antifungal activity of extracts *Biarum carduchorum* (Kardeh) on *Aspergillus fumigatus* and *Penicillium expansum* in vitro. *Zahedan Journal of Research in Medical Sciences* 18(4): e6464.
- Taheri A, Tarighi S, Taheri P, 2015. Investigation of the relationship between some pathogenic factors and ice

- nucleation potential in *Pseudomonas syringae* strains isolated from stone fruit trees. *Iranian Plant Science*. 46(2): 351–362 (In Persian with English abstract).
- Tomishima H, Luo K, Mitchell, AE, 2022. The almond (*Prunus dulcis*): Chemical properties, utilization, and valorization of coproducts. *Annual Review of Food Science & Technology* 13: 145–166.
- Vakili S, Shabaninejad Z, Ameri M, Ebrahimezhad A, Shojazadeh A, 2022. Green synthesis, characterization and antibacterial activity of silver nanoparticles by *Biarum chaduchrum* leaf extract. *Applied Physiology* 128: 241–251.
- Young JM, 2010. Taxonomy of *Pseudomonas syringae*. *Journal of Plant Pathology* 92(1): 5–14.
- Zarezadeh A, Mirhosseini A, Mirza M, Jamzad Z, Arabzadeh M, 2016. Investigation of the quantity and quality of essential oil of mountain thyme (*Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen.) accessions cultivated in Yazd province. *Iranian Medicinal & Aromatic Plant Research* 32(6): 937–947 (In Persian with English abstract).