استفاده از تیمار فسفیت پتاسیم جهت کنترل بیماری شانکر باکتریایی بادام (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*) در آزمایشگاه و باغ

Application of potassium phosphite treatment to control the bacterial canker disease of almond (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*) in laboratory and garden

محمدرضا ارژنگ[۱]، جلال غلام نژاد[۲*] و اعظم جعفری[۲]

دریافت: ۱۴۰۲/۹/۱۹ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۳

چکیده

بادام *Prunus dulcis* یکی از مهم‌ترین درختان هسته‌دار در مقیاس تجاری در ایران و در استان چهارمحال و بختیاری است. بیماری شانکر باکتریایی با عامل بیمارگر *Pseudomonas syringae*-pv. syringae در بادام یکی از خسارت‌زاترین بیماری‌ها در سطح باغات بادام استان است و در سال‌های اخیر، با گسترش علایم شانکر همراه با ترشح صمغ و پلاست شکوفه در باغات استان مشاهده می‌شود. این باکتری از طریق زخم‌های ریز در برگ‌ها و شاخه‌ها وارد درخت بادام شده و باعث ایجاد التهابات و سیاهی در برگ‌ها و شاخه‌ها می‌شود. برای کنترل این بیماری، استفاده از ترکیبات مسی نظیر بردوفیکس و اکسی‌کلرید مس علاوه بر مقاومت در جمعیت باکتری‌ها، تأثیر پایین عملکرد و گیاه‌سوزی را به همراه دارد؛ لذا با استفاده از روش‌های جایگزین و به‌کارگیری ترکیبات شیمیایی نظیر فسفیت‌پتاسیم باعث تحریک در واکنش‌های دفاعی گیاه در برابر بیمارگر می‌شود. در این تحقیق از غلظت‌های ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر فسفیت پتاسیم و ترکیب بردو جهت کنترل باکتری عامل شانکر باکتریایی در آزمایشگاه روی محیط نوترینت آگار و باغ استفاده شد. نتایج نشان داد فسفیت پتاسیم در مقایسه با ترکیب بردو در سطح قابل قبولی قادر به کنترل این باکتری در هر دو شرایط محیطی آزمایشگاه و باغ قرار داشت. این ترکیب علاوه بر اینکه مادهٔ مغذی است، به‌عنوان ترکیبی بی‌ضرر می‌توان در کنترل این بیماری از آن بهره جست. غلظت‌های ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر فسفیت پتاسیم به ترتیب توانستند میزان رشد باکتری را به میزان ۴۰/۸۸، ۴۷/۷۸ و ۵۲/۹۳ درصد در مقایسه با شاهد کاهش دهند. در باغ نیز تعداد لکه برگی‌ها در اثر مصرف غلظت‌های دو، سه و پنج در هزار فسفیت پتاسیم به ترتیب به تعداد ۲۳، ۱۹ و ۱۴ (در مقایسه با شاهد با تعداد ۳۸ لکه) مورد مشاهده قرار گرفت. فسفیت پتاسیم علاوه بر مقرون به صرفه بودن از نظر اقتصادی نسبت به قارچ‌کش‌های مسی، برای سلامتی انسان و محیط زیست کم‌خطر نیز است. این پژوهش نشان داد فسفیت‌پتاسیم همانند قارچ‌کش‌های مسی نظیر اثر ضدباکتریایی قابل قبول دارد.

واژگان کلیدی: شانکر باکتریایی، بادام، فسفیت پتاسیم، *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*

مقدمه

بادام، *Prunus dulcis* از خانواده گل‌سرخیان *Rosaceae* بومی آسیای میانه و ایران است (Casas-Agustench *et al*., 2011). امروزه در بیش از ۵۰ کشور جهان ارقام مختلف بادام کشت می‌شوند. بر اساس آمار ارائه شده توسط سازمان جهانی غذا (FAO)، سطح زیر کشت بادام در کل دنیا بالغ بر ۱/۶۵میلیون هکتار است. بیشترین سطح زیر کشت آبی و میزان تولید بادام در ایران به ترتیب متعلق به استان‌های چهارمحال و بختیاری، فارس، خراسان رضوی،

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران
۲- دانشیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران
نویسنده مسئول مکاتبات: jalal.gholamnejad@gmail.com

آذربایجان‌شرقی، کرمان، اصفهان و مرکزی می‌باشد. در این میان استان چهارمحال و بختیاری به‌عنوان یکی از قطب‌های تولید بادام دارای اهمیت خاصی بوده و بادام در اقتصاد باغداران این استان دارای جایگاه ویژه‌ای است (Moayedi *et al*., 2011). یکی از عوامل اصلی مدنظر تولیدکنندگان بادام، مقاومت به آفات و بیماری‌های کلیدی در باغات است. درخت بادام همانند سایر هسته‌داران از بیماری‌های متعدد قارچی، باکتریایی و ویروسی صدمه می‌بیند که از آن میان می‌توان به بیماری شانکر باکتریایی با عامل *Psedomonas syringae* pv. syringae اشاره کرد. این بیماری از اغلب مناطق میوه‌کاری دنیا گزارش شده است، به‌خصوص در مناطقی با شرایط آب و هوایی بهاره‌ای خنک و مرطوب بسیار جدی است (رنجبری و همکاران، ۱۴۰۰). در ایران بیماری شانکر باکتریایی در باغات بادام از استان‌های اصفهان، چهارمحال و بختیاری، خراسان رضوی و سایر استان‌هایی که باغات بادام در آن‌ها وجود دارد، گزارش شده است (باباعلی و همکاران، ۱۳۹۲).

بیماری شانکر باکتریایی که به آن بیماری بلاست جوانه، بلاست شکوفه، خشکیدگی باکتریایی سرشاخه و سوختگی سیخک هم گفته می‌شود (Agrios, 2005)، باعث کاهش کیفیت و کمیت میوه و در نهایت خشکیدگی و مرگ درختان میوه می‌شود (Sulikowska and Sobiczewski, 2008). باکتری *Pseudomonas syringae* pv. syringae عامل ایجاد شانکر است. از طریق پوست آسیب دیده یا جراحت موجود بر درختان، مانند بریدگی شاخه، به درختان نفوذ می‌کند. این باکتری گرم منفی، می‌تواند عامل محدودکننده‌ای در باغ میوه باشد. اگرچه باکتری‌ها در بیرون گیاه زنده هستند، اما باید به داخل آن نفوذ کرده و در فضای بین سلول‌های گیاهی (آپوپلاست) تکثیر شوند تا بتوانند این بیماری را در درختان ایجاد کنند (Kennelly *et al*., 2007). شانکر باکتریایی در اغلب مناطق کشت درختان میوه هسته‌دار شایع بوده و به‌خصوص در شرایط سرد و مرطوب بسیار خسارت‌زا است و می‌تواند موجب افت عملکرد ناشی از صدمه به درختان بارده و مرگ درختان بالغ، جوان و نهال شود (Sulikowska and Sobiczewski, 2008).

مبارزه شیمیایی به کمک ترکیب بردو در بهار قبل از شکوفه‌دهی و یا استفاده از اکسی‌کلرورمس و آنتی‌بیوتیک‌های استرپتومایسین و اریترومایسین برای کنترل بیماری به کشاورزان به وفور توصیه شده است (اطمینانی و اطمینانی، ۱۳۹۹)، که علاوه بر مقرون به صرفه نبودن موجب بروز مقاومت در جمعیت‌های باکتریایی شده و در بسیاری از کشورهای پیشرفته اجازه مصرف ندارد. به‌طور کلی در طولانی مدت هیچ یک از این راه حل‌ها نتوانسته نتیجه مطلوبی را در پی داشته باشد. در عین حال به نگرانی‌های بشر در رابطه با مصرف سموم هم افزوده است. مصرف سموم در کنار اتلاف سرمایه، تحمیل هزینه مضاعف به کشاورزان و در نهایت اضافه شدن قیمت محصول برای مصرف کننده، مشکلات جانی و زیست محیطی به مراتب خطرناک‌تری را به دنبال دارد که امروزه این مشکلات بر همگان محرز است (Cacique *et al*., 2019).

یک روش جدید در مدیریت یکپارچه محصولات استفاده از ترکیبات شیمیایی است که باعث تحریک واکنش‌های دفاعی گیاه به دنبال حمله بیمارگرها می‌شوند. این ترکیبات به نام القاءکننده‌های مقاومت یا تقویت‌کننده‌های گیاهی شناخته می‌شوند (Silva *et al*., 2011). از ویژگی‌های بارز این ترکیبات استفاده از دوز پایین‌تر نسبت به قارچ‌کش‌های سنتی، کم‌خطر بودن برای سلامتی انسان و محیط زیست و مقرون به صرفه بودن از نظر اقتصادی است (Achary *et al*., 2017).

پتاسیم در بین تمام عناصر غذایی، مهم‌ترین عنصری است که مقاومت به بیماری‌ها و آفات گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Amtmann *et al*., 2008). کمبود پتاسیم دیواره سلولی را نسبت به خروج مواد هیدروکربنه نشت‌پذیر نموده و بدین ترتیب شرایط مناسبی را جهت حمله آفات و عوامل بیماری‌زا فراهم می‌سازد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۹۵). پتاسیم فراوان‌ترین کاتیون موجود در سیتوپلاسم بوده و نمک‌های پتاسیم به ایجاد پتانسیل اسمزی مناسب در درون بافت‌ها و سلول‌های گیاهان گلیکوفیت کمک می‌کنند. نقش پتاسیم در بزرگ شدن سلول‌ها به‌عنوان بخشی از فرآیند رشد سلولی و دیگر فرآیندهایی که به‌وسیله عمل تورژسانس تنظیم می‌شود، با غلظت این عنصر در واکوئل‌ها ارتباط دارد، علاوه بر این پتاسیم منجر به ایجاد تعادل در گیاه می‌شود و در حمل و نقل قندها درگیر است (رسولی، ۱۳۹۵).

فسفر دومین عنصر پرمصرف در گیاهان است که غلظت‌های بالای آن می‌تواند باعث کاهش شدت بیماری‌ها و آفات شود (Dordas, 2008). ترکیب فسفیت نسبت به فسفات متفاوت است، زیرا فسفیت به‌علت دارا بودن یک اکسیژن کمتر از فسفات، سرعت حرکت بسیار بیشتری داشته و علاوه بر تحریک رشد رویشی و زایشی گیاه منجر به کنترل طیف گسترده‌ای از عوامل بیماری‌زای قارچی و آفات می‌گردد (Liljeroth *et al*., 2016). فسفیت‌ها از جمله ترکیبات شیمیایی هستند که باعث القای مقاومت در گیاه می‌شوند و قادر به کنترل بیماری‌ها با اثر مستقیم بر بیمارگر و غیرمستقیم با تحریک پاسخ‌های دفاعی میزبان‌اند (Deliopoulos *et al*., 2010). اثر مستقیم شامل مهار رشد میسلیوم و کاهش تغییر متابولیسم بیمارگر (Lobato *et al*., 2011) و غیرمستقیم شامل تحریک دفاع در گیاه مانند افزایش تولید فیتوالکسین‌ها، گونه‌های اکسیژن فعال، القای PRs و تقویت دیواره سلولی است (Lim *et al*., 2013). فسفیت پتاسیم سیگنال‌دهی مقاومت اکتسابی سیستمیک (SAR) و مقاومت سیستمیک القایی (Induced Systemic Resistance= ISR) را افزایش می‌دهد (Costa *et al*., 2018)، مقاومت القایی (Induced Resistance= IR) مکانیزمی است که در اثر محرک‌های زیستی و غیرزیستی فعال می‌شود و باعث افزایش سطح مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های بعدی شده که بر اساس تفاوت در مسیر سیگنال‌دهی به دو نوع، مقاومت اکتسابی سیستمیک (Systemic Acquired Resistance= SAR) و مقاومت سیستمیک القایی (ISR) تقسیم می‌شود. در مقاومت القایی ممکن است پاسخ‌های دفاعی مستقیماً فعال نشود؛ بلکه مکانیسم‌های دفاعی پایه که وجود دارد، سریع‌تر و بسیار بیشتر در هنگام نفوذ بیمارگر فعال شود (Goellner and Conrath, 2008). همچنین با واکنش فوق‌حساسیت منجر به افزایش مرگ برنامه‌ریزی شده سلولی در سلول‌های آلوده می‌شود (Eshraghi *et al*., 2011).

هدف از این پژوهش بررسی میزان بازدارندگی غلظت‌های مختلف فسفیت پتاسیم روی باکتری *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* عامل بیماری شانکر باکتریایی درختان میوه در شرایط آزمایشگاهی و گلخانه‌ایی و مقایسهٔ آن با ترکیب بردو در باغات شهرستان سامان بود.

مواد و روش‌ها

مشخصات و محل اجرای طرح

این مطالعه در آزمایشگاه گیاه‌شناسی دانشکده کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه اردکان و در گلخانه‌ای در شهرستان سامان، استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. تیمار مورد آزمایش فسفیت پتاسیم در غلظت‌های ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر بود. کود فسفیت پتاسیم مورد استفاده در این آزمایش با نام تجاری King xgreen محصول شرکت مرسین کشت و مخلوط قارچ‌کش بردو با نام تجاری بردوسیف شرکت سبزآور نگین فلات بود.

عملیات جداسازی باکتری عامل شانکر باکتریایی

نمونه‌برداری از باغات درختان بادام واقع در مناطق مختلف استان چهارمحال و بختیاری (شهرستان سامان) صورت گرفت. پس از بازدید از باغات بادام، از درختان دارای علائم لکه‌برگی و شانکر باکتریایی، نمونه‌هایی از بافت‌های آلوده، برگ، تنه، شاخه و سرشاخه جمع‌آوری و در داخل پاکت‌های کاغذی به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌ها در دمای چهار درجه سلسیوس نگهداری شدند. برای جداسازی باکتری، ابتدا برگ‌های دارای علایم لکه برگی نکروزه و شاخه‌های دارای شانکر در زیر جریان آب معمولی شسته شدند و سپس به مدت سه دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم سه درصد تجاری قرار گرفتند؛ سپس با آب مقطر سترون دو بار شست‌وشو شده و روی کاغذ صافی سترون خشک شدند. از حد فاصل بافت سالم و آلوده برگ و حاشیه شانکر روی شاخه، قطعات یک الی دو سانتی‌متری جدا و در تشتک به‌وسیله تیغ اسکالپل سترون قطعه قطعه شدند و چند قطره آب مقطر سترون به آن‌ها اضافه شد. پس از ۱۵ دقیقه، یک لوپ از هر یک از سوسپانسیون‌های باکتریایی برداشته شد و روی محیط کشت آگار غذایی پنج درصد سوکروز (NAS) مخطط و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۲۷ درجهٔ

سلسیوس نگهداری شدند. تک پرگنه‌ها به رنگ کرم، سفید و محدب انتخاب و مجدداً روی محیط آگار غذایی خالص گردیدند (Rademaker *et al*., 2000). از باکتری‌های تازه کشت شده (۲۴ ساعته) سوسپانسیون غلیظی در میکروتیوپ‌های حاوی آب مقطر سترون تهیه و در دمای چهار درجه سلسیوس نگهداری شدند (Mirsalehian *et al*., 2010). تشخیص باکتری بر اساس آزمون بیوشیمیایی صورت گرفت.

آزمون‌های فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و تغذیه‌ای

کلیه جدایه‌ها در آزمون‌های فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و تغذیه‌ای بررسی شدند، که عبارت بودند از تعیین واکنش گرم، تولید رنگدانه فلورسنت، فعالیت کاتالاز، تولید اوره‌آز، احیای نیترات، توانایی رشد در دماهای ۳۵ و ۳۱ درجه سلسیوس، هیدرولیز نشاسته و توئین۸۰، آزمون توانایی استفاده از برخی منابع هیدروکربنی، آزمون (LOPAT)، تولید لوان، اکسیداز، فعالیت پکتولتیکی، 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. سایر آزمون‌های رایج با استفاده از روش های متداول در باکتری‌شناسی گیاهی انجام شد (Schaad *et al*., 2001).

آزمون بیماری‌زایی

آزمون بیماری‌زایی به روش تزریق سوسپانسیون در بافت گیاهی انجام شد (Thomidis *et al*., 2005). برای این منظور درخت بادام (رقم مامایی سه ساله) مورد استفاده قرار گرفت. از کشت‌های یک الی دو روزه جدایه‌های باکتریایی با غلظت $۱۰^{۷}$ سلول در میلی‌لیتر تهیه شد و با استفاده از سرنگ انسولین۱۰ میکرولیتر از سوسپانسیون به زیر پوست شاخه جوان بادام تزریق گردید. برای اثبات بیماری‌زایی روی برگ، سرشاخه‌های دارای برگ‌های سالم انتخاب شد و سطح برگ‌ها با پنبه آغشته به الکل اتانول ۷۰ درصد ضدعفونی شد، سپس روی برگ‌ها با سوزن، زخم‌هایی ایجاد و مقدار۵۰ میکرولیتر از سوسپانسیون باکتری با غلظت $۱۰^{۷}$ سلول در میلی‌لیتر روی سطح برگ‌ها، به وسیلهٔ سم‌پاش دستی یک لیتری، پاشیده شد و روی نهال‌ها با کیسه‌های پلاستیکی شفاف پوشانده شد. جهت تأمین رطوبت کافی، سرشاخه‌ها با آب‌پاش حاوی آب مقطر سترون خیس شده و پوشش نایلونی روی آن‌ها قرار گرفت. روی نهال‌های شاهد نیز به همان مقدار آب مقطر سترون پاشیده شد. گلدان‌ها در شرایط گلخانه با دمای ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری شد.

آزمون آزمایشگاهی

از کشت‌های ۲۴ ساعته باکتری‌ها سوسپانسیونی با غلظت $۱۰^{۷}$ الی $۱۰^{۸}$ سلول باکتری در میلی‌لیتر تهیه شد. غلظت سوسپانسیون با استفاده از روش اسپکتوفتومتری اندازه‌گیری شد. ۰/۱ میلی‌لیتر از سوسپانسیون روی محیط کشت حاوی ۲۳ گرم آگار مغذی، گلوکز پنج گرم و آب مقطر یک لیتر پخش شد. مدتی بعد از خشک شدن سطح تشتک‌ها (قطر۱۰ سانتی‌متر) چاهک‌هایی به قطر سه میلی‌متر در وسط هر تشتک ایجاد و حدود ۱۲ میکرولیتر از هر یک از غلظت‌های فسفیت پتاسیم و ترکیب بردو درون هر چاهک ریخته شد. برای تیمار شاهد از آب مقطر سترون استفاده شد. برای هر تیمار سه تکرار در نظر گرفته شد. درب تشتک با پارافیلم بسته و به‌طور وارونه در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس نگهداری شد. بعد از گذشت ۴۸ ساعت قطر هاله بازدارندهٔ رشد اطراف چاهک اندازه‌گیری و ثبت شد. در این آزمون از غلظت‌های دو، سه و پنج در هزار فسفیت‌پتاسیم و ترکیب بردو جهت کنترل باکتری عامل شانکر در آزمایشگاه استفاده شد. طرح آزمایشی مورد استفاده در این مطالعه کاملاً تصادفی بود. درصد بازدارندگی بعد از اندازه‌گیری قطر هالهٔ بازدارندگی از فرمول زیر محاسبه شد:

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

آزمون میدانی (باغ)

نهال‌های رقم مامایی بادام سه ساله گواهی شده از نهالستان کبیری واقع در شهرستان سامان، استان چهارمحال و بختیاری تهیه گردید. خاک مورد استفاده از سه قسمت مساوی کود حیوانی، خاک زراعی و خاک‌برگ هر کدام ۱۰ کیلوگرم بود که در کیسه‌های نشاء با دستگاه اتوکلاو موجود در آزمایشگاه گیاه‌شناسی دانشکده کشاورزی و منابع‌طبیعی چهار بار با فشار بخار آب، سترون گردید و به مدت سه هفته برای بازسازی بافت خاک، در گلخانه نگهداری شد. تمام نهال‌ها در گلدان‌های هم‌شکل و هم‌اندازه ۱۰ کیلوگرمی کاشته و به مدت یک ماه در شرایط گلخانه نگهداری و هر دو روز یک‌بار آبیاری شدند. به منظور بررسی اثر غلظت فسفیت پتاسیم و ترکیب بردو در کنترل بیماری شانکر باکتریایی، برگ‌های نهال بادام از گلخانه به آزمایشگاه منتقل شدند. مایه‌زنی برگ‌ها در شرایط سترون با سوسپانسیون کشت تازه باکتری با غلظت 10^7cfu/ml و به روش سوزن‌زنی (pin-prick method) انجام گردید (Samavi *et al*., 2009). قبل از مایه‌زنی غلظت فسفیت پتاسیم و ترکیب بردو و در تیمار شاهد آب سترون اسپری به برگ گردید. برگ‌های نهال مایه‌زنی شده در اتاقک رشد با دمای ۲۵-۲۸ درجه سلیسوس، رطوبت ۷۰-۹۰ درصد و ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی نگهداری شدند (Lin *et al*., 2008). بعد از دو هفته تعداد لکه‌ها شمارش گردید. درصد بازدارندگی بعد از اندازه گیری قطر هالهٔ بازدارندگی از فرمول زیر محاسبه شد:

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

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

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

نتایج

تأثیر بازدارندگی فسفیت پتاسیم بر روی باکتری *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* در شرایط آزمایشگاه

در شرایط آزمایشگاه تیمار فسفیت پتاسیم (در غلظت‌های ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر) مورد بررسی قرار گرفته روی باکتری *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* اثر بازدارندگی داشت (جدول ۱). در این پژوهش تأثیر فسفیت پتاسیم با غلظت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر با میانگین بازدارندگی ۵۲/۹۳ درصد عملکرد بهتری نسبت به فسفیت پتاسیم با غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر با میانگین بازدارندگی ۴۷/۷۸ درصد داشت ($p<0/01$).

جدول ۱- جدول تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف ترکیب بردو و فسفیت پتاسیم بر درصد بازدارندگی از رشد باکتری *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* در محیط کشت NA

Table 1. Variance analysis of the effect of different concentrations of Bordeaux compound and potassium phosphite on the inhibition percentage of the growth of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* in NA medium

(S.O.V)	منبع تغییرات	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)	F
Treatment	تیمار	5	68.12	22.48**
Error	خطای آزمایش	12	2.65	
Total	کل	17		

**به احتمال ۹۹ درصد ($p\leq$۰/۰۱) اختلاف معنی دار است.

**There is a significant difference with a probability of 99% ($p\leq0.01$).

هر سه غلظت فسفیت پتاسیم اثر بازدارندگی روی باکتری داشتند. غلظت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر فسفیت پتاسیم در مقایسه با قارچ‌کش مخلوط بردو با میانگین بازدارندگی۶۱/۴۶ درصد اثر بازدارندگی کمتری داشت (جدول ۲)؛ اما همین اثر بازدارندگی از یک ترکیب مغذی گیاهی نیز قابل قبول است.

جدول ۲- جدول مقایسه میانگین درصد بازدارندگی مربوط به اثر غلظت‌های مختلف ترکیب بردو و فسفیت‌پتاسیم بر بازدارندگی از رشد باکتری *Pseudomonas syringae* pv. syringae در محیط کشت NA

Table 2. The comparison table of the average percentage of inhibition related to the effect of different concentrations of Bordo compound and potassium phosphite on the inhibition of the growth of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* in NA medium

ردیف Row	تیمارها	Treatment	میانگین بازدارندگی (درصد) Mean of inhibition (%)
1	بردو ۲۰	Bordeaux 20	57.06bc
2	بردو ۳۰	Bordeaux 30	60.12b
3	بردو ۴۰	Bordeaux 40	67.22a
4	فسفیت پتاسیم ۲۰	Potassium phosphite 20	40.88f
5	فسفیت پتاسیم ۳۰	Potassium phosphite 30	47.78e
6	فسفیت پتاسیم ۴۰	Potassium phosphite 40	52.92cd

حروف مختلف نشان دهندهٔ اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد بین تیمارهای مورد مطالعه است.

Different letters indicate significant differences at the one percent level between the studied treatments.

اثر تیمارهای شیمیایی بر شدت بیماری در شرایط باغ

همه غلظت‌های ترکیبات فسفیت پتاسیم و ترکیب بردو مورد استفاده سبب کاهش تعداد لکه نکروز در برگ مایه‌زنی بادام شدند (جدول ۳). کمترین تعداد لکه و متعاقب آن کاهش بیماری‌زایی مربوط به مخلوط بردو با غلظت‌های سه و پنج در هزار و بردو با غلظت پنج در هزار، سپس مربوط به فسفیت‌پتاسیم با غلظت سه و پنج در هزار به ترتیب با مقادیر ۱۹ و ۱۴ لکه بود. در مورد هر دو ترکیب با افزایش غلظت کاهش میزان لکه مشاهده شد. بیشترین میزان لکه هم مربوط به شاهد به میزان ۳۸ لکه بود (جدول ۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف مخلوط بردو و فسفیت‌پتاسیم بر کاهش تعداد لکه برگی‌های بادام ناشی از باکتری *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*

Table 3. Variance analysis of the effect of different concentrations of Bordeaux and potassium phosphite on reducing the number of almond leaf spots caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* bacteria

(S.O.V) منبع تغییرات		درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)	F
Treatment	تیمار	6	49.12	25.36**
Error	خطای آزمایش	14	4.66	
Total	کل	20		

** به احتمال ۹۹ درصد (p≤۰/۰۱) اختلاف معنی دار است.

** There is a significant difference with a probability of 99% (p≤0.01).

جدول ۴- مقایسه میانگین مربوط به اثر غلظت‌های مختلف ترکیب بردو و فسفیت‌پتاسیم روی تعداد لکه برگی‌های بادام ناشی از باکتری *Pseudomonas syringae*-pv.*syringae*

Table 4. Comparison of the mean effect of different concentrations of Bordeaux and potassium phosphite on the number of almond leaf spots caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* bacteria

ردیف Row	تیمارها	Treatment	میانگین بازدارندگی (٪) Mean of inhibition (%)
1	بردو ۲ در هزار	Bordeaux 2000 ppm	15cd
2	بردو ۳ در هزار	Bordeaux 3000 ppm	12de
3	بردو ۵ در هزار	Bordeaux 5000 ppm	10e
4	فسفیت پتاسیم ۲ در هزار	Potassium phosphite 2000 ppm	23b
5	فسفیت پتاسیم ۳ در هزار	Potassium phosphite 3000 ppm	19bc
6	فسفیت پتاسیم ۵ در هزار	Potassium phosphite 5000 ppm	14cde
7	شاهد	Control	38a

حروف مختلف نشان دهندهٔ اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد بین تیمارهای مورد مطالعه است.

Different letters indicate significant differences at the one percent level between the studied treatments.

بحث

استفاده از ترکیبات شیمیایی نظیر فسفیت‌پتاسیم که خاصیت ضدباکتریایی و ضدقارچی دارد و همچنین باعث افزایش مقاومت درختان در برابر بیماری‌های مختلف، استرس‌های محیطی و افزایش سیستم ایمنی درختان می‌شود، می‌تواند جایگزین مناسبی برای قارچ‌کش مسی با خاصیت گیاه‌سوزی و خطرات زیست‌محیطی، شود. در پژوهش حاضر، مشخص گردید که فسفیت‌پتاسیم دارای اثر بازدارندگی و مهارکنندگی برعلیه باکتری *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* است. یافته‌ها نشان داد فسفیت پتاسیم با غلظت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین اثر بازدارندگی برعلیه باکتری *Pseudomonas syringae* و با غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر کمترین اثر بازدارندگی علیه باکتری *Pseudomonas syringae* را در شرایط آزمایشگاه دارد. همچنین فسفیت پتاسیم با غلظت پنج در هزار بیشترین مهارکنندگی را برعلیه باکتری *Pseudomonas syringae* و با غلظت دو در هزار کمترین مهارکنندگی را برعلیه باکتری *Pseudomonas syringae* در شرایط گلخانه دارد.

اثر ضدباکتریایی مسلماً در مورد فسفیت پتاسیم در ارتباط با عنصر فسفر به کار رفته در این ترکیب می باشد. فسفیت پتاسیم درون بافت گیاهی به اسید فسفریک تبدیل می‌شود که روی قارچ‌های اامیست اثر قارچ‌کشی دارد؛ علاوه بر این باعث تحریک تولید فیتوآلکسین‌ها می‌شود. فیتوآلکسین‌ها ترکیباتی هستند که در گیاه وجود دارند و یا در هنگام حمله مقدار آن‌ها در گیاه افزایش می‌یابد و از گسترش میسلیوم قارچ‌ها و همچنین تکثیر باکتری‌ها جلوگیری می‌کنند. این ترکیبات معمولاً در گیاهان و در واکنش به تنش‌های مختلف زنده (مانند بیمارگرها و حشرات) و یا غیرزنده (مانند خشکی و سرما) تولید می‌شوند. فیتوآلکسین‌ها با فعال کردن چرخهٔای متابولیسمی خاص در گیاه می‌توانند باعث افزایش دفاع خودکار گیاهان در مقابل بیمارگرها شوند (Gholamnezhad, 2019). انواع مختلفی از فیتوآلکسین‌ها در افزایش قدرت دفاع گیاه نقش دارند، مانند فلاونوئیدها، سزکوئی‌ترپن‌ها، فورانوترپنوئیدها، پلی‌استیلن‌ها، دی‌هیدروفنانترن‌ها. سنتز و تجمع فیتوآلکسین‌ها در گیاه می‌تواند به‌وسیله برخی ترکیبات نظیر فسفیت پتاسیم تحریک شود. مطالعاتی نشان داد که فسفیت پتاسیم نیز نقش مهمی در عقیم‌سازی به‌ویژه برای سیاه‌زخم، شانکرهای باکتریایی و قارچی دارد (Gholamnezhad *et al*., 2016).

مطالعات مختلف نشان داد که دو ترکیب فسفر و همچنین پتاسیم خاصیت فعال‌سازی مکانیسم‌های دفاعی گیاهی را در برابر بیمارگرها دارد. کمبود پتاسیم باعث ایجاد نشتی در دیوارهٔ سلولی و در نتیجه ورود قند فراوان و آمینواسید به فضای

آپوپلاست برگ شود (Ercolin and Reinhardt, 2011). نیتروژن به‌عنوان عنصر اصلی تشکیل دهندهٔ اسید آمینه‌ها در سلول، ارتباط مستقیمی با فراوانی اسیدهای آمینه داشته و لذا باعث ایجاد مقدار زیادی آمینو اسید و دیگر ترکیبات نیتروژن‌دار در بافت گیاه می‌شود. این عدم تعادل عناصر غذایی باعث فراهم آمدن شرایط نامساعد برای بیمارگرهای قارچی و در نتیجه باعث کاهش مقاومت گیاه به بیمارگرهای گیاهی می‌شود.

رابطهٔ بیماری‌های گیاهی با پتاسیم بسیار واضح و البته معکوس است، با بررسی مطالعات زیاد نشان داده شده است که پتاسیم باعث کاهش ۷۰ درصدی خسارت باکتری‌ها و قارچ‌ها و ۶۰ درصدی خسارت حشرات و کنه‌ها شده است (Kamble *et al*., 2009).

پاسخ گیاهان چند ساله به کاربرد خاکی منابع فسفیت تا حدودی ناشناخته مانده است؛ اما اطلاعات در این باره در حال گسترش است. هنگامی که نمک فسفونات آلومینیوم با نام فوزتیل آلومینیوم به‌عنوان محصولی تجاری عرضه شد، دوباره توجهات به فسفیت‌ها جلب شد. فوزتیل آلومینیوم از راه آوندهای آبکشی و به شکل فسفیت، از برگ‌ها به ریشه انتقال یافته و برخی از بیماری‌های قارچی را مهار می‌کند. تحقیقات بیانگر آن است که فسفیت رشد قارچ‌های *Phytophthora* در ریشه را به‌طور مستقیم محدود نموده، علاوه برآن سبب تحریک سیستم دفاعی گیاه در برابر عوامل بیماری‌زا می‌گردد (Shamshiri and Fattahi, 2014). با اینکه فسفیت برخی از قارچ‌های اوومیست را به‌خوبی کنترل می‌کند، بر اغلب قارچ‌های خاکزی تأثیر ناچیز دارد. فسفیت به دلیل برخورداری از اثر قارچ‌کشی اختصاصی، توأم با قابلیت تحریک گیاهان برای تولید دامنه گسترده‌ای از متابولیت‌های فعال بیولوژیکی، ترکیباتی ایمن برای مصرف و کم‌خطر برای محیط زیست محسوب می‌شوند (Gholamnezhad, 2017).

بوته‌های گندم فقیر از لحاظ فسفر به‌طور فیزیولوژیکی تحت فشار بوده و مستعد ابتلا به بیماری‌هایی مانند پوسیدگی ریشه‌ها هستند. جذب فسفر به‌وسیلهٔ گیاه به شکل فسفر اکسید شده صورت می‌گیرد و بهترین شکل فسفر محلول خاک است که شامل یون‌های $H_2PO_4^-$ و HPO_4^{2-} است (Mostajeran and Rahimi-Eichi, 2009). بیشترین توانایی دسترسی فسفر برای گیاهان زراعی در دامنهٔ pH متعادل ۶/۵-۷/۵ روی می‌دهد. تحقیقات نشان داده‌اند که مفیدترین عنصر غذایی در افزایش مقاومت در گیاهچه فسفر است؛ زیرا با تولید ریشه‌های قوی و متعدد در گیاهچه باعث فرار گیاه از بیماری‌های قارچی می‌شود (Dordas, 2008). به نظر می‌رسد که نقش فسفر در افزایش مقاومت گیاه به علت بهبود بخشیدن به فرایند رسیدن محصول است که باعث می‌شود بیمارگرهایی که بافت‌های جوان را ترجیح می‌دهند فرصت آلوده کردن گیاه را نداشته باشند (Agrios, 2005).

کارآیی قارچ‌های مایکوریزی در افزایش جذب فسفر توسط Gerdemann (1968) گزارش شد. تحقیقات زیادی در خصوص نقش قارچ‌های مایکوریزی در افزایش رشد رویشی و زایشی گیاه و تأثیر آن‌ها بر روی جذب آب و عناصر غذائی بالاخص پتاسیم و فسفر و به تعادل رساندن آن‌ها در گیاهان، تولید مختلف هورمون‌های رشد، کاهش اثرات تنش‌های محیطی از جمله مقاومت در برابر شوری و خشکی، افزایش مقاومت به عوامل بیماریزای گیاهی مانند ورتیسیلیوم، فیتوفترا و فوزاریوم، پایداری ساختمان خاک و کاهش ۱۸٪ صدمات ناشی از انتقال یا جابجایی نهال‌ها انجام شده است (De Gara *et al*., 2003).

پتاسیم مهم‌ترین عنصر در محلول‌های غیرآلی گیاه است و نقش مهمی در کاهش پتانسیل اسمزی در مغز ریشه دارد که لازمه فشار تورگر برای سلول، انتقال شیره خام در آوند چوبی و متعادل ساختن آب گیاه است (Liang *et al*., 2005). در شرایط شوری سدیمی نه تنها مقادیر زیاد سدیم در جذب پتاسیم به‌وسیلهٔ ریشه مزاحمت ایجاد می‌کند، بلکه به غشا سلولی نیز آسیب می‌زند (Flowers and Dalmond, 1992).

عنصر نیتروژن به همراه فسفر و پتاسیم عناصر اولیه مورد نیاز گیاه هستند. مقدار نیتروژن مورد نیاز گیاه بسته به گونه گیاه، مرحله رشد و اندام مورد نظر، بین دو تا پنج درصد وزن خشک است (قاضی‌زاده هاشمی و همکاران، ۱۳۹۸). با کاهش

نیتروژن، رشد گیاه کاهش یافته، این عنصر از برگ‌های بالغ به برگ‌های جدید و جوان منتقل می‌شود. بنابراین علایم کمبود نیتروژن در برگ‌های مسن ظاهر می‌شود. افزودن نیتروژن به محیط نه تنها ریزش برگ‌ها را به تأخیر می‌اندازد، شکل ظاهری گیاه را نیز تغییر داده و باعث افزایش سبزینه در برگ‌ها می‌شود. افزایش نیتروژن سبب بالا رفتن نسبت وزن خشک شاخسار به ریشه می‌شود. این امر سبب کاهش جذب آب و عناصر غذایی از خاک در مراحل آخر رشد گیاه می شود (Chaves and Oliveira, 2004).

در بسیاری از خاک‌ها و محیط کشت گیاهان، عوامل بیماری‌زا یافت می‌شوند. در چنین شرایطی، گیاهانی که از کمبود عناصر غذایی رنج می‌برند مقاومت کمتری داشته و به انواع مختلف عوامل بیماری‌زا حساس‌تر هستند (Gholamnezhad *et al*., 2016).

از این‌رو تمام عناصر غذایی قادرند بروز بیماری در گیاهان را تحت تأثیر قرار دهند. برخی از عناصر غذایی اثر بیشتر و مستقیمی بر بروز بیماری‌های گیاهی دارند. در گیاهان، مقاومت به بیماری در مرحلهٔ اول، واکنشی ژنتیکی است. بنابراین توانایی گیاه برای بیان این پتانسیل ژنتیکی یعنی مقاومت به بیماری می‌تواند تحت تأثیر عناصر غذایی قرار گیرد. گونه‌ها یا ارقامی که مقاومت ژنتیکی بالایی به بیماری دارند، ممکن است نسبت به گیاهان متحمل به بیماری با تغییر عناصر غذایی، کمتر تحت تأثیر قرار گیرند (Cherif *et al*., 1992).

نتیجه‌گیری کلی

بیماری شانکر باکتریایی بادام باعث کاهش شاخص‌های رشدی و نامناسب شدن شرایط فیزیولوژیکی گیاه می‌شود. استفاده از فسفیت پتاسیم باعث بهتر شدن شاخص‌های رشدی و شرایط فیزیولوژیک گیاه می‌شود. استفاده از ترکیبات غذایی در محیط کشت باعث کاهش رشد بیمارگر بود و این کاهش نشان دهندهٔ تأثیر مثبت ترکیبات غذایی در کاهش این بیماری می‌باشد. این ترکیب غذایی علاوه بر افزایش رشد در گیاه باعث افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌شود. فسفر و پتاسیم دو عنصر مورد نیاز گیاه هستند و از طرف دیگر براساس نتایج این پژوهش هم اثر قارچ‌کشی و باکتری‌کشی که دارد و هم اثر فعال‌کنندهٔ سیستم دفاعی گیاه، که باعث افزایش بیان ژن‌های دفاعی می‌گردد (Gholamnezhad, 2016). اثرات مثبت این ترکیب بر روی شاخص‌های رشدی مانند وزن تر و خشک و ژن‌های دفاعی گیاه، هم در اثر بهبود شرایط گیاه و هم در اثر خاصیت مستقیم ضدباکتریایی است.

منابع References

اطمینانی، ف. و اطمینانی، ا. ۱۳۹۹. فعالیت ضدباکتریایی عصاره‌های هیدروالکلی گیاه آویشن و به‌لیمو بر باکتری *Pseudomonas syringae* در شرایط آزمایشگاهی. پژوهش‌های سلولی و مولکولی ۳۳(۲): ۱۴۳-۱۳۶.

باباعلی، ا.، کشورزی، م.، بوذری، ن.، شکیب، ع.م. و حسین آوا، س. ۱۳۹۲. مقاومت نسبی برخی ژنوتیپ‌های بومی و تجاری گیلاس و آلبالو به *Pseudomonas syringae*. مجله به نژادی نهال و بذر ۲۹(۲): ۳۱۰-۲۹۵.

رسولی، م. ۱۳۹۵. اثر سطوح مختلف فسفیت پتاسیم و اسید بوریک روی درصد تشکیل میوه ارقام مختلف انگور (*Vitis vinifera* L.). پژوهش‌های میوه‌کاری ۱(۱): ۵۶-۶۹.

رنجبری، ش.، کشاورزی، م.، بوذری، ن.، کاکوان، ن. و صالحی، ز. ۱۴۰۰. بررسی سطوح نسبی مقاومت به شانکر باکتریایی در ژرم پلاسم ایرانی آلبالو. پژوهش‌های کاربردی در گیاهپزشکی (دانش کشاورزی) ۱۰(۴): ۳۵-۲۵.

قاضی‌زاده هاشمی، س.ع.، اصغرزاده، ا. و تاتاری، م. ۱۳۹۸. اثر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم کاشت بر جذب عـناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و کارآیی مصرف و جذب نیتروژن در میوه گیاه بالنگو. هفتمین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی در علوم کشاورزی غذای سالم از مزرعه تا سفره.

ملکوتی، م.ج.، شهابی، ع.ا. و بازرگان، ک. ۱۳۹۵. پتاسیم در کشاورزی، نقش پتاسیم در تولید محصولات کشاورزی سالم. انتشارات آثار علمی اهدایی، چاپ دوم. ۷۲۰ صفحه.

Achary, V.M.M., Ram, B., Manna, M., Datta, D., Bhatt, A., Reddy, M.K. and Agrawal, P.K. 2017. Phosphite: a novel P fertilizer for sweed management and pathogen control. Plant Biotechnology Journal 15(12): 1493-1508.

Agrios, G.N. 2005. Plant pathology 5th edition: Elsevier academic press. Burlington, Ma. USA.

Amtmann, A., Troufflard, S. and Armengaud, P. 2008. The effect of potassium nutrition on pest and disease resistance in plants. Physiologia Plantarum 133(4): 682-691.

Casas-Agustench, P., Salas-Huetos, A. and Salas-Salvadó, J. 2011. Mediterranean nuts: origins, ancient medicinal benefits and symbolism. Public Health Nutrition 14(12A): 2301-2296.

Cacique, A., Barbosa, E., de Pinho, GP. and Silverio, F.O. 2019. Maceration extraction conditions for determining the phenolic compounds and the antioxidant activity of *Catharanthus roseus* (L.) G.Don. Ciencia e Agrotecnologia 44(2), http://dx.doi.org/10.1590/1413-7054202044017420.

Chaves, M.M. and Oliveira, M.M. 2004. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water–saving agriculture. Journal of Experimental Botany 55(407): 2365-2384.

Cherif, M., Menzies, J.G., Benhamou N. and Bélanger, R.R. 1992. Studies of silicon distribution in wounded and *Pythium ultimum* infected cucumber plants. Physiological and Molecular Plant Pathology 41: 371-385.

Costa, B.H.G., de Resende, M.L.V., Monteiro, A.C.A., Ribeiro Júnior, P.M., Botelho, D.M.D.S. and Silva, B.M.D. 2018. Potassium phosphites in the protection of common bean plants against anthracnose and biochemical defense responses. Journal of Phytopathology 166(2): 95-102.

De Gara, L., de Pinto, M.C. and Tommasi, F. 2003. The antioxidant systems vis-a-vis reactive oxygen species during plant–pathogen interaction. Plant Physiology and Biochemistry 41: 863-870.

Deliopoulos, T., Kettlewell, P.S. and Hare, M.C. 2010. Fungal disease suppression by inorganic salts: a review. Crop Protection 29(10): 1059-1075.

Dordas, C. 2008. Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review. Agronomy for Sustainable Development 28(1): 33-46.

Ercolin, F. and Reinhardt, D. 2011. Successful joint ventures of plant: Arbuscular mycorrhiza and beyond. Trends Plant Science 16: 356-362.

Eshraghi, L.E., Anderson, J., Aryamanesh, N., Shearer, B., McComb, J., Hardy, G.S. and O'Brien, P.A. 2011. Phosphite primed defence responses and enhanced expression of defense genes in *Arabidopsis thaliana* infected with *Phytophthora cinnamomi*. Plant Pathology 60(6): 1086-1095.

Flowers, T.J. and Dalmond, D. 1992. Protein synthesis in halophytes: the influence of potassium, sodium and magnesium in vitro. Plant and Soil 146: 153-161.

Gašić, K., Prokić, A., Ivanović, M., Kuzmanović, N., and Obradović, A. 2012. Differentiation of *Pseudomonas syringae* pathovars originating from stone fruits. Pesticidi i fitomedicina, 27(3): 219-229.

Gerdemann, J.W. 1968. Vesicular-arbuscular mycorrhiza on plant growth. Annual Review of Phytopathology 6: 397-418.

Gholamnezhad, J. 2016. Transcriptomics and useful techniques of defense gene expression evaluation of plant. Applied Biology 6(4): 21-42.

Gholamnezhad, J. 2017. Effect of plant extracts against apple gray mold caused by *Botrytis cinerea*. Applied Microbiology in Food Industries 3(1): 53-66.

Gholamnezhad, J. 2019. Effect of plant extracts on activity of some defense enzymes of apple fruit in interaction with *Botrytis cinerea*. Journal of Integrative Agriculture 18(1): 115-123.

Gholamnezhad, J., Sanjarian F., Mohammadi Goltapeh, E., Safaei, N. and Razavi, Kh. 2016. Effect of salicylic acid on enzyme activity in wheat in immediate early time after infection with *Mycosphaerella graminicola*. Scientia Agriculturae Bohemica, 47(1): 1-8.

Goellner, K. and Conrath, U. 2008. Priming: it's all the world to induced disease resistance. Pp: 233-242. In: Collinge, D.B., Munk, L., Cooke, B.M. (eds). Sustainable Disease Management in a European context. Springer.

Kamble, S.R., Navale A.M. and Sonawane. R.B. 2009. Response of mango seedlings to VA-mycorrhizal inoculation. International Journal of Plant Protection 2(2): 161-164.

Kennelly, M.M., Cazorla, F.M., de Vicente, A., Ramos, C. and Sundin, G.W. 2007. *Pseudomonas syringae* diseases of fruit trees: progress toward understanding and control. Plant Disease 91(1): 4-17.

Liang, Y.C., Wong, J.W.C. and Long, W. 2005. Silicon-mediated enhancement of cadmium tolerance in maize (*Zea mays* L.) grown in cadmium contaminated soil. Chemosphere 58: 475-483.

Liljeroth, E., Lankinen, A., Wiik, L., Burra, D.D., Alexandersson, E. and Andreasson, E. 2016. Potassium phosphite combined with reduced doses of fungicides provides efficient protection against potato late blight in large-scale field trials. Crop Protection 86: 42-55.

Lim, S., Borza, T., Peters, R.D., Coffin, R.H., Al-Mughrabi, K.I., Pinto, D.M. and Wang-Pruski, G. 2013. Proteomics analysis suggests broad functional changes in potato leaves triggered by phosphites and a complex indirect mode of action against *Phytophthora infestans*. Journal of Proteomics 93: 207-223.

Lin, H.C., Chang, H. and Tzeng, K.C. 2008. Characterization of novel strains of citrus canker bacterium from citrus in Taiwan. Journal of Taiwan Agricultural Researches 57: 265-278.

Lobato, M.C., Machinandiarena, M.F., Tambascio, C., Dosio, G.A., Caldiz, D.O., Daleo, G.R. and Olivieri, F.P. 2011. Effect of foliar applications of phosphite on post-harvest potato tubers. European Journal of Plant Pathology 130: 155-163.

Mirsalehian, A., Feizabadi, M., Nakhjavani, F.A., Jabalameli, F., Goli, H. and Kalantari, N. 2010. Detection of VEB-1, OXA-10 and PER-1 genotypes in extended-spectrum β-lactamase-producing *Pseudomonas aeruginosa* strains isolated from burn patients. Burns 36(1): 70-74.

Moayedi, A., Rezaei, K., Moini, S. and Keshavarz, B. 2011. Chemical compositions of oils from several wild almond species. Journal of the American Oil Chemists' Society 88(4): 503-508.

Mostajeran, A. and Rahimi-Eichi, V. 2009. Effects of drought stress on growth and yield of rice *Oryza sativa* L.) cultivars and accumulation of proline and soluble sugars in sheath and blades of their different ages leaves. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences 5(2): 264-272.

Rademaker, J.L., Hoste, B., Louws, F.J., Kersters, K., Swings, J., Vauterin, L. and de Bruijn, F.J. 2000. Comparison of AFLP and rep-PCR genomic fingerprinting with DNA-DNA homology studies: *Xanthomonas* as a model system. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 2: 665-677.

Samavi, S., Hassanzadeh, N., Faghihi, M.M. and Danesh, Y.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.

Schaad, N.W., Jones, J.B. and Chun, W. 2001. Laboratory Guide for Identification of Plant, third edition. Phytopathological Society Press. USA.

Shamshiri, M.H. and Fattahi, H. 2014. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on photosystem II activity of three pistachio rootstocks under salt stress as srobed. Russian Journal of Plant Physiology 63(1): 101–110.

Silva, O.C., Santos, H.A.A., Dalla Pria, M. and May-De Mio, L.L. 2011. Potassium phosphite for control of downy mildew of soybean. Crop Protection 30(6): 598-604.

Sulikowska, M. and Sobiczewski, P. 2008. *Pseudomonas* spp. isolated from stone fruit trees in Poland. Zemdirbyste-Agriculture 95(3): 166-170.

Thomidis, T., Tsipouridis, C., Exadaktylou, E. and Drogoudi, P. 2005. Comparison of three laboratory methods to evaluate the pathogenicity and virulence of ten *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* strains on apple, pear, cherry and peach trees. Phytopathology 33: 137-140.

Application of potassium phosphite treatment to control the bacterial canker disease of almond (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*) in laboratory and garden

M.R. Arjang[1], J. Gholamnejad[2*] and A. Jafari[2]

Received: 10 Dec., 2023 Accepted: 2 Feb., 2024

ABSTRACT

Almond, *Prunus dulcis*, is one of the most important nut trees on a commercial scale in Iran and in Chaharmahal and Bakhtiari province. Bacterial canker disease with the causative agent *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* is one of the most damaging diseases in the almond orchards of the province, and in recent years, with the spread of canker symptoms, it is observed in the orchards of the province with the release of gum and plastids. This bacterium enters the almond tree through small wounds in the leaves and branches and causes inflammation and blackness in the leaves and branches. To control this disease, the use of copper compounds such as Berdofix and copper oxychloride, in addition to resistance in the bacterial population, has a low effect on yield and plant burn, so alternative methods should be the use of chemical compounds such as potassium phosphite, which causes irritation. In the defense reactions of the plant against pathogens, in this research, concentrations of 20, 30, and 40 mg/liter of potassium phosphite and Bordeaux compound were used to control the bacteria that cause bacterial canker in the laboratory on Nutrient agar medium and garden. The results showed that potassium phosphite is able to control this bacterium at an acceptable level in both laboratory and garden environmental conditions. In addition to being a nutrient, this compound can be used as a harmless compound to control this disease. Concentrations of 20, 30, and 40 mg/L of potassium phosphite were able to reduce the bacterial growth by 40.88, 47.78, and 52.93 %, respectively, compared to the control. In the garden, the number of leaf spots due to the consumption of concentrations of two, three, and five parts per thousand of potassium phosphite were observed as 23, 19, and 14, respectively (compared to the control with 38 spots). In addition to being more economical than copper fungicides, potassium phosphite is also less dangerous for human health and the environment. This research showed that potassium phosphite has an acceptable antibacterial effect as well as fungicide copper chemical compounds.

Key words: Bacterial canker, Almond, Potassium phosphite, *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*

1. Msc. Student, Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran
2. Associated professor, Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran

Corresponding author: jalal.gholamnejad@gmail.com