ارزیابی کارآیی چند ترکیب شیمیایی در کنترل شانکر باکتریایی هلو، *Pseudomonas syringae*

ناصر امانی‌فر*

بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد. ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۷

چکیده:

شانکر باکتریایی ناشی از *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* (*Pss*) یکی از مهم‌ترین بیماری‌های هلو است و استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی در مدیریت این بیماری اجتناب‌ناپذیر است. برای تعیین مؤثرترین ترکیب شیمیایی، آزمایشی طی سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۲۰ تیمار و چهار تکرار در حاشیه زاینده-رود انجام شد. تیمارهای مورداستفاده شامل غلظت ۲/۵ در هزار از اکسی‌کلرورمس (WP, 35%)، غلظت ۱ در هزار از اکسید مس (نوردوکس® WG, 83.9%)، غلظت ۰/۵ در هزار از کربوکسیلات‌مس (کوکسیل® WP, 91%) ، غلظت ۱ درصد از مخلوط بردو (بردوفیکس® BordeaufixS, 18%)، غلظت ۲ در هزار از فوزتیل آلومینیوم (الیت® WDG, 80%)، غلظت ۳ در هزار از اوره (G, ٪۴۶) و غلظت ۲ در هزار از سولفات روی (WP, ٪۳۳) و برخی تیمارها شامل مخلوطی از ترکیبات مسی فوق با اوره یا سولفات روی و یا هردوی آن‌ها بود. اثر تیمارها بر میزان وقوع (درصد آلودگی) و شدت بیماری به روش شاخص‌دهی در خردادماه ارزیابی شد. سم‌پاشی اول در پاییز بعد از ریزش برگ‌ها و سم‌پاشی دوم قبل از تورم جوانه‌های گل در زمستان انجام گرفت. سه هفته بعد از سم‌پاشی دوم، جمعیت *Pss* در جوانه‌های هلو با جداسازی باکتری روی محیط کشت شمارش گردید. نتایج نشان داد همه باکتری‌کش‌های مسی در مخلوط با اوره و سولفات روی اثر کاهشی معنی‌داری بر درصد و شدت بیماری در مقایسه با استفاده تنها از این ترکیبات داشتند اما تیمار کربوکسیلات مس یا اکسید مس به‌علاوه اوره و سولفات روی مؤثرترین فرمولاسیون در کنترل شیمیایی بیماری شانکر باکتریایی هلو بودند. در استفاده از ترکیبات مسی به‌تنهایی، بهترین اثرگذاری در کاهش شدت بیماری به ترتیب متعلق به کربوکسیلات‌مس (٪۷۸/۷)، اکسیدمس (٪۷۶)، اکسی‌کلرور مس (٪۴۸/۱) و مخلوط بردو (٪۴۵/۶) بود. فوزتیل‌آلومینیوم در حد اکسی‌کلرور مس و مخلوط بردو میزان وقوع و شدت بیماری را کاهش داد. کاربرد اوره و سولفات‌روی نیز ازنظر آماری تفاوت معنی‌داری با شاهد داشتند.

واژه‌های کلیدی: اوره، ترکیبات مسی، سولفات‌روی، فوزتیل آلومینیوم.

* **مسئول مکاتبات:** ناصر امانی‌فر، sahragardn@yahoo.com

مقدمه:

بر اساس آمارنامه سال ۱۳۹۷ وزارت جهاد کشاورزی حدود ۶۵۴۷۸ هکتار، با میزان تولید ۷۶۷۵۸۵ تن، از باغ‌های کشور به کشت هلو *Prunus persica* (L.) Batsch اختصاص دارد که سهم استان چهارمحال و بختیاری از این میزان ۳۶۱۶ هکتار با تولید ۴۷۹۶۰ تن است. از عوامل محدودکننده تولید محصول هلو آفات و بیماری‌های گیاهی است، شانکر باکتریایی ناشی از *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* van Hall (*Pss*) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و اقتصادی‌ترین بیماری‌های درختان هلو در سراسر جهان است که باعث خسارت و کوتاهی عمر هلو می‌شود و در تمام گونه‌های تجاری *Prunus* اتفاق می‌افتد (Vigouroux, 1999, Wenneker *et al*., 2012). این بیماری در درختانی رخ می‌دهد که در اثر عواملی ازجمله پایه حساس، تغذیه نامناسب خاک، خاک‌هایی با pH کم یا بافت شنی، کم‌عمقی خاک، وجود نماتدهای حلقه‌ای، عوامل محیطی مانند بارندگی زیاد و یخزدگی و آفتاب‌سوختگی زمستانه مستعد ابتلا به بیماری می‌شوند (Weaver, 1978; Sayler *et al*., 2002; Scortichini, 2010 Wenneker *et al*., 2012; Cao *et al*., 2011; Amanifar, 2020).

باکتری‌کش‌های با پایه مس مانند مخلوط بردو، اکسی‌کلرور مس، اکسید مس، نمک‌های مس، مس آمونیاکی، ترکیبات با پایه سولفات مس سه‌ظرفیتی و مخلوط هیدروکسید مس و اتیلن برای کنترل بیماری‌های ناشی از باکتری‌های جنس *Pseudomonas* در درختان با درجات مختلف موفقیت ثبت شده‌اند (Wimalajeewa *et al*., 1991; Scheck and Pscheidt, 1998). آفت‌کش‌های دیگری ازجمله قارچ‌کش‌ها علیه بیماری‌های ناشی از *Pss* به‌کار رفته است (Montesinos and Vilardell, 2001). یون Cu^{2+} تنها فرم سمی شناخته‌شده مس برای کنترل *Pss* در شرایط آزمایشگاهی و برگ است و ارتباط قوی بین میزان مس اسپری شده و غلظت یون Cu^{2+} روی سطح برگ وجود ندارد. باکتری‌کش‌های با پایه مسی بر اساس جزء فعال عنصر مس فرموله شده‌اند (Menkissoglu and Lindow, 1991).

از به‌کارگیری فوزتیل آلومینیم برای کنترل برخی بیماری‌های باکتریایی گیاهان زینتی، شانکر مرکبات، سوختگی آتشی گلابی و کنترل بلایت ناشی از *Pss* روی گلابی نتایج رضایت بخشی به‌دست‌آمده است، اما روی جمعیت بیمارگر اثر معنی‌داری ندارد (Chase 1993; Montesinos and Vilardell, 2001).

بسیاری از سویه‌های *Pss* جداشده از درختان میوه در آمریکا سطح بالایی از مقاومت به مس در شرایط محیط کشت نشان داده‌اند (Spotts and Cervantes, 1995). در بررسی‌های آزمایشگاهی و مزرعه‌ای روی درختان میوه میزان رشد جمعیت سویه‌های مقاوم *Pss* با چهار برابر کردن هیدروکسید مس کاهش نیافت (Andersen *et al*., 1991). شواهد نشان می‌دهد که برخی باکتری‌کش‌های مسی در کنترل بیماری‌های باکتریایی برتری دارند اما نتایج یکسان و پایداری برای همه بیمارگرها و محصولات وجود ندارد (Scheck and Pscheidt, 1998; Ritchie and Bennett, 1991).

افزودن قارچ‌کش‌های گروه دی‌تیوکاربامات (Parsons and Edgington, 1991) یا عناصر سنگین مانند آهن (Lee *et al*., 1993)، روی و کلرید آهن III (Scheck and Pscheidt, 1998) اثر معنی‌داری در کاهش بیماری‌های ناشی از سویه‌های *Pss* مقاوم به باکتری‌کش‌های مسی دارد.

شانکر باکتریایی درختان میوه‌ی هسته‌دار ناشی از سویه‌های *Pss* یک پاتوسیستم پیچیده است (Husseini and Akköprü, 2020) و مدیریت آن‌یک برنامه تلفیقی

را می‌طلبد و به‌خاطر حساسیت اغلب پایه‌ها و ارقام هلو موجود در ایران چاره‌ای جز استفاده از روش شیمیایی به‌عنوان بخشی از مدیریت مبارزه نیست، از طرفی به‌دلیل پراکنش سویه‌های مقاوم بیمارگر به باکتری‌کش‌های مسی، بایستی به‌کارگیری روش شیمیایی کنترل اصلاح شود. علاوه براین، مؤثر نبودن به‌کارگیری سموم مسی در کنترل شیمیایی شانکر باکتریایی درختان میوه هسته‌دار مورد شکایت باغداران استان چهارمحال و بختیاری است. به‌منظور دستیابی به فرمولاسیون مناسب ترکیبات مسی، در این پژوهش کارآیی ترکیبات مسی موجود در بازار و فوزتیل آلومینیوم و اثر مخلوط این ترکیبات با سولفات روی و اوره در کاهش علائم و بهبود بیماری شانکر باکتریایی درختان هلو در حاشیه زاینده‌رود طی سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها:

انتخاب باغ و مشخصات محل اجرای آزمایش: یک باغ هلو آلوده به بیماری شانکر باکتریایی، در روستای شوراب (۴۰ کیلومتری شمال شرقی شهرکرد) انتخاب شد. درختان هلو هشت‌ساله رقم زعفرانی با پایه بذری بودند. محل اجرای آزمایش با عرض جغرافیائی ۳۲ درجه شمالی و طول جغرافیائی ۵۱ درجه شرقی و ارتفاع ۲۱۱۰ متر از سطح دریا، با میانگین بارندگی سالیانه ۳۴۸ میلی‌متر، میانگین دمای سالیانه ۱۳/۶ درجه سانتی‌گراد، میانگین حداقل و حداکثر دمای سالیانه به ترتیب ۶/۷ و ۲۰/۵ درجه سانتی‌گراد با حداقل و حداکثر مطلق ۲۱/۸- و ۳۸ درجه سانتی‌گراد اجرا شد. خاک باغ بر روی آبرفت‌های بادبزنی شکل سنگریزه‌وار قرارگرفته که دارای بافت سبک و نیمه عمیق و لایه‌های محدودکننده آهکی در عمق خاک و با شیب عمومی ۸-۲٪ و ۱۸-۵٪ سنگریزه سطحی دارد. فامیل خاک Fine, mixed, mesil, Typis calcrs xerepts با pH بین ۷/۴ تا ۸/۲ است.

نمونه‌برداری و جداسازی باکتری: برای تعیین ارتباط علائم بیماری با باکتری‌های عامل شانکر درختان هلو قبل از اجرای آزمایش نمونه‌هایی از شاخه و جوانه‌های درختان تهیه گردید و در آزمایشگاه با روش‌های استاندارد جداسازی و شناسایی باکتری‌های بیماری‌زای گیاهی (Schaad *et al*., 2001)، باکتری عامل شناسایی شد. برای تعیین جمعیت باکتری *Pss* حدود ۲۰ روز بعد از سم‌پاشی دوم، در اوایل ریزش گلبرگ‌ها و ظهور برگ‌ها، از هر چهار درخت در هر تیمار آزمایشی تعداد پنج شاخه به طول حدود ۲۰ سانتی‌متری جمع‌آوری شد. پنج گرم از جوانه‌های گل و بافت گیاه جدا شد و در فلاسک‌های حاوی ۵۰ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم سترون (۰/۱ مولار و pH ۷) ریخته و مدت یک ساعت روی دستگاه تکان‌دهنده با ۱۰۰ حرکت در دقیقه شسته شدند. مقدار ۱۰۰ میکرو لیتر از آب شسته نمونه‌ها روی محیط کشت‌های King's B (KB) و آگار مغذی در تشتک‌های پتری پخش شد. تشتک‌ها مدت ۴۸ ساعت در دمای ۲۵C° نگهداری و سپس پرگنه‌های رشد کرده *Pss* شمارش گردید (Sahragard *et al*., 2000).

شناسایی جدایه‌ها: آزمون‌های گرم و لوپات (LOPAT) و سایر آزمون‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی روی جدایه‌ها انجام شد (Schaad *et al*. 2001). برای شناسایی دقیق جدایه‌ها، از آزمون واکنش زنجیره‌ای پلیمراز با استفاده از جفت آغازگر B1/B2 به‌منظور تکثیر ژن *syrB* استفاده شد (Sorensen *et al*., 1998).

تیمارهای آزمایشی: از ترکیبات مختلف مسی و چند ترکیب شیمیایی دیگر به شرح جدول ۱ استفاده شد. آزمایش‌های باغی در دو سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ انجام شد. برای هر تیمار آزمایشی چهار درخت هلو انتخاب و شماره‌گذاری شد. برای انتخاب درختان، ابتدا میزان و

شدت بیماری در درختان اندازه‌گیری شد تا درختان یکسانی از این لحاظ برای تیمارهای آزمایشی انتخاب شود. سم‌پاشی درختان در دو مرحله بعد از ریزش برگ‌های هلو در پاییز (اوایل آذرماه ۹۷ و ۹۸) و قبل از تورم جوانه‌های گل (اواسط اسفند ۹۷ و ۹۸) انجام گرفت. درختان انتخابی برای همه تیمارها در هر دو سال یکسان بودند. برای هر درخت نیم لیتر از هر فرمولاسیون با سم‌پاش پشتی استفاده شد. کود دهی درختان و سم‌پاشی علیه سرشاخه خوار هلو و شته‌ها بر اساس توصیه‌های کارشناسان حفظ نباتات انجام شد.

ارزیابی نتایج تیمارهای آزمایشی: برای این منظور در اوایل خردادماه هرسال، زمانی که انواع علائم شاخص بیماری شانکر باکتریایی روی درختان هلو مشهود بود، برای تعیین میزان وقوع (درصد آلودگی) بیماری، تعداد شانکر روی تنه اصلی و شاخه‌های هر درخت (هر چهار درخت در هر تیمار آزمایشی) شمارش گردید، به عبارتی هر تیمار شامل چهار درخت بود. برای اندازه‌گیری شدت بیماری در هر درخت آزمایشی بر اساس شاخص دهی از ۰-۵ به شرح زیر اقدام و محاسبه شد (Madden *et al.*, 2007):

شاخص (scale)	رده (اندازه شانکر روی تنه اصلی و شاخه‌ها به سانتی‌متر)
۰	بدون علائم (symptomless)
۱	کمتر از یک سانتی‌متر
۲	بین یک تا پنج سانتی‌متر
۳	بین پنج تا ۱۰ سانتی‌متر
۴	بیش از ۱۰ سانتی‌متر
۵	مرگ سرشاخه (dieback)

برای به دست آوردن شدت بیماری، تعداد نمونه آلوده در هر شاخص (scale) مشخص و در عدد مربوطه به آن شاخص (از صفر تا ۵) ضرب گردید. سپس مجموع آنها محاسبه و به تعداد کل نمونه‌ها تقسیم شد، عدد حاصل بر ماکزیمم شاخص (عدد ۵) تقسیم گردید (Madden *et al.*, 2007).

تجزیه و تحلیل داده‌های آماری: طرح آزمایشی مورداستفاده بلوک‌های کامل تصادفی بود و برای تجزیه آماری داده‌ها از نرم‌افزار SAS استفاده شد (Statistical Analysis System;SAS Institute, Cary, NC, 1998). با توجه به دامنه وسیع تفاوت بین داده‌ها (داده‌های مربوط به درصد آلودگی) ابتدا با استفاده از فرمول Arcsin√x تبدیل شدند (Fernandez, 1992).

نتایج:

علائم بیماری: وجود صمغ در سطح تنه و شاخه درختان بیمار از علائم اولیه بیماری شانکر باکتریایی هلو بود؛

اگرچه عوامل زنده و غیر زنده نیز می‌تواند این علائم را در درختان هلو ایجاد کنند. چون باکتری‌های عامل شانکر درختان میوه هسته‌دار در جوانه‌ها زمستان گذرانی می‌کنند بلاست جوانه‌های گل و مرگ جوانه‌های برگ به‌عنوان عمومی‌ترین علائم شانکر هلو مشاهده شد (شکل ۱-A). وجود زخم (شانکر) و تغییر رنگ به‌همراه فرورفتگی بافت شاخه و تنه از علائم بیماری بود، بافت زیرپوست نکروز و قهوه‌ای شده و معمولاً لزج بود (شکل ۱-B). با پیشرفت بیماری مرگ سرشاخه‌ها در سال‌های بعد اتفاق افتاد. غربالی برگ و لکه‌های با هاله زرد روی میوه از دیگر علائم بیماری است. وجود پاجوش نیز از علائم بیماری شانکر باکتریایی هلو بود اما عمومیت نداشت (شکل ۱-C). گاهی مرگ ناگهانی یا سبز خشک شدن درخت در اثر بیماری دیده شد (شکل ۱-D).

جداسازی، اثبات بیماری‌زایی و ویژگی‌های بیوشیمیایی و مرفولوژیکی بیمارگر: بر اساس ویژگی‌های بیوشیمیایی و مرفولوژیکی و همچنین تکثیر ژن *syrB* در واکنش زنجیره‌ای پلیمراز جدایه‌ها *Pss* تشخیص داده شدند. اگرچه گونه‌های دیگری از باکتری‌ها همراه نمونه‌های با علائم شانکر بودند اما فراوانی جدایه‌های *Pss* بیش‌تر بود و همه درختان مورد آزمایش به این باکتری آلوده بودند.

اثر سموم مسی و دیگر ترکیبات شیمیایی در کنترل بیماری: اثر سال در میزان و شدت بیماری و جمعیت *Pss* معنی‌دار نبود، اما اثر تیمار معنی‌دار بود و همه تیمارهای آزمایشی با شاهد تفاوت معنی‌دار داشتند. اثر متقابل سال×تیمار درشدت بیماری معنی‌دار نبود اما در وقوع بیماری و جمعیت *Pss* اثر معنی‌دار داشت (جدول‌های ۲، ۴ و ۶).

بر اساس تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین شاخص‌های میزان و شدت بیماری و جمعیت *Pss* (جدول‌های ۳، ۵ و۷) تیمارهای آزمایشی را می‌توان از بیش‌ترین شدت اثرگذاری در کاهش این شاخص‌ها به‌ترتیب به هشت گروه آماری زیر تقسیم کرد:

۱- کربوکسیلات مس به‌علاوه اوره به‌علاوه سولفات روی، کربوکسیلات مس به‌علاوه سولفات روی، کربوکسیلات مس به‌علاوه اوره، اکسید مس به‌علاوه اوره به‌علاوه سولفات روی

۲- اکسید مس به‌علاوه اوره

۳- اکسید مس به‌علاوه سولفات روی، اکسی‌کلرور مس به‌علاوه اوره به‌علاوه سولفات روی، اکسید مس

۴- کربوکسیلات مس، مخلوط بردو به‌علاوه اوره به‌علاوه سولفات روی، اکسی‌کلرور مس به‌علاوه اوره، اکسی‌کلرور مس به‌علاوه سولفات روی، مخلوط بردو به‌علاوه اوره، مخلوط بردو به‌علاوه سولفات روی

۵- فوزتیل آلومینیوم، اکسی‌کلرور مس، مخلوط بردو

۶- اوره

۷- سولفات روی

۸- شاهد (آب‌پاشی)

با توجه به گروه‌بندی تیمارهای آزمایشی باکتری‌کش‌های مسی را می‌توان بر اساس بیش‌ترین اثرگذاری بر کاهش شانکر باکتریایی هلو به‌ترتیب زیر نام برد: کربوکسیلات مس، اکسید مس، اکسی‌کلرور مس و مخلوط بردو. استفاده توأم از سولفات روی و اوره به همراه ترکیبات مسی مؤثرتر از کاربرد یکی از آن‌ها با این باکتری‌کش‌ها است. فوزتیل آلومینیوم نیز باعث کاهش میزان و شدت بیماری شانکر باکتریایی هلو شد و از نظر آماری با تیمارهای اکسی‌کلرور مس و مخلوط

بردو تفاوت معنی‌داری نداشت، اما از نظر کاهش جمعیت *Pss* با شاهد تفاوت معنی‌دار نشان داد. تیمارهای استفاده از اوره و سولفات روی نیز در کاهش شدت و میزان بیماری شانکر باکتریایی هلو با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول‌های ۳، ۵ و ۷).

جدول ۱- سموم و ترکیبات مورد آزمایش برای کنترل شیمیایی شانکر باکتریایی هلو در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در حاشیه زاینده‌رود.

Table 1. Bactericides and compounds tested for chemical control of bacterial canker of peach during 2018-2020 in along Zayandehrood

Treatment	Common name	Trade name	Concentration	Mode of action
1	Copper oxycholoride (CO)	Cupravit 35% WP	2.5 g/l	Non-systemic
2	Bordeaux mixtures (BM)	Bordofix 18% SC	10 g/l	Non-systemic
3	Nordox (N)	Copper oxide 83.9% WG	1 g/l	Non-systemic
4	Copper carboxyl (CC)	Coxyl91 91% WP	0.7 g/l	Non-systemic
5	Fosetyl Aluminium	Elite 80% WDG	2 ml/l	Systemic
6	Urea	Carbamide 46% G	3 g/l	Non-systemic
7	Zinc (Zn)	Zinc sulphate 33% PW	2 g/l	Non-systemic
8	CO+Urea	-	2.5 g/l-3 g/l	-
9	CO+Zn	-	2.5 g/l-2 g/l	-
10	CO+Urea+Zn	-	2.5 g/l+3 g/l+2 g/l	-
11	BM+Urea	-	10 g/l-3 g/l	-
12	BM+Zn	-	10 g/l-2 g/l	-
13	BM+Urea+Zn	-	10 g/l-3 g/l-2 g/l	-
14	N+Urea	-	1 g/l-3 g/l	-
15	N+Zn	-	1 g/l-2 g/l	-
16	N+Urea+Zn	-	1 g/l-3 g/l-2 g/l	-
17	CC+Urea	-	0.7 g/l-3 g/l	-
18	CC+Zn	-	0.7 g/l-2 g/l	-
19	CC+Urea+Zn	-	0.7 g/l-3 g/l-2 g/l	-
20	Control (water)	-	-	-

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر چند ترکیب شیمیایی و باکتری‌کش برشدت و میزان بیماری شانکر باکتریایی هلو و جمعیت *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* روی جوانه هلو در حاشیه زاینده‌رود در سال ۱۳۹۷(Pr >F)

Table 2. Analysis of variance effect of several chemical compounds and bactericides on disease severity and incidence of peach bacterial canker and population Pseudomonas syringae pv. syringae on peach buds in along Zayandehrood during 2018 (Pr >F).

Source	DF	Pr>F		
		Disease severity	Disease Incidence	Population (CFU/gr)
Rep	3	0.18	27.4	12.5
Treatment	19	4.83**	24.9**	2567.6**
Error	57	-	-	-
CV	-	16.9	19	22.2

** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های شدت و میزان بیماری شانکر باکتریایی هلو و جمعیت *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* در جوانه در تیمارهای استفاده از ترکیبات و باکتری‌کش‌های مختلف در حاشیه زاینده‌رود در سال ۱۳۹۷(P=0.05).

Table 3. Mean comparison of disease severity and incidence of peach bacterial canker disease and population of Pseudomonas syringae pv. syringae in buds in treatments using different compounds and bactericides on peach buds in along Zayandehrood during 2018 (P=0.05).

Treatment	Index		
	Disease severity	Disease incidence	Population (CFU/gr)
Copper oxycholoride (CO)	2.15d*	6.75bcdef	33.7e
Bordeaux mixtures (BM)	2.35d	9b	45.2d
Nordox (N)	1fgh	5.5defghi	14.25fghi
Copper carboxyl (CC)	1.1efgh	6cdefgh	21.25fg
Fosetyl Aluminium	2.27d	7.75bcd	87a
Urea	2.92c	8bc	56.8bc
Zinc (Zn)	3.5b	9b	61b
CO+Urea	1.15efg	5.5defghi	16.8fgh
CO+Zn	1.4ef	6cdefgh	21.5fg
CO+Urea+Zn	1.05fgh	4.5fghi	8.75hij
BM+Urea	1.25efg	6.5cdefg	18fgh
BM+Zn	1.47e	7bcde	24.2ef
BM+Urea+Zn	1.12efgh	5.25efghi	11.75ghij
N+Urea	0.72h	4hi	8.5hij
N+Zn	0.92gh	3.25ij	5.5ij
N+Urea+Zn	0.35i	1.25j	1.25j
CC+Urea	0.25i	4.25ghi	2.75j
CC+Zn	0.27i	4hi	3.25j
CC+Urea+Zn	0.12i	1.5j	3j
Control (water)	4.15a	11.25a	98.7a

*Within columns, means followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 probability level.

* در ستون‌ها میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر چند ترکیب شیمیایی و باکتری‌کش بر شدت و میزان بیماری شانکر باکتریایی هلو و جمعیت *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* روی جوانه هلو در حاشیه زاینده‌رود در سال ۱۳۹۸(Pr >F)

Table 4. Analysis of variance effect of several chemical compounds and bactericides on disease severity and incidence of peach bacterial canker and population Pseudomonas syringae pv. syringae on peach buds in along Zayandehrood during 2019 (Pr >F).

Source	DF	Pr>F		
		Disease severity	Disease incidence	Population (CFU/gr)
Rep	3	0.36	42.9	528.2
Treatment	19	6.08**	42**	2651.6**
Error	57	-	-	-
CV	-	14.8	17.8	24

** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های شدت و میزان بیماری شانکر باکتریایی هلو و جمعیت *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* در جوانه در تیمارهای استفاده از ترکیبات و باکتری‌کش‌های مختلف در حاشیه زاینده‌رود در سال ۱۳۹۸ (P=0.05).

Table 5. Mean comparison of disease severity and incidence of peach bacterial canker disease and population of Pseudomonas syringae pv. syringae in buds in treatments using different compounds and bactericides on peach buds in along Zayandehrood during 2019 (P=0.05).

Treatment	Index		
	Disease severity	Disease incidence	Population (CFU/gr)
Copper oxycholoride (CO)	2.32d*	8.25bcd	35.25e
Bordeaux mixtures (BM)	2.32d	9abcd	39de
Nordox (N)	0.82gh	4efgh	8.25gh
Copper carboxyl (CC)	0.97fgh	5.5defg	16fgh
Fosetyl Aluminium	2.5d	8.5bcd	83a
Urea	3.22c	8.5bcd	66bc
Zinc (Zn)	3.9b	10.25ab	79.2ab
CO+Urea	1.35ef	7.75bcde	22.75efg
CO+Zn	1.17efg	6.25cdef	23.75efg
CO+Urea+Zn	0.85gh	5.25defg	16.25fgh
BM+Urea	1.45e	10abc	29ef
BM+Zn	1.32ef	8.25bcd	33.75e
BM+Urea+Zn	1fgh	8.25bcd	23efg
N+Urea	0.72h	3.75fgh	4.5h
N+Zn	0.72h	3.5fgh	7.25gh
N+Urea+Zn	0.3i	1h	1.25h
CC+Urea	0.2i	1h	0.75h
CC+Zn	0.26i	1.75gh	2.75h
CC+Urea+Zn	0.15i	0.25h	0.25h
Control (water)	4.42a	12.5a	84a

*Within columns, means followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 probability level.

* در ستون‌ها میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند

جدول ۶- تجزیه واریانس مرکب اثر چند ترکیب شیمیایی و باکتری‌کش بر شدت و میزان بیماری شانکر باکتریایی هلو و جمعیت *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* روی جوانه هلو در حاشیه زاینده‌رود در سال‌های ۹۸- ۱۳۹۷(Pr >F)

Table 6. Combined analysis of variance effect of several chemical compounds and bactericides on disease severity and incidence of peach bacterial canker and population Pseudomonas syringae pv. syringae on peach buds in along Zayandehrood during 2018-2020 (Pr >F).

Source	DF	Pr>F		
		Disease severity	Disease incidence	Population (CFU/gr)
Year (Y)	1	0.22	5.25	158
Rep (year)	6	0.27	22.8	270.4
Treatment (T)	19	10.8**	68.5**	5099.5**
Y*T	19	0.07	5.46*	119.7*
Error	114	-	-	-
CV	-	12.9	18.3	23.5

* معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد

** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۷- مقایسه میانگین‌های شدت و میزان بیماری شانکر باکتریایی هلو و جمعیت *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* در جوانه در تیمارهای استفاده از ترکیبات و باکتری‌کش‌های مختلف در حاشیه زاینده‌رود در سال‌های ۹۸-۱۳۹۷(P=0.05).

Table 7. Mean comparison of disease severity and incidence of peach bacterial canker disease and population of Pseudomonas syringae pv. syringae in buds in treatments using different compounds and bactericides on peach buds in along Zayandehrood during 2018-2020 (P=0.05).

Treatment	**Index**		
	Disease severity	**Disease incidence**	**Population (CFU/gr)**
Copper oxycholoride (CO)	2.23d*	7.5cdef	34.5ef
Bordeaux mixtures (BM)	2.34d	9bc	42.1d
Nordox (N)	1.03fg	4.75ghij	11.25ijk
Copper carboxyl (CC)	0.91gh	5.75fgh	18.6hi
Fosetyl Aluminium	2.4d	8.12bcde	85a
Urea	3.1c	8.25bcd	61.4c
Zinc (Zn)	3.7b	9.62b	70.1b
CO+Urea	1.25ef	6.62defg	19.75hi
CO+Zn	1.28ef	6.12efg	22.6gh
CO+Urea+Zn	0.95gh	4.87ghi	12.5ij
BM+Urea	1.35e	8.25bcd	23.5gh
BM+Zn	1.4e	7.62bcdef	29fg
BM+Urea+Zn	1.06fg	6.75defg	17.4hi
N+Urea	0.72h	3.87hijk	6.5jkl
N+Zn	0.82gh	3.37ijk	6.4jkl
N+Urea+Zn	0.32i	1.12lm	1.25l
CC+Urea	0.22i	2.62kl	1.75kl
CC+Zn	0.2i	2.87jkl	3kl
CC+Urea+Zn	0.12i	0.75m	1.75kl
Control (water)	4.3a	11.87a	91.4a

*Within columns, means followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 probability level.

* در ستون‌ها میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند

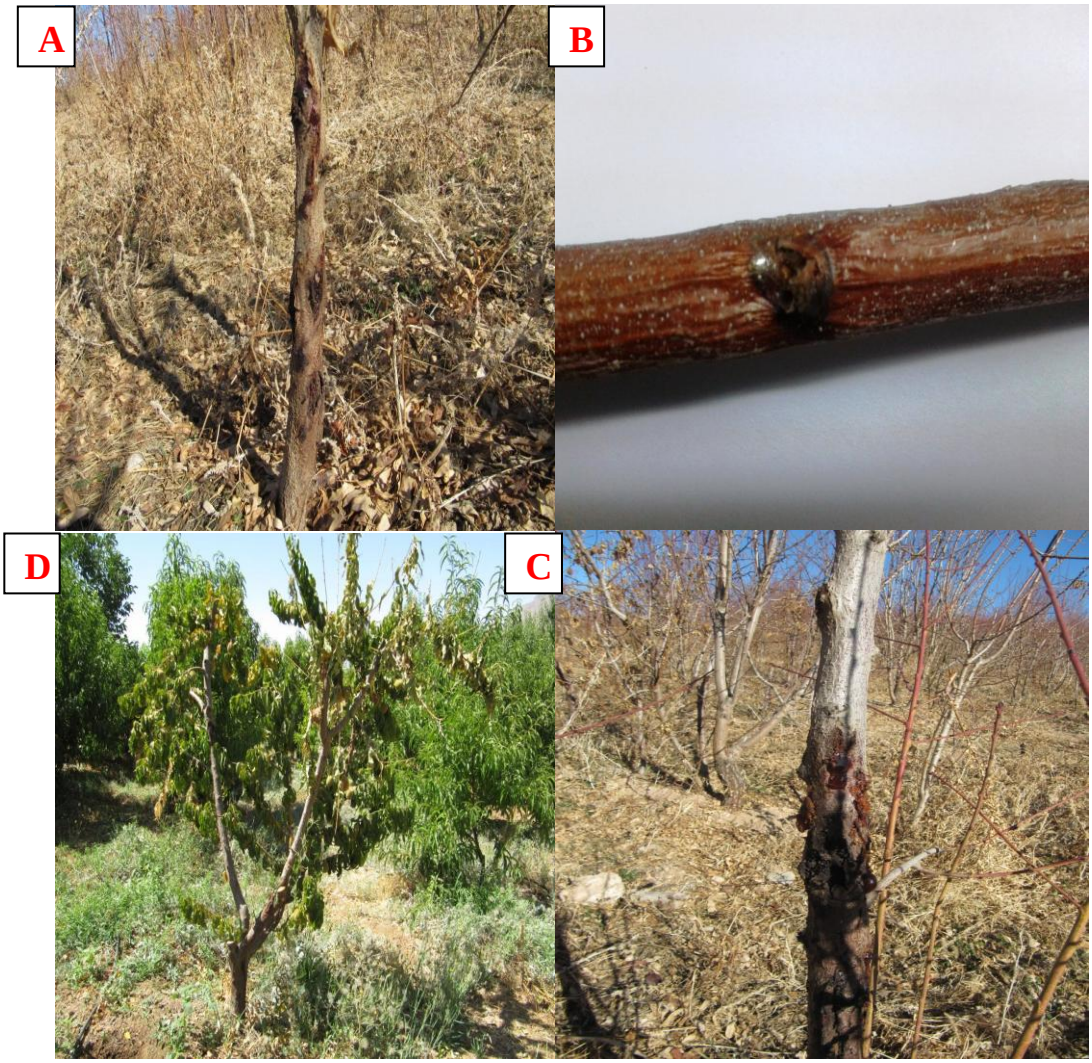

Figure 1- Symptoms of bacterial canker of peach trees, bud death (A), canker and trunk tissue depression (B), canker on the trunk and twigs at the bottom of the tree trunk (C) and quick decline of the tree(D).

شکل ۱- علائم شانکر باکتریایی درختان هلو، مرگ جوانه (A)، شانکر و فرورفتگی بافت تنه (B)، شانکر روی تنه و پاجوش در پایین تنه درخت (C) و مرگ ناگهانی (سبز خشک شدن) درخت (D).

بحث:

شانکر باکتریایی مهم‌ترین بیماری هلو در مناطق سردسیر ایران ازجمله استان چهارمحال و بختیاری است و در سال‌های اخیر در مواردی نتایج رضایت بخشی از به‌کارگیری ترکیبات مسی در کنترل بیماری به دست نیامده است و مورد شکایت باغداران است (Amanifar, 2020). گزارش‌های متعددی از وجود سویه‌های مقاوم *Pss* به یون Cu^{2+} از میزبان‌های مختلف وجود دارد (Cazorla *et al*., 2002)، با به‌کارگیری برخی ترکیبات و عناصر به همراه ترکیبات مسی، توانسته‌اند این چالش را مدیریت کنند (Scheck and Pscheidt, 1998). چون غلظت یون Cu^{2+}، نه مقدار کل مس در فرمولاسیون سم، تعیین‌کننده سمیت برای سلول‌های باکتری است لذا بعید به نظر می‌رسد که با افزایش تعداد سم‌پاشی و یا میزان سم اثر کنترلی سویه‌های مقاوم *Pss* را بتوان بهبود بخشید (Scheck and Pscheidt, 1998)، هم‌چنین یکی از مشکلات استفاده از ترکیبات مسی گیاه‌سوزی آن‌ها در غلظت بالا است که بایستی در کاربرد این سموم، به‌ویژه برای بافت‌های نازک و لطیف گیاهی، دقت کرد و از فرمولاسیون مناسب ترکیبات مسی استفاده گردد. در این پژوهش تفاوت معنی‌داری بین فرمولاسیون‌های مختلف ترکیبات مسی در کاهش میزان و شدت بیماری شانکر باکتریایی هلو وجود داشت (جدول‌های ۲ تا ۷). چون تیمارهای آزمایشی در سال دوم روی درختان انتخابی در سال اول انجام شد لذا اثر تجمعی ترکیبات مؤثر در کاهش میزان بیماری، شدت آلودگی و جمعیت باکتری در سال دوم کاملاً مشهود است (جدول‌های ۳، ۵ و ۷).

اگرچه اولین علائم مشکوک به بیماری شانکر باکتریایی درختان میوه‌ی هسته‌دار ترشح صمغ در سطح تنه و شاخه‌های گیاه میزبان است؛ اما بررسی‌های آزمایشگاهی و مزرعه‌ای نشان می‌دهد که وجود صمغ در سطح درختان میوه هسته‌دار ازجمله هلو واکنشی است که گیاه به یک تنش زنده (آفت و بیمارگر) و غیرزنده (تنش خشکی، سمیت یا کمبود عناصر و...) نشان می‌دهد (Amanifar, 2019; Amanifar, 2020). علائم شانکر باکتریایی در درختان هلو در استان چهارمحال و بختیاری متنوع است اما مرگ جوانه‌های گل (blast)، تغییر رنگ بافت و شانکر روی شاخه و تنه به‌همراه ترشح صمغ از علائم عمومی بیماری در این بررسی بود. در همه تیمارهای آزمایشی که ترکیبات مسی به‌کار رفت میزان اندازه شانکر (شدت بیماری) کاهش یافت. از نظر میزان اثر تیمارهای آزمایشی در کاهش شدت بیماری کربوکسیلات مس و اکسید مس مؤثرتر بودند (جدول‌های ۳، ۵ و ۷). از درختان دارای علائم شانکر در تیمارهای آزمایشی گونه‌های مختلفی از باکتری‌ها جداسازی شد اما جدایه‌های غالب مربوط به *Pss* بود.

نتایج بررسی‌های سایر محققین نشان می‌دهد که برخی کودهای شیمیایی حاوی نیتروژن در کاهش اندازه زخم‌های (cankers) ناشی از *Pss* در درختان میوه‌ی هسته‌دار اثر داشته است، به‌طوری‌که محلول‌پاشی درختان هلو، بادام و آلو با اوره اندازه شانکرها را در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش داده است، اما نیترات کلسیم در هلو اثر معنی‌داری نداشته است، در عوض در آلو باعث کاهش شدت بیماری به‌طور معنی‌دار شده است (Cao *et al*., 2013). در این پژوهش نیز در تیمار محلول‌پاشی اوره میزان و شدت بیماری (اندازه شانکر) در مقایسه با درختان شاهد ۲۸٪ کاهش یافت (جدول ۳)؛ هم‌چنین ترکیب اوره با سموم مسی در مقایسه با استفاده تنها از این ترکیبات باعث کاهش معنی‌دار شدت و میزان شانکر شد (جدول ۳). استفاده از ترکیبات ازته در خاک باعث کاهش جمعیت نماتدهای حلقه‌ای که با بیماری شانکر باکتریایی برهم‌کنش دارند می‌شود (Mojtahedi *et al*., 1976)، پژوهش‌های قبلی نیز در استان چهارمحال و بختیاری نشان می‌دهد که جمعیت بالایی از نماتدهای حلقه‌ای در باغ‌های هلو واکاری شده که دارای علائم

شدید شانکر هستند مشاهده شده است (Amanifar, 2019). از طرفی سویه‌های *Pss* عامل شانکر باکتریایی درختان میوه‌ی هسته‌دار، سیرینگومایسین تولید می‌کنند که یک فیتوتوکسین حلقه‌ای است و با ایجاد اختلال در تبادل یونی غشاء سلولی میزبان باعث مرگ سلول میزبان می‌شود. تلقیح سیرینگومایسین خالص به ساقه هلو علائم شانکر ایجاد می‌کند، این توکسین توسط ژن *syrB* کنترل می‌شود، برخی از ترکیبات گیاهی مانند برخی قندها و فنل‌ها بیان این ژن را افزایش می‌دهد، در عوض نیتروژن موجود در تنه درختان باعث کاهش بیان ژن *syrB* می‌شود. ترکیباتی که نسبت کربن به نیتروژن را در گیاه کاهش می‌دهد باعث ایجاد مقاومت علیه شانکر باکتریایی می‌شود (Cao *et al*., 2005). ممکن است اثر اوره مورداستفاده در کاهش اندازه شانکرها در تیمارهای آزمایشی در این پژوهش نیز چنین سازوکاری داشته است.

جمعیت رورست (epiphyte) *Pss* همانند سایر بیمارگرهای باکتریایی در گیاهان در وقوع و شدت بیماری مؤثر است، میزبان (فنولوژی گیاه) و نوسان جمعیت باکتری تحت تأثیر عوامل اقلیمی و میزبانی است (Wimalajeewa and Flett, 1985). نتایج یک بررسی یک‌ساله طی سال زراعی ۷۶-۱۳۷۵ در مهارلو و حاشیه زاینده‌رود نشان داد که بیش‌ترین جمعیت *Pss* در زمان گلدهی کامل بادام و مدت کمی بعدازآن بوده است، در این زمان میزان مواد مترشحه به خاطر اندام‌های گل و جوان بودن برگ‌ها، از دیگر مراحل رشد گیاه بیش‌تر است، از طرفی شرایط دمایی و رطوبتی نیز در این زمان برای سویه‌های *Pss* مناسب است، بنابراین نوسان جمعیت *Pss* علاوه بر شرایط محیطی با فنولوژی گیاه نیز ارتباط دارد (Sahragard *et al*., 2000; Sahragard, 2007). در این پژوهش نیز اندازه‌گیری جمعیت *Pss* در تیمارهای آزمایش روی هلو در اوایل ریزش گلبرگ‌ها و ظهور برگ‌ها انجام گرفت که در برخی تیمارها و نمونه‌های شاهد جمعیت به‌نسبت بالایی شمارش شد.

استفاده از فوزتیل آلومینیوم به‌عنوان یک ترکیب مؤثر در کنترل بیماری‌های باکتریایی در برخی گیاهان توصیه شده است، این ترکیب روی جمعیت باکتری تأثیری ندارد اما میزان و شدت بیماری ناشی از بیمارگرهای باکتریایی را در برخی گیاهان مانند مرکبات و گلابی کاهش داده است، سازوکار عمل فوزتیل آلومینیوم افزایش مقاومت گیاه با افزایش تولید گیاه‌پادها (phtyalexines) علیه بیمارگرهای قارچی و باکتریایی است. این ترکیب در شرایط محیط کشت اثر بازدارندگی رشد روی بیمارگرهای قارچی و باکتریایی ندارد (Chase, 1993; Montesinos and Vilardell, 2001; Molina *et al*., 1998). در این پژوهش نیز در درختان هلو تیمار شده با فوزتیل آلومینیوم میزان و شدت بیماری به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد کاهش یافت و با تیمارهای اکسی‌کلرور مس و مخلوط بردو در یک گروه قرار گرفت، اما ازنظر کاهش جمعیت *Pss* با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول‌های ۳، ۵ و ۷).

کارآیی باکتری‌کشی ترکیبات مسی به توانایی کاهش اندازه اولیه جمعیت (مایه آلودگی) ارتباط دارد نه به نرخ رشد جمعیت، چون سلول‌های باکتریایی باقیمانده ممکن است در قسمت‌هایی از گیاه کلنیزه شوند که باکتری‌کش‌ها به آن‌ها دسترسی نداشته باشند (Scheck and Pscheidt, 1998). نتایج بررسی‌ها برای تعیین زمان سم‌پاشی علیه شانکر باکتریایی درختان میوه‌ی هسته‌دار نشان می‌دهد که مناسب‌ترین زمان، سم‌پاشی در پاییز بلافاصله بعد از ریزش برگ‌ها (به دلیل ایجاد زخم طبیعی برای نفوذ باکتری) و در زمستان قبل از تورم جوانه‌های گل است. سم‌پاشی در این زمان جمعیت *Pss* و شدت و میزان شانکر باکتریایی را به‌طور معنی‌داری در این گیاهان کاهش می‌دهد (Wimalajeewa *et al*., 1991).

در این پژوهش، زمان سم‌پاشی اول (در پاییز) هم‌زمان با ریزش برگ‌ها و سم‌پاشی دوم (در زمستان) قبل از تورم جوانه‌های گل انتخاب شد.

بر اساس نتایج بررسی‌های سایر محققین، ترکیبات مختلفی برای مدیریت سویه‌های مقاوم *Pss* به باکتری‌کش‌های مسی مورداستفاده قرارگرفته است. مخلوط قارچ‌کش‌های گروه دی‌تیوکاربامات، کلرید آهن III، روی، سولفات روی و نیتروژن با ترکیبات مسی اثر هم‌افزایی در باکتری‌کشی این ترکیبات داشته است، اما استفاده از کلرید منیزیم، سولفات منیزیم، کلرید کلسیم، کلرید سدیم و کلرید پتاسیم اثر باکتری‌کشی سموم مسی را افزایش نداده است (Scheck and Pscheidt, 1998). در این پژوهش نیز در همه تیمارهای به‌کارگیری توأم اوره و سولفات روی با ترکیبات مسی اثر هم‌افزایی معنی‌داری در کاهش جمعیت *Pss* و کاهش شدت و میزان بیماری شانکر باکتریایی هلو مشاهده گردید (جدول‌های ۳، ۵ و ۷).

شواهد کافی در پراکنش جهانی سویه‌های مقاوم *Pss* به ترکیبات مسی در درختان میوه ازجمله هسته‌داران وجود دارد (Cazorla *et al*., 2002; Husseini and Akköprü, 2020)، لذا در کنار روش‌های غیر شیمیایی کنترل بیماری شانکر باکتریایی هلو چالش موجود در روش شیمیایی نیز بایستی مدیریت شود، بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان گفت با استفاده از یکی از باکتری‌کش‌های مسی موجود در بازار به همراه اوره (سه در هزار) و سولفات روی (دو در هزار) در پاییز بعد از ریزش برگ‌ها و زمستان قبل از تورم جوانه‌های گل بیماری شانکر باکتریایی هلو را کنترل کرد. با لحاظ کردن داده‌های هواشناسی و با توجه به فنولوژی هلو در هر منطقه نتایج این پژوهش قابل‌تعمیم به سایر نقاط کشور است.

بر اساس بررسی‌های میدانی و نتایج این پژوهش می‌توان گفت استفاده تنها از ترکیبات مسی در کاهش بیماری شانکر باکتریایی هلو چندان مؤثر نیست، اما مخلوط سولفات روی و اوره با این سموم اثر هم‌افزایی در کنترل بیماری دارد، بر این اساس احتمال پراکنش سویه‌های مقاوم به مس در *Pss* و یا سایر باکتری‌های عامل یا همراه شانکر باکتریایی هسته‌داران در ایران دور از انتظار نیست، لذا شناسایی، پراکنش و ردیابی مولکولی این سویه‌ها، به منظور استفاده در مدیریت کنترل شیمیایی بیماری در ایران، پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری:

این پژوهش قسمتی از نتایج پروژه تحقیقاتی شماره ۹۵۰۷۳۸-۰۸۳-۱۶-۴۲-۴ مصوب سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی است که بخشی از اعتبارات آن توسط سازمان جهاد کشاورزی استان چهارمحال و بختیاری تأمین‌شده است، از سازمان فوق تشکر و قدردانی می‌شود. از آقای دکتر فرود صالحی عضو هیئت‌علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری، به خاطر همکاری در تجزیه آماری داده‌ها سپاسگزاری می‌شود.

References:

Amanifar, N. 2019. Frequency isolation some of microorganisms and pathogens associated with peach replant problem in orchrads of Chahar Mahal va Bakhtiary province. Iranian journal of plant pathology. (54): 207-229. [In Persian with English summary].

Amanifar, N. 2020. Winter sunscald as a predisposing factor for bacterial canker of almond and peach trees in Chaharmahal va Bakhtiari province. Applied Entomology and Phytopathology. (88): 113-123. [In Persian with English summary].

Mojtahedi, H. and Lownsbery, B. F. 1976. The effects of ammonia-generating fertilizer on Criconemoides xenoplax in pot cultures. Journal Nematology. (8): 306–309.

Molina, A., Hunt, M. D. and Ryals, J. A. 1998. Impaired fungicide activity in plants blocked in disease resistance signal transduction. The Plant Cell. (10): 1903–1914.

Montesinos, E. and Vilardell, P. 2001. Effect of bactericides, phosphonates and nutrient amendments on blast of dormant flower buds of pear: a field evaluation for disease control. European Journal of Plant Pathology. (107): 787–794.

Parsons, I. M. and Edgington, L. V. 1991. The possible role of fixed coppers in combination with ethylene bis-dithiocarbamate for control of Pseudomonas syringae pv. tomato. (Abstr.) Phytopathology. (71): 563.

Ritchie, D. F. and Bennett, M. H. 1991. Impact of copper and additives to copper on pepper yield in the presence of copper-sensitive and -resistant bacterial pathogen strains. Fungic. Nematicide Tests. (47): 105-106.

Spotts, R. A. and Cervantes, L. A. 1995. Copper, oxytetracycline, and streptomycin resistance of Pseudomonas syringae pv. Syringae strains from pear orchards in Oregon and Washington. Plant Disease. (79): 1132-1135.

Sahragard, N. Eshaghi, R. Aflaki, M. R. and Banihashemi, Z. 2007. Determaination of suitable timecontrol of Polystigma ochraceum in Almond on basis exit of ascospore in Chaharmahal and Bachtiary Prov. Iranian journal of plant pathology. (43): 219-240. [In Persian with English summary].

Sahragard, N. 2007. Chilling (Freezing) and Ice Nucleation Active Bacteria in Plants. Agricultural Research, Education and Extension 6 Organization (AREEO),116 pp.

Sahragard, N., Taghavi, S. M. and Banihashemi, Z. 2000. Seasonal population changes of ice nucleation active bacteria on almond trees in Maharloo and along river Zayand-e-Rood (Shahr-e-Kord) in 1997. Iranian journal of plant pathology. (36): 179-186. [In Persian with English summary].

Sayler, R. J., Southwick, S. M., Yeager, J. T., Glozer, K., Little, E. L. and Kirkpatrick, B. C. 2002. Effects of rootstock and budding height on bacterial canker in French prune. Plant Disease. (87): 543–546.

Schaad, N. W., Jones, J. B. and Chun, W. 2001. Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria. APS Press, St. Paul, MN, USA. 158 pp.

Andersen, G. L., Menkissoglou, O. and Lindow, S. E. 1991. Occurrence and properties of copper-tolerant strains of Pseudomonas syringae isolated from fruit trees in California. Phytopathology. (81): 648-656.

Cao, T., McKenry, M. V., Duncan, R. A., DeJong, T. M., Kirkpatrick, B. C. and Shackel, K. A. 2006. Influence of ring nematode infestation and calcium, nitrogen, and indoleacetic acid applications on peach susceptibility to Pseudomonas syringae pv. Syringae. Phytopathology. (96): 608–615.

Cao, T. B. C. Kirkpatrick, K. A., Shackel, K. A. and DeJong, T. M. 2011. Influence of mineral nutrients and freezing-thawing on peach susceptibility to bacterial canker caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. Fruits. (66): 441–452.

Cao, T., DeJong, T. M., Shackel, K. A., Kirkpatrick, B. C. and Johnson, R. S. 2013. Influence of rootstock, temperature and incubation duration on bacterial canker severity caused by Pseudomonas syringae pv. syringae in peach. Fruits. (68): 45–55.

Cazorla, F. M., Arrebola, E., Sesma, A., Pérez-García, A., Codina, J. C., Murillo, J. and de Vicente, A. 2002. Copper resistance in Pseudomonas syringae strains isolated from mango is encoded mainly by plasmids. Phytopathology. (92): 909-916.

Chase, A. R. 1993. Efficacy of fosetyl–Al for control of some bacterial diseases on ornamentals. Plant Disease. (77): 771–776.

Fernandez, G. C. J. 1992. Residual analysis and data transformations: important tools in statistical analysis. HortScience. (27): 297-300.

Husseini, A. and Akköprü, A. 2020. The possible mechanisms of copper resistance in the pathogen Pseudomonas syringae pathovars in stone fruit trees. Phytoparasitica. (48): 705–718.

Lee, Y. A., Schroth, M. N., Hendson, M., Lindow, S. E., Wang, X.-L., Olson, B.,Buchner, R. P. and Teviotdale, B. 1993. Increased toxicity of iron-amended coppercontaining bactericides to the walnut blight pathogen Xanthomonas campestris pv. juglandis. Phytopathology. (83): 1460-1465.

Madden, L. V., Hughes, G. and van den Bosch, F. 2007. The Study of Plant Disease Epidemics. APS Press, St. Paul, MN. 421 pp.

Menkissoglu, O. and Lindow, S. E. 1991. Chemical forms of copper on leaves in relation to the bactericidal activity of cupric hydroxide deposits on plants. Phytopathology. (81): 1263-1270.

excised peach shoots. Phytopathology. (68): 1460-1463.

Wenneker, M., Janse, J. D., de Bruine, A., Vink, P. and Pham, K. 2012. Bacterial canker of plum caused by Pseudomonas syringae pathovars, as a serious threat for plum production in the Netherlands. Journal of plant pathology. (94): 11-13.

Wimalajeewa, D. L. S. and Flett, J. D. 1985. A study of populations of Pseudomonas syringae pv. syringae on stone fruits in Victoria. Plant Pathology. (34): 248 – 254.

Wimalajeewa, D. L. S., Cahill, R., Hepworth, G., Schneider, H. G. and Washbourne, J. W. 1991. Chemical control of bacterial canker (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*) of apricot and cherry in Victoria. Australian Journal of Experimental Agriculture. (31): 705-708.

Scheck, H. J. and Pscheidt, J. W. 1998. Effect of copper bactericides on copper-resistant and -sensitive strains of Pseudomonas syringae pv syringae. Plant Disease. (82): 397-406.

Scortichini, M. 2010. Epidemiology and predisposing factors of some major bacterial diseases of stone and nut fruit trees species. Journal of Plant Pathology. (92): 73-78.

Sorensen, K. N., Kim, K. H and Takemoto, J. Y. 1998. PCR Detection of Cyclic Lipodepsinonapeptide-Producing Pseudomonas syringae pv. syringae and Similarity of Strains. Applied Environmental Microbiology. (64): 226–230.

Vigouroux, A. 1999. Bacterial canker of peach: effect of tree winter water content on the spread of infection through frost-related water soaking in stems. Journal of Phytopathology. (147): 553-559.

Weaver, D. 1978. Interaction of Pseudomonas syringae and freezing in bacterial canker on

Evaluation of the Efficacy of Some Chemical Compounds in the Control of Peach Bacterial Canker

Amanifar, N.*

Plant Protection Research Department; Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Chaharmahal va Bakhtiary province, Shahrekord, Iran.. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO)

Received: Apr, 22, 2020 Accepted: Apr, 7, 2021

Abstract:

Bacterial canker caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* (*Pss*) is one of the most important diseases of peach and the use of chemical pesticides in the control of the disease is inevitable. To determine the most effective formulation of copper bactericides, an experiment was conducted, during 2018-2020, in the form of a randomized complete block design with 20 treatments and 4 replications along the Zayanderood river. The treatments used included copper oxychloride, copper oxide, copper carboxyl, bordeaux mixtures, fosetyl aluminium, urea and Zinc sulfate. Some treatments included a mixture of the above copper bactericides with urea or zinc sulfate, or both. The effect of the treatments on the incidence and severity of the disease was assessed by scaling the size of the canker in early June.. The first spraying was done in autumn after leaf fall and the second spraying was done before swelling of flower buds in winter. Three weeks after the second spraying, the population of *Pss* in peach buds was counted by isolation of the bacteria on the culture medium. The best formulations for chemical control of of peach bacterial canker were copper carboxyl or copper oxide plus urea and zinc sulfate compared witht copper bactericides alone. the highest efficacy was observed by copper carboxyl (78.7%), copper oxide (76%), copper oxychloride (48.1%) and Bordeaux mixture (45.6%), respectively, in terms of reducing disease severity. Fosetyl aluminium like copper oxychloride and Bordeaux mixtures, reduced disease severity level. Also, there was a statistically significant difference between application of urea and Zinc sulfate in comparison with the control (P = 0.05).

Keywords: copper compounds, fosetyl aluminium, urea, zinc sulfate

* **Corresponding author:** Naser Amanifar, Email: sahragardn@yahoo.com