پژوهش‌های کاربردی در گیاه‌پزشکی ۱۰ (۴): ۳۵-۲۵ (۱۴۰۰)-مقاله پژوهشی
Journal of Applied Research in Plant Protection 10(4): 25-35 (2022)-Research Article

DOI: https://dx.doi.org/10.22034/arpp.2021.13486

بررسی سطوح نسبی مقاومت به شانکر باکتریایی در ژرم پلاسم ایرانی آلبالو

شهاب رنجبری[۱]، منصوره کشاورزی[۲]✉، ناصر بوذری[۲]، سیده نیکو کاکوان[۱]، زینب صالحی[۲]

[۱]گروه بیماری شناسی گیاهی، دانشگاه ازاد اسلامی، واحد تاکستان، تاکستان، ایران. [۲]پژوهشکده میوه های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج. ✉kmansureh@gmail.com

دریافت: ۹۹/۱۱/۵ بازنگری: ۱۴۰۰/۱/۷ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۲۲

چکیده

بیماری شانکر باکتریایی با عامل *Pseudomons syringae* pv. *syringae* یکی از بیماری‌های مهم درختان میوه هسته دار از جمله آلبالو است. در این تحقیق، سطوح نسبی حساسیت برخی از ژنوتیپ‌های بومی آلبالو به این بیماری بررسی شد. ارزیابی‌ها در شرایط باغی بر روی ۴۶ ژنوتیپ در مرحله درخت بالغ در دو سال متوالی (۱۳۹۷ و ۱۳۹۸) و ۱۸ ژنوتیپ در مرحله نهال در سال ۱۳۹۹ انجام شد. مایه تلقیح از مخلوط سه جدایه ایرانی باکتری عامل بیماری تهیه شد. تنه نهال‌ها در پائیز ۱۳۹۸ مایه‌زنی شده و یک سال بعد طول شانکر اندازه‌گیری شد. درختان بالغ در پائیز ۱۳۹۶ مایه‌زنی شده و یک و دو سال بعد طول شانکر اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج، میانگین طول شانکر در هر دو مرحله بلوغ و نهال در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بود. در نهال‌ها، بیشترین و کم‌ترین طول شانکر به‌ترتیب متعلق به ژنوتیپ‌های ۲۳۰ و ۱۲۵بود. براساس نتایج تجزیه مرکب داده‌های دوساله درختان بالغ، بیشترین و کم‌ترین طول شانکر به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های ۲۰۸ و ۱۰۴ بود، بنابراین ژنوتیپ‌های فوق به‌ترتیب به‌عنوان حساس‌ترین و مقاوم‌ترین ژنوتیپ گروه‌بندی شدند. بین طول شانکر در نهال و درخت بالغ ارتباطی دیده نشد. بر اساس نتایج حاصله در درختان بالغ، کشت ژنوتیپ‌های حساسی مانند ۱۰۸، ۲۰۶ و ۲۲۰ در مناطق مستعد این بیماری توصیه نمی‌شود.

کلمات کلیدی: حساسیت، شانکر باکتریایی، *Pseudomonas syringae*، آلبالو

Determination of bacterial canker resistance level in Iranian sour cherry germ plasm

Shahab Ranjbari[1], Mansureh Keshavarzi[2]✉, Naser Bouzai[2], Seyedeh Nikoo kakvan[1], Zeynab Salehi[2]

[1]Departement of Plant Patholgy, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran. [2]Temperate Fruit Center, Horticultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran. ✉kmansureh@gmail.com

Received: 24 Jan 2021 Revised: 27 Mar 2021 Accepted: 12 May 2021

Abstract

Bacterial canker disease caused by *Pseudomons syringae* pv. *syringae*, is one of the most damaging diseases in sour cherries. In this study, relative resistance of some local sour cherries to this disease was evaluated. Totally, 46 genotypes in adult stage in two repetitive years (2018 and 2019) and 18 genotypes in seedling stage at year 2020 were examined. A mixture of three local *P. s.* pv. *syringae* isolates was used as inoculum. Saplings trunks were inoculated in autumn 2019 and canker length was measured one year later. Adult trees were inoculated in autumn 2017 and canker length was recorded one and two years later. Based on result, mean canker length was different among genotypes in both stages. In saplings, the most and the least canker length were rated for genotypes 230 and 125, respectively. Compound analysis of adult trees data showed the least and the most canker lengths were related to genotypes 208 and 104, respectively which were thus rated as the most susceptible and the most resistant genotypes. Based on the results obtained from adult plants, planting of susceptible genotypes like 108, 206 and 220 in risk area is not recommended.

Keywords: Susceptibility, Bacterial canker, *Pseudomonas syringae*, Sour cherry

How to cite:
Ranjbari Sh, Keshavarzi M, Bouzai N, Kakovan S, Salehi Z, 2022. Determination of bacterial canker resistance level in Iranian sour cherry germplasm. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 10 (4): 25–35.

مقدمه

درخت آلبالو با نام علمی *Prunus cerasus* L. از تیره گلسرخیان و یکی از گونه‌های مهم درختان میوه هسته‌دار بومی ایران است. سطح زیر کشت این گیاه در ایران معادل ۲۱۹۵۵ هکتار و تولید و عملکرد آن به‌ترتیب ۴۹۹۶/۹ کیلوگرم بر هکتار و ۱۰۹۷۰۷ تن بوده است (Anonymous 2018). براین اساس، ایران پس از روسیه، ترکیه، اوکراین و آمریکا، پنجمین کشور تولید کننده آلبالو در جهان بوده است. در آلبالو رقمی مطلوب است که رضایت تولیدکننده و مصرف کننده را تا حد زیادی برآورده سازد. از نظر مصرف کننده و صنایع تبدیلی، پارامترهای اصلی مربوط به کیفیت میوه است ولی از نظر تولیدکننده، رقمی مطلوب است که باردهی زیاد، رسیدن همزمان میوه، مقاومت به آفات و بیماری‌ها و سازگاری با شرایط محیطی داشته و عادت رشد آن مطابق خواست باغدار باشد (Kesner 1999). از این رو یکی از عوامل اصلی مدنظر تولیدکنندگان، مقاومت به آفات و بیماری‌های کلیدی در هر محصولی است. درخت آلبالو همانند سایر هسته‌داران از بیماری‌های متعدد قارچی، باکتریایی و ویروسی صدمه می‌بیند که از آن میان می‌توان به بیماری شانکر باکتریایی با عامل *Pseudomons syringae*. pv. *syringae* اشاره کرد. این بیماری از اغلب مناطق میوه‌کاری دنیا گزارش شده و به‌خصوص در شرایط آب وهوایی با بهارهای خنک و مرطوب بسیار جدی است (Sule & Seemuller 1987). همچنین از علل اصلی دخیل در مرگ زودرس درختان میوه هسته‌دار (Peach tree short-life) می‌باشد. موجب ضعف، افت عملکرد و مرگ درخت در هر سنی می‌شود. میزان دقیق خسارت آن در باغات جوان ۷۵-۱۰ درصد و در باغات مسن ۲۵-۱۰ درصد و گاهی ۸۵ درصد گزارش شده است (Hattingh & Roos 1995). در ایران، بیماری شانکر باکتریایی در درختان میوه هسته دار از استان‌های اصفهان، مازندران، البرز و کهگیلویه و بویراحمد گزارش شده و در کلیه مناطق کشت وپرورش زردآلو، هلو، گوجه، گیلاس، آلبالو، شلیل و سایر گونه‌های هسته‌داران کشور شیوع دارد (Bahar *et al*. 1981; Banapour *et al*. 1990; Shamsbakhsh *et al*. 1989; Erfaninik *et al*. 2018; Babaali *et al*. 2013).

علائم شانکر باکتریایی به رقم، بافت آلوده، سن درخت، سویه باکتری عامل و فاکتورهای محیطی بستگی دارد. نکروزه شدن بافت چوب (شانکر) واضح‌ترین و خسارت‌زاترین علامت آن است که می‌تواند به مرگ درخت منجر شود. آلودگی می‌تواند در جوانه‌های خواب مستقر و موجب پژمردگی جوانه، برگ، گل و میوه‌های حاصله شود. آلودگی در برگ به‌صورت لکه‌های نامنظم آبکی دیده می‌شود که کم‌کم قهوه‌ای و خشک شده و حالت غربالی ایجاد می‌کند. آلودگی شکوفه موجب تیرگی و مرگ گل شده و به ترکه‌ها و مهمیزها سرایت می‌کند و آلودگی میوه موجب تشکیل لکه‌های سطحی قهوه‌ای و گاها عمیق می‌گردد (Moore & Pscheit 2010).

کلیه بیماری‌های باکتریایی از جمله شانکر باکتریایی، به درختان ضعیف و تحت تنش بیشتر خسارت می‌زنند و از این رو تغذیه صحیح مبتنی بر آزمون‌های خاک و برگ، آبیاری بر اساس نیاز آبی، مبارزه اصولی با آفات و بیماری‌ها و هرس در زمان مناسب، در کاهش خسارت آنها بسیار تاثیر گذارند (Rudolph *et al*. 1997; Carrol *et al*. 2010,). کاشت ارقام مقاوم یا پرهیز از کاشت ارقام حساس یکی از مناسب‌ترین روش‌های کنترل شانکر باکتریایی از منظر اقتصادی و زیست محیطی است. مقاومت به شانکر باکتریایی در هسته دارانی مانند گیلاس، زردالو و آلو، صفتی کلیدی است که در برنامه‌های به‌گزینی متعددی گنجانده شده‌است. به‌عنوان مثال می‌توان به انجام غربالگری وسیعی در کوئینزلند بر روی ۴۰۰ رقم از گونه‌های مختلف هسته‌داران ارسالی از ۱۵ کشور مختلف اشاره کرد که هدف آن شناسایی ارقام مقاوم به شانکر باکتریایی بود (Topp *et al*. 1989). در رومانی، غربالگری وسیعی بر روی ۵۴۰ رقم زردالو با منشاء ایالات متحده، کانادا، جمهوری چک، چین، فرانسه، آلمان، هند، یوگسلاوی سابق، ایتالیا، هلند، مولداوی، رومانی، اسپانیا، ترکیه، اوکراین و مجارستان با هدف ارزیابی خصوصیات باغی و مقاومت به *P. s.* pv. *syringae* انجام شد (Balan *et al*. 2006). در اتحادیه اروپا پروژه گسترده‌ای بر روی بیماری‌های باکتریایی زردالو از جمله شانکر باکتریایی با عامل *P. syringae* انجام و نتایج جدیدی در ارتباط با سطح حساسیت و شدت خسارت در ارقام مختلف به‌دست آمد (Prunier *et al*. 1999). نتایج ارزیابی-های محدودی که در ایران بر روی ارقام مختلف زردالوی بومی به باکتری*P. syringae* انجام شده نیز بیانگر تفاوت در میزان مقاومت آنهاست (Keshavarzi & Bouzari 2014; Keshavarzi & Dejampour 2018; Jafarpour 1993). چنین تحقیقاتی در گیلاس نیز مبین تفاوت در سطوح حساسیت ارقام مختلف بوده است (Spotts *et al*. 2010; Fischer & Hohlfeld 1998; Schortichini *et al*. 1995; Babaali *et al*. 2013; Farhadfar *et al*. 2016). در آلو، کنترل شانکر باکتریایی با عامل *P. syringae* بر پایه انتخاب رقم/پایه مقاوم، هرس و سم‌پاشی در زمان مناسب بوده و پایه‌های مقاوم تا حساس شناسایی وکلون‌های جدید از نظر مقاومت به این بیماری غربال شدند (Garrett 1979). در

آمریکای شمالی، آفریقای جنوبی و اروپا نیز برنامه‌های اصلاحی برای گزینش ارقام آلوی مقاوم به شانکر باکتریایی انجام شده است (Okie & Ramming 1999). تعدادی برنامه اصلاحی و به‌گزینی از نظر مقاومت آلبالو به شانکر باکتریایی نیز انجام شده که از آن جمله می‌توان به برنامه به‌گزینی گسترده‌ای در دانمارک اشاره نمود که در آن، ملاک‌های اصلی انتخاب رقم بر مبنای کیفیت میوه، سهولت برداشت و مقاومت به *P. syringae* بوده است (Christensen 1986). در ایران نیز چندین گزارش از بررسی مقاومت ژنوتیپ‌های بومی آلبالو و گیلاس به این بیماری موجود است (Babaali *et al*. 2013; Bouzai 2006) و نتایج برخی از این مطالعات نشان دهنده نشانگر مقاومت نسبی آلبالو نسبت به گیلاس و آلبالو-گیلاس به شانکر باکتریایی است (Farhadfar *et al*. 2016). با این وجود، تاکنون بررسی مستقلی بر روی سطوح مقاومت ارقام آلبالو به این بیماری انجام نشده است. هدف از این تحقیق، بررسی سطوح نسبی مقاومت تعدادی از ژنوتیپ‌های کلکسیون بومی آلبالوی کشور به بیماری شانکر باکتریایی با مایه زنی مصنوعی در شرایط باغی بود.

مواد و روش‌ها

جدایه های باکتریایی و مایه تلقیح

سه جدایه *P. s.* pv. *syringae* که قبلا از درختان آلوده آلبالو، گیلاس و بادام از شهرهای کرج و یاسوج جداسازی و توسط آزمون‌های فنوتیپی و مولکولی شناسایی شده بودند، مورد استفاده قرار گرفتند (Baba-Ali *et al*. 2013; Farhadfar *et al*. 2016). جدایه‌های فوق در محیط مایع غذایی (Nutrient broth)-گلیسرول مایع (نسبت حجمی ۳۰/۷۰) در فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد در آزمایشگاه بیماری شناسی پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، کرج نگهداری می‌شوند. برای تهیه مایه تلقیح، این جدایه‌ها برروی آگار غذایی (Nutrient agar) کشت شدند و پس از سه روز نگهداری در دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد، پرگنه‌های رشد کرده در آب مقطر استریل حل و میزان جذب نوری سوسپانسیون‌های حاصله با کمک اسپکتروفتومتردر طول موج ۶۰۰ نانومتر بر روی ۰/۵ تنظیم شد. سپس حجم‌های مساوی از سوسپانسیون جدایه‌های مختلف مخلوط و به عنوان مایه تلقیح در آزمون‌ها به کار برده شد. با توجه به اینکه سطوح بیماری‌زایی سویه‌های مختلف این باکتری متفاوت می‌باشد، در این آزمایش از مخلوط سویه‌ها برای تهیه مایه تلقیح استفاده شد (Farhadfar *et al*. 2016).

مواد گیاهی

آزمایشات ارزیابی مقاومت درختان بالغ بر روی ۴۶ ژنوتیپ بومی آلبالو شامل ۲۰۶، ۲۰۸، ۲۲۰، ۱۴۲، ۲۳۶، ۱۱۸، ۱۲۶، ۱۱۷، ۲۲۶، ۲۲۴، ۱۰۸، ۲۴۶، ۲۵۳، ۱۰۳، ۲۴۸، ۲۳۷، ۱۲۷، ۲۱۲، ۲۳۰، ۲۳۸، ۲۰۳، ۱۲۸، ۲۱۸، ۲۳۴، ۱۱۲، ۲۳۹، ۲۱۵، ۱۳۱، ۲۱۴، ۲۱۰، ۱۴۳، ۲۲۹، ۱۲۹، ۱۳۸، ۱۲۱، ۱۳۰، ۲۳۵، ۱۰۹، ۱۳۶، ۱۰۶، ۱۱۶، ۱۲۲، ۱۱۱، ۱۰۵، ۱۰۴ و ۱۴۱انجام شد. این ژنوتیپ‌ها از استان‌های تهران، خراسان، اصفهان، کرمان، قم، آذربایجان‌غربی، کردستان، قزوین، کهگیلویه و بویر احمد، سمنان، اردبیل، فارس و آذربایجان‌شرقی جمع‌آوری شده‌اند (Bouzari *et al*. 2009). ژنوتیپ‌های فوق در کلکسیون درختان میوه ایستگاه تحقیقات باغبانی پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری در مشکین‌شهر کرج کاشته شده و در زمان آزمایش ده ساله بودند. بخشی از مجموعه فوق شامل ۱۸ ژنوتیپ به‌قرار ۱۱۳، ۲۲۸، ۱۱۲، ۲۱۵، ۱۲۷، ۱۳۰، ۱۴۲، ۲۳۰، ۲۲۱، ۲۳۸، ۱۳۵، ۱۲۹، ۲۲۶، ۱۲۶، ۲۳۱، ۱۲۸، ۱۲۵ و ۱۳۷نیز در مرحله نهال ارزیابی شدند. ژنوتیپ‌های فوق در تابستان سال ۱۳۹۶ بر روی پایه بذری محلب پیوند شده و در زمستان ۱۳۹۷ به قطعه آزمایشات بیماری‌شناسی پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری کرج منتقل و در فواصل ۰/۵ متری کاشته شدند.

مایه زنی و ارزیابی مقاومت نهال‌های دو ساله

نهال‌های پیوندی دو ساله از ۱۸ ژنوتیپ در اوایل آبان سال ۱۳۹۸ در شرایط باغی مایه‌زنی شدند. توسط چاقوی تیز ضدعفونی شده، سه زخم در تنه هر نهال ایجاد و با کمک سمپلر، ۲۵ میکرولیتر مایه تلقیح در محل زخم تزریق و با پارافـیلم بسته شد. یک هفته بعد پارافیلم‌ها باز شدند. در نمونه شاهد، به‌جای مایه تلقیح از آب مقطر استریل با همان روش استفاده شد. در آبان ماه سال ۱۳۹۹، طول شانکر و قطر تنه در محل شانکر به‌وسیله کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. در هر نهال، میانگین طول سه زخم محاسبه و در تجزیه و تحلیل آماری بکار برده شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار (نهال) انجام شد.

مایه زنی و ارزیابی مقاومت درختان بالغ

درختان بالغ ده ساله از ۴۶ ژنوتیپ در اوایل آبان سال ۱۳۹۶در شرایط باغی مایه‌زنی شدند. در هر شاخه دو ساله، توسط چاقوی تیز ضدعفونی شده، سه زخم ایجاد و با کمک سمپلر، ۲۵ میکرولیتر مایه تلقیح در محل زخم تزریق و با پارافـیلم بسته

شد. یک هفته بعد پارافیلم‌ها باز شدند. در نمونه شاهد، به جای مایه تلقیح از آب مقطر استریل با همان روش استفاده شد. یک و دو سال بعد در آبان سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸، طول شانکر و قطر شاخه دقیقا در زیر محل شانکر توسط کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. در هر درخت، میانگین سه زخم محاسبه و در تجزیه و تحلیل آماری بکار برده شد. آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار (درخت) انجام شد.

آنالیز آماری

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن و بررسی همبستگی پیرسون توسط نرم‌افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

روش ارزیابی مقاومت به شانکر

روش مایه‌زنی مصنوعی در شرایط باغی در هر دو مرحله بلوغ و نهال موفق به ایجاد شانکر شد. این روش مستلزم گذران مرحله‌ای از سرمادهی بود که با استفاده از برودت طبیعی زمستانه انجام شد. ارتباط مستقیم بین سرما و یخزدگی با گسترش شانکر باکتریایی در برخی گزارشات آمده است. برودت زمستانه و هسته‌های یخ نقش مهمی در ایجاد و توسعه شانکر باکتریایی در هلو و زردالو دارند (Klement *et al*. 1984). تکثیر باکتری *P. syringae* که با مصرف قند توام است، موجب کاهش سطح قند آوندی می‌شود و در نتیجه، حساسیت بافت‌های آوندی و کامبیوم به سرما می‌شود. بافت‌های حساس شده در دمای بالاتری دچار یخ زدگی می‌شوند که موجب افزایش حساسیت به شانکر می‌گردد (Dowler & Weaver 1975; Arny *et al*. 1976). برخی محققین معتقدند که یخزدگی و برودت موجب تحریک *P. syringae* به تولید بیشتر توکسین سیرینگومایسین و در نتیجه، تشدید نکروز می‌شود (Sinden *et al*. 1971). صرف نظر از اینکه کدامیک از نظریه‌های فوق توضیح دقیق‌تری از چگونگی ارتباط درجه برودت و شدت شانکر ارائه می‌دهند، همگی مبین اهمیت سرما در ایجاد و توسعه شانکر هستند.

علائم شانکر در شرایط باغی

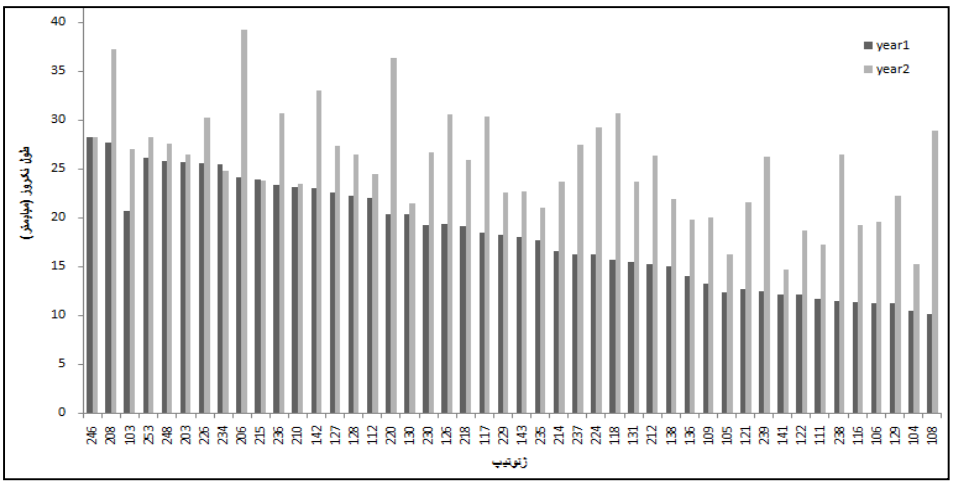
در مرحله نهال، به‌دنبال مایهزنی در پائیز ۱۳۹۸، شانکرهای کوچکی در اواخر زمستان همان سال در محل‌های مایهزنی پدیدار شده و تا زمان یادداشت برداری به‌تدریج بزرگ شدند (شکل ۱). میانگین طول شانکر یک سال پس از مایهزنی در پائیز ۱۳۹۹ به ۱۷/۹۷ میلی‌متر رسید. این در حالی است کهمیانگین طول شانکر یک ساله در نهال‌های زردالو و گیلاس به‌ترتیب ۲۶/۹۲ میلی‌متر و ۶۰/۰۲ میلی‌متر گزارش شده است (Keshavarzi & Dejampour 2018; Babaali *et al*. 2013)، که می‌تواند بیانگر حساسیت بیشتر نهال‌های زردالو و گیلاس به شانکر در مقایسه با آلبالو باشد. در درختان بالغ نیز پس از مایه زنی در پائیز ۱۳۹۶، زخم‌های کوچکی در انتهای زمستان همان سال آشکار و به‌تدریج در طی سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸بزرگ شدند (شکل۲). میانگین طول نکروز در پائیز اولین و دومین سال پس از مایه‌زنی به‌ترتیب ۱۸/۳۷ میلی‌متر و ۲۵/۱۵ میلی‌متر بود و تفاوت معنی داری داشت که بیانگر تداوم رشد شانکر بود (شکل۳). میانگین طول شانکر یک ساله در درختان بالغ آلبالو به‌مراتب کمتر از گزارشات پیشین در گیاه زردالو با میانگین ۵۲/۵ میلی‌متر بود (Keshavarzi & Dejampour 2018) که بیانگر مقاومت بالاتر آلبالو نسبت به زردالو است. بر این اساس، ظاهرا گیاه آلبالو در هر دو مرحله نهال و بلوغ، از گیلاس و آلبالو-گیلاس مقاومت بیشتری دارد. گرچه این نتیجه گیری در حد مطالعات اولیه بوده و نیازمند آزمایشات تکمیلی است، لیکن گزارش Fuchs & De Veies (۱۹۶۴) نیز نشان می‌دهد که شانکر در آلبالو نسبت به گیلاس محدودتر بوده و آلبالو-گیلاس حالت بینابین دارد. مقایسه برخی ژنوتیپ‌های ایرانی نیز مبین سیر نزولی مشابهی در سطوح حساسیت از گیلاس به آلبالو-گیلاس و سپس آلبالو می‌باشد (Farhadfar *et al*. 2016). در شرایط طبیعی نیز این مقاومت نسبی مشاهده شده به گونه‌ای که نشانه اصلی در اپیدمی سال ۱۹۷۶ در درختان آلبالوی میشیگان (مرکز اصلی تولید آلبالوی ایالات متحده)، بلایت برگ و میوه بود و بروز شانکر در تنه و شاخه محدودتر بود (Latorre & Jones 1979). علائم اصلی شانکر باکتریایی در صربستان به‌خصوص در باغات متراکم آلبالو، لکه برگی و بلایت میوه بود و شانکر چوب محدودتر دیده شد (Balaž *et al*. 2016).

شکل ۱. شانکرهای ایجاد شده در تنه نهال‌های مایه‌زنی شده پنج ماه (راست)، یک سال (وسط) و یک و نیم سال (چپ) پس از مایه‌زنی.

Figure 1. Cankers formed in inoculated trunks of saplings at 5 months (right), 1 year (middle) and 1.5 years (left) after inoculation.

شکل ۲. شانکرهای ایجاد شده در شاخه درختان مایه‌زنی شده در شش ماه (راست)، یک و نیم سال (وسط) و دو سال (چپ) پس از مایه‌زنی.

Figure 2. Cankers formedin inoculated shoots of adult trees at six months (right) and 1.5 (middle) and 2 years (left) after inoculation.



شکل ۳. مقادیر طول شانکر در شاخه درختان بالغ ژنوتیپ‌های مختلف آلبالو یک و دو سال پس از مایه‌زنی.

Figure 3. Canker length in adult tree shoots of different sour cherry genotypes in one- and two-years after inoculation.

رده بندی مقاومتی ژنوتیپ‌ها

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در مرحله نونهالی، میانگین طول شانکر در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بود و بیشترین و کم‌ترین آن به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های ۲۳۰ و ۱۲۵ معادل ۲۵/۹۱ میلی‌متر و ۱۰/۹۰ میلی‌متر دیده شد (جدول ۱). قطر تنه در محل مایه زنی نیز در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بود و بیشترین و کم‌ترین آن به ترتیب در ژنوتیپ‌های ۱۱۳ و ۱۳۷ مشاهده شد (جدول ۲). بررسی همبستگی پیرسون نشان داد که بین طول نکروز و قطر شاخه ارتباط وجود داشت (R^2 = 0.58976, P < 0.0001)، بدین معنی‌که شانکرهای بزرگ‌تر در تنه‌های قطورتر ایجاد شده بودند. چنین ارتباطی در نهال‌های گیلاس، زردالو، بادام و هلو نیز مشاهده شده است (Farhadfar *et al*. 2016; Cao *et al*. 1999). Cao *et al*. (1999) پس از مشاهده این ارتباط در هلو و بادام، پیشنهاد کردند که مقادیر قطر اندام به نحوی در امتیازدهی مقاومتی ارقام گنجانده شود، لذا Keshavarzi & Dejampour (2018)، نسبت طول شانکر به قطر تنه را به‌عنوان شاخص جدیدی تحلیل کردند ولی اطلاعات تازه ای در ارتباط با رده‌بندی مقاومتی ارقام به دست نیاوردند، از این رو، شاخص فوق در این تحقیق منظور نگردید. وجود ارتباط مستقیم بین طول شانکر و قطر تنه نهال نشان می‌دهد که احتمالا نهال‌های پر رشدتر به شانکر حساس‌ترند. در صورت صحت این نظریه، می‌توان تصور کرد که زیاده‌روی در تغذیه نهالستان‌ها، نهال‌ها را مستعد ابتلا به شانکر کرده یا شانکرهای موجود را تشدید می‌کند. این مفهوم در حد نظریه بوده و نیازمند بررسی بیشتر است.

جدول ۱. میانگین طول شانکر در تنه نهال‌های آلبالو یک سال پس از مایه‌زنی.

Table 1. Mean canker length in sourcherry saplings trunks one year after inoculation.

Genotype	Canker length (mm)	Genotype	Canker length (mm)
230	25.91a	126	16.62a-d
127	21.27ab	238	15.97b-d
130	21.09a-c	221	15.43b-d
226	21.06a-c	137	15.41b-d
228	20.69a-d	238	15.97b-d
113	19.47a-d	128	12.37b-d
215	18.42a-d	231	12.15b-d
142	18.30a-d	129	11.04cd
112	16.93a-d	125	10.90d

*The different letters are significantly different at ≤1% probability level.

جدول ۲. میانگین قطر تنه در محل مایه زنی در نهال‌های آلبالو یک سال پس از مایه زنی.

Table 2. Mean trunk diameter at inoculation points in sour cherry saplings one year after inoculation.

Genotype	Trunk diameter (mm)	Genotype	Trunk diameter (mm)
113	18.93a	238	13.97a-e
228	17.02ab	135	12.95b-e
112	16.77a-c	129	12.86b-e
215	15.92a-d	226	12.42b-e
127	15.40a-d	126	11.95b-e
130	15.16a-d	231	11.93b-e
142	15.13a-d	128	11.70c-e
230	14.84a-d	125	11.37de
221	14.13a-e	137	9.54e

*The different letters are significantly different at ≤ 1% probability level.

در درختان بالغ در یک سال پس از مایه‌زنی، میانگین طول شانکر در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بود (جدول ۳). بیشترین طول شانکر در ژنوتیپ ۲۴۶ معادل ۲۸/۱۹ میلی‌متر و کم‌ترین آن در ژنوتیپ‌های ۱۱۶، ۱۰۶، ۱۲۹، ۱۰۴ و ۱۰۸ با کمترین میانگین معادل ۱۰/۱۰ میلی‌متر دیده شد. قطر شاخه دو ساله در محل مایه‌زنی نیز در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بود و بیشترین و کم‌ترین آن به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های ۲۲۹ و ۲۵۳ مشاهده شد (جدول ۴). بررسی همبستگی پیرسون نشان داد که در درختان بالغ، بین طول نکروز و قطرشاخه ارتباطی وجود نداشت (R^2 = 0.8090, P = 0.3509). عدم ارتباط بین قطر شاخه دو ساله با طول شانکر در درختان بالغ زردالو نیز گزارش شده است (Keshavarzi & Dejampour 2018). در دو سال پس از

مایه‌زنی نیز میانگین طول شانکر در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بود و بیشترین و کم‌ترین آن به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های ۲۰۶ و ۱۴۱ معادل ۳۹/۱۸ میلی‌متر و ۱۴/۶۲ میلی‌متر دیده شد (جدول ۵).

جدول ۳. میانگین طول شانکر در شاخه درختان بالغ آلبالو یک سال پس از مایه‌زنی.

Table 3. Mean canker length in sour cherry adult tree shoots one year after inoculation.

Genotype	Canker length (mm)	Genotype	Canker length (mm)
246	28.19a	143	18.05a-n
208	27.66ab	235	17.71b-n
253	26.12a-c	214	16.62c-n
248	25.80a-d	237	16.27c-n
203	25.69a-d	224	16.18d-n
226	25.58a-e	118	15.66d-n
234	25.45a-e	131	15.48 d-n
206	24.08a-f	212	15.20e-n
215	23.90a-g	138	15.00f-n
236	23.31a-h	136	13.99g-n
210	23.08a-i	109	13.17g-n
142	22.96a-j	105	12.78h-n
127	22.55a-k	121	12.63i-n
128	22.17a-l	239	12.42j-n
112	22.05a-m	141	12.14k-n
103	20.67a-m	122	12.12k-n
220	20.36 a-n	111	11.69k-n
130	20.28a-n	238	11.43mn
230	19.36a-n	116	11.28n
126	19.16a-n	106	11.27n
218	19.13a-n	129	11.26n
117	18.39a-n	104	10.44n
229	18.17a-n	108	10.10n

*The different letters are significantly different at ≤ 0.1% probability level.

جدول ۴. میانگین قطر شاخه در محل مایه‌زنی در درختان بالغ آلبالو یک سال پس از مایه‌زنی.

Table 4. Mean shoot diameter at inoculation sites in sour cherry adult trees one year after inoculation.

Genotype	Shoot diameter (mm)	Genotype	Shoot diameter (mm)
229	32.67a	126	20.82b-k
129	31.59ab	111	20.55b-k
246	31.23a-c	127	20.09c-k
108	29.67a-d	214	19.50d-k
128	27.56a-e	117	19.19d-k
224	26.49a-e	138	19.10d-k
136	25.81a-f	130	18.81d-k
112	25.09a-g	210	18.63d-k
235	23.37a-h	116	18.58d-k
141	23.13a-i	104	18.08e-k
206	23.05a-j	122	17.86e-k
212	23.03a-j	220	19.96e-k
131	22.89a-j	105	19.96f-k
234	22.88a-j	118	15.93f-k
109	22.63a-k	121	15.68f-k
230	22.39a-k	103	14.29f-k
236	21.76a-k	238	14.24g-k
248	21.75a-k	106	13.98g-k
226	21.47a-k	208	13.56h-k
203	21.23b-k	215	12.47i-k
143	21.16b-k	239	12.21i-k
142	21.14bj-k	237	11.52jk
218	21.05b-k	253	11.21j

*The different letters are significantly different at ≤ 0.1% probability level.

جدول ۵. میانگین طول شانکر در شاخه درختان بالغ آلبالو دو سال پس از مایه‌زنی.

Table 5. Mean canker length in sour cherry adult tree shoots two years after inoculation.

Genotype	Canker length (mm)	Genotype	Canker length (mm)
206	39.18a	234	24.79a-f
208	37.17ab	112	24.46a-f
220	36.29a-c	239	26.21a-f
142	32.98a-d	215	23.79a-f
236	30.72a-e	131	23.72b-f
118	30.62a-e	214	23.67b-f
126	30.53a-e	210	23.44b-f
117	30.32a-e	143	22.65b-f
226	30.22a-f	229	22.59b-f
224	29.25a-f	129	22.17b-f
108	28.94a-f	138	21.87b-f
246	28.24a-f	121	21.59c-f
253	28.18a-f	130	21.47c-f
103	27.01a-f	235	21.04c-f
248	27.58a-f	109	20.05c-f
237	27.49a-f	136	19.76c-f
127	27.38a-f	106	19.61c-f
212	26.36a-f	116	19.18c-f
230	26.71a-f	122	18.71c-f
238	26.49a-f	111	17.19ef
203	26.44a-f	105	16.17ef
128	26.44a-f	104	15.22ef
218	25.85a-f	141	14.62f

*The different letters are significantly different at ≤ 0.05probability level.

نتایج تجزیه مرکب داده‌های دو ساله نشان داد که در درختان بالغ، میانگین دو ساله طول شانکر در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بود و بیشترین و کم‌ترین آن به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های ۲۰۸ و ۱۰۴ معادل ۳۲/۴۲ میلی‌متر و ۱۲/۸۴ میلی-متر دیده شد (جدول‌های۶ و ۷). بر این اساس، می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ‌های ۱۰۴ و ۲۰۸ به‌ترتیب مقاوم‌ترین و حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. رده‌بندی مقاومتی ارقام به شانکر باکتریایی بر مبنای طول شانکر در تحقیقات دیگر نیز آمده است (Santi *et al.* 2004; Schortichini *et al*. 1995; 2006, Farhadfar *et al*. 2016; Babaali *et al*. 2013). گزارشات از ارزیابی مقاومت آلبالو به شانکر باکتریایی بسیار محدود هستند. از جمله می‌توان به برنامه به‌گزینی گسترده‌ای در دانمارک اشاره کرد که ملاک‌های اصلی انتخاب و کاشت رقم، کیفیت میوه، سهولت برداشت و مقاومت به *P. syringae* ذکر شده است (Christensen 1986). Bouzari (2006) بر اساس مشاهدات هشت ساله باغی، ۶۱ رقم آلبالو و گیلاس را در گروه‌های متحمل، نیمه متحمل و بسیار حساس رده‌بندی کرد. Babaali *et al.* (2013) و Farhadfar *et al.* (2016) مقاومت برخی ارقام تجاری و ژنوتیپ‌های بومی گیلاس و آلبالو به شانکر باکتریایی را به روش‌های شاخه بریده و گیاه کامل بررسی و آنها را از نظر مقاومتی رده‌بندی کردند. در مجموع، اصلاح برای مقاومت به این بیماری با توجه به تنوع فوق العاده باکتری عامل و ناشناخته بودن نحوه توارث صفت مقاومت، دشوار و پیچیده بوده و کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بررسی‌های ژنتیکی در گیلاس نشان می-دهد که مقاومت به این بیماری تک ژنی نیست (Hulin *et al.* 2020). مکانیسم این مقاومت ناشناخته است و ظاهرا ترکیبات پلی فنلی چوب تا حدودی نقش دارند (Santi *et al.* 2004). با توجه به اینکه ارقام مختلف، جمعیت‌های متفاوتی از فاز اپیفیتی (منبع اصلی زادمایه) را حمایت می‌کنند، هر عامل ژنتیکی و مورفولوژیک گیاه که روی تکثیر و بقای جمعیت اپی‌فیتی باکتری اثر داشته باشد، بر شدت شانکر نیز موثر است (Crosse 1966). به‌عنوان مثال، زمان ریزش برگ در مقاومت رقم موثر است زیرا زخم برگ مهم‌ترین راه نفوذی باکتری عامل است. همچنین فعالیت فلوژن (بافت مریستمی که پریدرم را ایجاد می‌کند) موجب ایجاد سدهای فیزیکی در برابرگسترش باکتری می‌شود و احتمالا زمان بازشدن جوانه و شروع فعالیت فلوژن با گسترش کمتر شانکر در ارقام زودگل ارتباط دارد (Rioux 1996; Abe *et al.* 2007).

جدول ۶. تجزیه مرکب طول شانکر در شاخه درختان بالغ آلبالو.

Table 6. Compound analysis of canker length in sour cherry adult tree shoots.

Source of variance	d.f.	Mean squares
Genotype	45	140.97***
Year	1	3110.08***
Genotype*year	45	38.99ns
Rep*year	4	141.97ns
Error	175	
Total	270	
Cv%		29.23

*The different letters are significantly different at ≤0.1% probability level.

جدول ۷. میانگین دوساله طول شانکر در شاخه درختان بالغ آلبالو.

Table 7. Mean values of two years canker length data in sour cherry adult trees shoots.

Genotype	Canker length (mm)	Genotype	Canker length (mm)
208	32.42a	218	22.44c-j
206	31.63ab	237	21.88c-k
220	28.33a-c	130	20.88c-l
246	28.21a-c	143	20.81c-l
142	29.97a-d	229	20.39c-l
226	27.89a-e	214	20.14c-l
253	27.15a-e	131	19.59c-l
236	27.01a-e	238	18.96d-l
248	26.69a-f	235	18.88e-l
203	26.06a-f	138	18.44e-l
234	25.12a-g	239	18.32f-l
127	24.97a-g	108	17.64f-l
126	24.84a-g	136	17.46f-l
117	24.36a-h	121	17.12f-l
128	24.01a-h	109	16.76g-l
215	23.85a-h	129	16.72g-l
103	23.84a-i	122	15.42h-l
210	23.26 b-j	116	15.23i-l
112	23.24b-j	106	14.60j-l
118	23.14b-j	105	14.47j-l
230	23.04b-j	111	14.44j-l
224	22.71b-j	141	13.38kl
212	22.49c-j	104	12.84l

*The different letters are significantly different at ≤0.1% probability level.

همبستگی بین مقاومت نهال و درخت بالغ

بررسی مقادیر همبستگی پیرسون نشان داد که یک سال پس از مایه‌زنی، بین طول شانکر در نهال و درخت بالغ ارتباطی وجود نداشت (R^2 = 0.087, P = 6145). همچنین بین طول شانکر در نهال در یک سال بعد از مایه زنی با طول شانکر در درخت بالغ در دو سال پس از مایه‌زنی نیز ارتباطی دیده نشد (R^2 = 0.22761, P = 1819). عدم وجود همبستگی بین طول شانکر در نهال و درخت بالغ در زردالو نیز گزارش شده است (Keshavarzi & Dejampour 2018).

در مجموع، نتایج کلی این پروژه تحقیقاتی نشان می‌دهد که اولا، شدت شانکر در آلبالو محدود مانده و ظاهرا این گیاه بطور نسبی به این بیماری مقاومت نشان می‌دهد. دوما، طول شانکر در درخت بالغ آلبالو با نهال آن همبستگی ندارد و لذا بهتر است در صورت وجود امکانات و باغات آزمایشی، تکیه اصلی در ارزیابی مقاومت بر روی درختان بالغ باشد ودر مطالعات تکمیلی از نهال استفاده شود. با توجه به نتایج، توصیه می‌شود ژنوتیپ‌های حساسی مانند ۱۰۸، ۲۰۶ و ۲۲۰ در مناطق مستعد شانکر کشت و کار نشوند.

سپاسگزاری

از موسسه تحقیقات باغبانی برای حمایت مالی از انجام این پروژه قدردانی می‌نماییم.

References

Abe K, Kotoda N, Kato H, Soejima J, 2007. Resistance sources to Valsa canker (*Valsa ceratosperma*) in a germplasm collection of diverse *Malus* species. *Plant Breeding* 126: 449–453.

Anonymous, 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Statistical Databases.http://www.fao.org/.

Arny DC, Lindow SE, Upper CD, 1976. Frost sensitivity of *Zea mays* increased by application of *Pseudomonas syringae*. *Nature* 262: 282–284.

Babaali A, Keshavarzi M, Bouzari N, Shakin AM, Hosseinova S, 2013. Relative Resistance of some Local and Commercial Cherry Genotypes to *Pseudomonas syringae*. *Seed and Plant Journal* 29: 295-310 (In Persian with English abstract).

Bahar M, Mogahedi H, Akhyanii A, 1981. Apricot bacterial canker in Isfahan. *Iranian Journal of Plant Pathology* 18: 58-68 (In Persian with English abstract).

Balan V, Oprea M, Drosu S, Chireceanu C, Tudor V, *et al.*,2006. Maintenance of biodiversity of apricot tree phenotypes in Romania. *Acta Horticulturae* 701: 199–206.

Balaž J, Ilicˇic R, Ognjanov V, Ivanovic Z, Popovic T, 2016. Etiology of bacterial canker on young sweet cherry trees in Serbia. *Plant Pathology* 98: 285–294.

Banapour A, Zakeri Z, Amani G, 1990. Cherry bacterial canker in Tehran. *Proceedings of the 9th Iranian Plant Protection Congress*, Mashhad, Iran. P. 94 (In Persian with English abstract).

Bouzari N, Ganji A, Karami F, Ghasemi A, Zarinbal M, *et al*., 2010. Evaluation of local sour cherry germplasm to obtain appropriate cultivars and rootstocks. Research final report 89.1532. AREEO, Tehran, Iran (In Persian with English abstract).

Bouzari, N. 2006. Evaluation of cherry cultivars for bacterial canker resistance. *Proceedings of the 17th Iranian Plant Protection Congress*, Karaj. P. 376 (In Persian with English abstract).

Cao T, Sayler RJ, DeJong TM, Kirkpatrick BC, Bostock RM, *et al.*, 1999. Influence of stem diameter, water content, and freezing-thawing on bacterial canker development in excised stems of dormant stone fruit. *Phytopathology* 89: 962–966.

Christensen JV, 1986. Evaluation of characteristics of 18 sour cherry cultivars. Danish Research Service for Plant and Soil Science. Report 1864. *Tidsskrift for Planteavl* 90: 339–347.

Crosse JE, Garrett CME, 1966. Bacterial canker of stone-fruits. VII. Infection experiments with *Pseudomonas morsprunorum* and *P. syringae*. *Annals of Applied Biology* 58: 31–41

Dowler WM, Weaver DJ, 1975. Isolation and characterization of fluorescent pseudomonads from apparently healthy peach trees. *Phytopathology* 65: 233–236.

Erfaninik M, Rezaee R, Charegani H, 2018. Identification of the causal agent of bacterial canker of stone fruit trees Pseudomonas syringae pv. syringae in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad province and comparison of some cherry cultivars resistance to it. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 7: 31–44 (In Persian with English abstract).

Farhadfar S, Keshavarzi M, Bouzari N, Ladan Moghadam A, Soleimani A, 2016. Susceptibility of cherries to bacterial canker in field and laboratory. *International Journal of Agriculture and Forestry* 6: 20–27.

Fischer M, Hohlfed B, 1998. Resistance tests in sweet cherries. *Acta Horticulture* 468: 87–94.

Fuchs A, De Vries DP, 1964. Optreden, bestrijding en voorkomen van bacteria kanker. Kersen, *Meded Dir Tuinb* 27: 546–56.

Jafarpour B, 1993. Resistant cultivars of apricot to bacterial canker (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*) in Mashhad. *Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture* 18: 327–332.

Garrett CME, 1979. Screening *Prunus* rootstocks for resistance to bacterial canker caused by *Pseudomonas morsprunorum*. *Journal of Horticultural Sciences* 54: 189–193.

Hattingh MJ, Roos IMM, 1995. Bacterial canker. In: Ogawa JM. & Zehr EI (ed). In: *Compendum of Stone Fruit Disease.* APS Press, Pp. 48–50.

Hulin T, Jackson RW, Harrison RS, Mansfield JW, 2020. Cherry picking by pseudomonads: After a century of research on canker, genomics provides insights into the evolution of pathogenicity towards stone fruits. *Plant Pathology* 69: 962–978.

Keshavarzi M, Bouzari N, 2014. Resistance to bacterial canker in a number of selected apricot genotypes. Research final report 46359, AREEO, Tehran, Iran (In Persian with English abstract).

Keshavarzi M, Dejampour J, 2018. Evaluation of bacterial canker resistance in a number of apricot hybrids. Research final report 43320, AREEO, Tehran, Iran (In Persian with English abstract).

Kesner CD, 1999. Mechanical summer tiping of tart cherries. http://www.Goodfruit grower.

Klement Z, Rozsnyay DS, Balo E, Prileszky M, 1984. The effect of cold on development of bacterial canker in apricot trees infected with *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. *Physiological Plant Pathology* 24: 237–246

Latorre BA, Lillo C, Rioja ME, 2002. Effect of temperature, free moisture duration and inoculum concentration on infection of sweet cherry by *Pseudomonas syringe.* pv. *syringae.Phytoparasitica* 30: 410–419.

Moore LW, Pscheidt JW, 2010. Diseases caused by *Pseudomonas syringae*. Pacific Northwest Plant Disease Management Handbook. https://pnwhandbooks.org/node/408.

Okie WR, Ramming DW, 1999. Plum breeding worldwide. *Horticultural Technology* 9: 162–176.

Prunier J-P, Psallidas P, Scortichini M, Simeone AM, Martins JMS, *et al.*, 1999. European co-operative

research on apricot bacterial diseases. *Acta Horticulturae* 488: 699–704.

Rioux D, 1996. Compartmentalization in trees: new findings during the study of Dutch elm disease. In: Nicole M and Gianinazzi-Pearson V (eds) Histology, Ultrastructure and Molecular cytology of Plant-Microorganism Interactions. Berlin: Springer, The Netherlands. Pp. 211–225.

Rudolph K, Burr TJ, Mansfield JW, Stead D, Vivian A, *et al.*, 1997. *Pseudomonas syringae* Pathovars and Related Pathogens. Kluwer Academic Publishers. P. 9.

Santi F, Russell K, Menard M, Dufour J, 2004. Screening wild cherry for resistance to bacterial canker by laboratory and field tests. *Forest Pathology* 34: 349–362.

Shamsbakhsh M, Rahimian H, 1989. Characterization of stone fruits bacterial canker in Mazandaran. *Proceedings of the 9th Iranian Plant Protection Congress*, Mashhad. P. 134 (In Persian with English abstract).

Spotts RA, Wallis KM, Serdani M, Azarenko AN, 2010. Bacterial canker of sweet cherry in Oregon, Infection of horticultural and natural wounds and resistance of cultivar and rootstock combination. *Plant Disease* 94: 345–350.

Sule S, Seemuller , 1987. The role of ice formation of sour cherry leaves by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. *Phytopathology* 77: 173–177.

Topp BL, Heaton JB, Russell DM, 1989. Introduction and evaluation of stone fruit varieties for the Granit belt of Queensland. *Acta Horticulture* 240: 39–42.

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