

اثر پایه بر بیماری جاروک لیموترش در پیوندک نژادگان‌های مختلف پرشین لایم (*Citrus latifolia* Tanaka)^۱

Effect of Rootstock on Witches' Broom Disease of Lime in Scions of Different Persian Lime (*Citrus latifolia* Tanaka) Genotypes

حامد حسن‌زاده خانکهدانی، سمیه رستگار*، بهروز گل‌عین، مرتضی گل‌محمدی و عبدالحسین ابوطالبی
جهرمی^۲

چکیده

پرشین‌لایم متحمل‌ترین گونه مرکبات به بیماری جاروک لیموترش است که تاکنون اثرات پایه‌های مختلف بر این ویژگی پرشین‌لایم مورد ارزیابی قرار نگرفته است. برای بررسی اثر پایه‌های گوناگون بر واکنش پیوندک نژادگان‌های پرشین‌لایم به بیماری جاروک (جاروی جادوگر) لیموترش، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور پایه شامل بکرایی، مکزیکن‌لایم، ولکاملمون و نارنج و پیوندک شامل IAC، تاهیتی‌لایم، دیپرس‌لایم و پرشین‌لایم در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میناب طی سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۶ اجرا شد. گیاهان پیوندی به روش پیوند سپری تولید و واکنش نهال‌های پیوندی و نیز دانهال پایه‌های پیوند نشده به‌روش مایه‌زنی با پیوندک مکزیکن‌لایم آلوده به فایتوپلاسمای بیماری جاروک ارزیابی شد. براساس نتیجه‌های به‌دست آمده از ردیابی فایتوپلاسمای در ترکیب‌های پیوندی با استفاده از روش واکنش زنجیره‌ای پلی‌مران، حضور فایتوپلاسمای در پیوندک‌ها روی پایه مکزیکن‌لایم سریع‌تر (۴۰ روز پس از مایه‌زنی) و در پیوندک‌ها روی پایه ولکاملمون دیرتر (۱۱۶ روز پس از مایه‌زنی) از دیگر پایه‌ها شناسایی شد. نشانه‌های جاروک تنها در دانهال‌ها (به‌جز ولکاملمون) دیده شد و در ترکیب‌های پیوندی تا پایان زمان آزمایش نشانه‌ای دیده نشد. نشانه‌های جاروک در دانهال‌های مایه‌زنی‌شده مکزیکن‌لایم زودتر از دیگر دانهال‌ها دیده شد. پس از آن، نشانه‌ها در دانهال‌های بکرایی و سپس در دانهال‌های نارنج دیده شد. در مجموع پایه ولکاملمون برای نژادگان‌های پرشین‌لایم به‌عنوان بهترین ترکیب پیوندی برای کشت در مناطق آلوده به بیماری جاروک لیموترش معرفی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: نژادگان‌های پرشین‌لایم، فایتوپلاسمای مایه‌زنی، ولکاملمون.

مقدمه

بیماری جاروک لیموترش که ناشی از یک فایتوپلاسمای به نام *Candidatus Phytoplasma aurantifolia* می‌باشد، نخستین بار در پایان دهه ۱۹۷۰ میلادی از کشور عمان و سپس در سال ۱۹۸۹ از کشور امارات متحده

۱- تاریخ دریافت: ۹۶/۹/۲۷

تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۱۸

۲- به‌ترتیب دانشجوی دکترای فیزیولوژی و اصلاح درختان میوه، گروه باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان و پژوهشگر بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، استادیار گروه باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان، دانشیار و استادیار پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه گرمسیری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر و دانشیار گروه باغبانی دانشگاه آزاد اسلامی واحد جهرم، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (srastegar2008@gmail.com).

عربی گزارش شد. این بیماری به‌تقریب باعث نابودی کامل درختان لیموترش (مکزیکن‌لایم) در این دو کشور شد (۱۵). این بیماری در ایران، نخستین بار در سال ۱۳۷۶ در منطقه قصرقند استان سیستان و بلوچستان و سپس از دیگر منطقه‌های این استان و بیشتر منطقه‌های لیموکاری استان‌های هرمزگان، کرمان و فارس گزارش شد. بیماری جاروک در این منطقه‌ها موجب از بین رفتن هزاران درخت مکزیکن‌لایم شد. از بین بردن منابع‌های آلودگی و استفاده از رقم‌های مقاوم، اقتصادی‌ترین و نیز عملی‌ترین راه پیشگیری و کنترل این بیماری است (۷، ۸).

پرشین‌لایم (*Citrus latifolia* Tanaka) از جمله گونه‌های مرکبات است که به‌خاطر دارا بودن مزه ترش یا اسیدی در مصارف گوناگون غذایی کاربرد دارد (۱۱). پرشین‌لایم یا تاهیتی‌لایم یا بیرس‌لایم یک دورگه سه‌گان (تریپلوئید) است. این گونه لایم در نواحی گرم منطقه‌های نیمه‌گرمسیر و گرمسیر دنیا پرورش می‌یابد. مکزیکن‌لایم بزرگترین تولیدکننده تجاری پرشین‌لایم است. این محصول به‌طور گسترده در کوبا، گواتمالا، هندوراس، السالوادور، مصر، فلسطین اشغالی، برزیل، هندوستان، چین و آرژانتین پرورش یافته و سطح زیرکشت قابل توجه با میزان تولید قابل قبولی در سال را به خود اختصاص داده است (۱۰، ۱۱). پرشین‌لایم دارای ویژگی‌های بارزی است که می‌تواند جایگزین مناسبی برای مکزیکن‌لایم در مناطق آلوده به جاروک باشد. از جمله می‌توان به درشتی میوه، بی‌بذری و زودرسی میوه اشاره کرد. یکی از ویژگی‌های این گونه مرکبات، تحمل نسبی آن به بیماری فایتوپلاسمایی جاروک است که در دو دهه گذشته بسیاری از درختان مکزیکن‌لایم را در جنوب ایران از بین برده است. در طبیعت و نیز در بسیاری از آزمایش‌های مایه‌زنی با عامل بیماری از راه پیوند، در پرشین‌لایم نشانه‌های بیماری جاروک دیده نشده و به‌عنوان یک گونه متحمل مطرح است (۱۸). سایه‌سار غیرمتراکم این گیاه منجر به بروز آسیب‌هایی مانند آفتاب‌سوختگی میوه و نیز آسیب به پوست درخت می‌شود که در نتیجه شرایط را برای ایجاد و گسترش برخی بیماری‌ها مانند بیماری قارچی سرخشکیدگی ناتراسیایی فراهم می‌کند (۵). هم‌اکنون چندین نژادگان پرشین‌لایم در ایران وجود دارد که برخی از راه تولیدکنندگان نهال در جنوب کشور از دیاد یافته و به نام معمول پرشین‌لایم شناخته می‌شود. برخی دیگر مانند IAC، تاهیتی‌لایم، دیپرس‌لایم و بیرس‌لایم از راه نهادهای مربوط، چند سالی است وارد ایران شده و در حال بررسی سازگاری در مناطق گوناگون مرکبات‌خیز کشور می‌باشند (۳). این نژادگان‌ها از نظر ریخت‌شناسی تفاوت‌های مشخصی با هم نداشته ولی از نظر ژنتیکی تفاوت‌های اندکی نشان می‌دهند (۱۶).

رقم‌های دیگری از مرکبات نیز ممکن است وجود داشته باشد که به جاروک لیموترش متحمل باشند، ولی هدف یافتن جایگزینی برای مکزیکن‌لایم است که بتواند نقش‌های آن را در سبذ غذایی خانوار ایفا نماید. در حال حاضر کاشت درختان پرشین‌لایم در جنوب ایران رو به گسترش است و این گونه به‌طور معمول روی دو پایه مکزیکن‌لایم و بکرایی پیوند شده و در اختیار باغداران قرار می‌گیرد. اما این دو پایه از حساس‌ترین گونه‌های مرکبات به بیماری جاروک لیموترش می‌باشند (۳، ۱۳) و با توجه به این‌که درختان پرشین‌لایم در کانون آلودگی به این بیماری پرورش می‌یابند، با وجود تحمل نسبی، ممکن است حساسیت دو پایه گفته‌شده بر رشد رویشی آن‌ها اثرگذار باشد. از سویی، پایه مکزیکن‌لایم که پرکاربردترین پایه مرکبات در جنوب کشور است، در رده‌بندی پایه‌های مرکبات، در گروه پایه‌های میانه از نظر تحمل به قلیایی‌بودن خاک قرار دارد (۶). بنابراین یافتن مناسب‌ترین پایه برای پرشین‌لایم و همچنین بررسی واکنش پیوندک این گونه روی پایه‌های گوناگون به بیماری جاروک ضروری به‌نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

برای بررسی اثر پایه بر واکنش به فایتوپلاسمای عامل بیماری جاروک لیموترش در پیوندک نژادگان‌های پرشین‌لایم، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت فاکتوریل شامل چهار پایه ولکاملمون

(*C. volkameriana* Ten and Pasq.)، مکزیکن لایم (*C. aurantifolia* Swingle)، نارنج (*C. aurantium* L.) و بکرایی (*Citrus* sp.) و چهار پیوندک شامل IAC، تاهیتی لایم (Tahitian lime)، دیپرس لایم (Deperse lime) و پرشین لایم (Persian lime) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میناب واقع در ۱۰۵ کیلومتری شرق بندرعباس در استان هرمزگان، در عرض جغرافیایی ۲۷ درجه و ۶ دقیقه و ۲۷ ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۵ دقیقه و ۳۹ ثانیه شرقی با ارتفاع ۲۷ متر از سطح دریا در سه تکرار انجام شد. پیوندک IAC از پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری در رامسر، پیوندک تاهیتی لایم و دیپرس لایم از ایستگاه تحقیقات کشاورزی میناب و پیوندک پرشین لایم از باغ آقای اژدری در رودان استان هرمزگان تهیه شد. در آغاز، پایه‌ها با کشت بذر، تولید و پس از انتقال و نگهداری در خزانه انتظار و داشتن شرایط پیوند، پیوندزنی در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری از سطح خاک، در هر یک از ترکیب‌های پایه و پیوندک به روش کپیوند سپری انجام شد.

برای بررسی واکنش گیاهان پیوندی حاصل از پیوندک چهار نژادگان پرشین لایم روی پایه‌های مورد بررسی به بیماری جاروک، این گیاهان از طریق پیوند با عامل بیماری جاروک لیموترش مایه‌زنی شدند. برای مایه‌زنی، از پیوندک مکزیکن لایم آلوده به بیماری جاروک که از درختان بالغ آلوده تهیه شده بود، استفاده شد. وجود فایتوپلاسمای بیماری جاروک در درخت مکزیکن لایم (منبع پیوندک) با آزمون واکنش زنجیره‌ای پلیمرارز به اثبات رسید. پیوندک‌ها بدون جوانه فعال بود تا از تبدیل آن‌ها به جاروک‌های بزرگ و کاهش رشد نهال‌های مایه‌زنی‌شده جلوگیری شود. افزون بر ۱۶ ترکیب پایه و پیوندک مورد بررسی، چهار پایه پیوندنشده شامل مکزیکن لایم، ولکاملمون، نارنج و بکرایی نیز از راه پیوند با عامل بیماری جاروک لیموترش مایه‌زنی شدند.

در نهال‌های پیوندی، محل مایه‌زنی در فاصله ۱۰ سانتی‌متری محل پیوند اولیه و در دانهال‌های غیرپیوندی (مکزیکن لایم، ولکاملمون، نارنج و بکرایی) محل مایه‌زنی در ۳۰ سانتی‌متری سطح خاک انتخاب شد. برای هر ترکیب پیوندی و نیز دانهال‌های غیرپیوندی، سه تکرار در نظر گرفته شد. مایه‌زنی در هر نهال با استفاده از دو پیوندک به روش سپری، برای اطمینان از گیرایی پیوند و آلوده‌سازی انجام شد.

پس از انجام مایه‌زنی، در دوره‌های زمانی ۱۰ روز یکبار، نمونه برگ از پیوندک پرشین لایم‌ها و نیز دانهال‌های مایه‌زنی‌شده، در سه تکرار تهیه شد و پس از استخراج DNA از رگبرگ میانی برگ به روش CTAB تغییریافته (۱۴)، PCR با استفاده از جفت آغازگر P1 (5'-AAGAGTTTGATCCTGGCTCAGG ATT-3') و P7 (5'-CGTCCTTCATCGGCTCTT-3') (۲۰، ۱۲) انجام شد تا از وجود فایتوپلاسمای عامل بیماری جاروک اطلاع حاصل شود (شکل ۱). جفت آغازگر P1/P7 قطعه‌ای از اپرون RNA ریبوزومی با اندازه تقریبی ۱۸۰۰ جفت‌باز را افزایش می‌دهد. نمونه برگ مورد نظر در فاصله مکانی نوک شاخه تا ده سانتی‌متری محل مایه‌زنی تهیه شد. از یک دانهال مکزیکن لایم بدون نشانه در گلخانه و یک درخت مکزیکن لایم دارای نشانه‌های بارز بیماری جاروک که پیش از این آلودگی آن به عامل بیماری جاروک لیموترش به اثبات رسیده بود، DNA کل استخراج و از آن‌ها به ترتیب به عنوان شاهد منفی و مثبت استفاده شد.

واکنش PCR در حجم پایانی ۱۵ میکرولیتر انجام شد به طوری که دارای ۷/۵ میکرولیتر مسترمیکس، ۵/۵ میکرولیتر آب مقطر سترون، ۰/۵ میکرولیتر از هر یک از آغازگرها با غلظت ۱۰ میکرومول و ۱ میکرولیتر DNA استخراج‌شده بود. برنامه دمایی PCR شامل واسرشته‌سازی آغازین در ۹۴ درجه سلسیوس به مدت ۳ دقیقه، ۳۵ چرخه شامل واسرشته‌سازی در ۹۴ درجه سلسیوس به مدت ۴۰ ثانیه، اتصال آغازگرها در ۵۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۵ ثانیه و مرحله گسترش در ۷۲ درجه سلسیوس به مدت ۱۰۵ ثانیه و در پایان ۱۰ دقیقه گسترش نهایی در ۷۲ درجه سلسیوس انجام شد.

با توجه به عمومی بودن جفت‌آغازگر P1/P7 (۸، ۱۷، ۱۹)، برای شناسایی دقیق فایتوپلاسمای عامل بیماری جاروک، محصول PCR با این جفت آغازگر (۱۸۰۰ جفت‌باز) برای تعیین توالی به شرکت MacroGen در کره‌جنوبی ارسال شد. برای ردیف‌کردن داده‌های حاصل از تعیین توالی نوکلئوتیدی از نرم‌افزار SeqMan 5.00 (۲۱) استفاده و از اطلاعات موجود در بانک ژن (Gene Bank) برای تجزیه و تحلیل بهره گرفته شد.

بررسی نشانه‌های ظاهری نهال‌های مایه‌زنی‌شده، با فاصله زمانی دو روز یکبار انجام و تاریخ آغاز رشد جوانه‌های دارای نشانه‌های جاروک ثبت شد. به‌طور کلی، دو ویژگی شمار روز تا شناسایی حضور فایتوپلاسمای عامل بیماری جاروک و شمار روز تا نمایان‌شدن نشانه‌های ظاهری جاروک در گیاهان مایه‌زنی‌شده مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی اثرهای ساده (انفرادی) و برهمکنش پایه و پیوندک، این دو ویژگی در قالب یک طرح بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت فاکتوریل و برای مقایسه ۱۶ ترکیب پایه و پیوندک با چهار پایه دانه‌الی (در مجموع ۲۰ تیمار) در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار واکاوی شدند. واکاوی آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵٪ انجام شد.

نتایج

آزمون PCR

برای شناسایی فایتوپلاسمای عامل بیماری جاروک و هم‌چنین تیمارهای گوناگون، از آزمون PCR با استفاده از جفت آغازگر P1/P7 استفاده شد و در تیمارهای گوناگون شامل نهال‌های پیوندی و دانه‌ال‌ها و شاهد مثبت قطعه مورد انتظار (۱۸۰۰ جفت‌باز) افزایش یافت (شکل ۱). محصول PCR در منبع عامل بیماری، تیمارهای گوناگون و شاهد مثبت تعیین ترادف شد و مقایسه میزان همسانی نوکلئوتیدی و جستجو با برنامه BLAST نشان داد که توالی‌های به‌دست‌آمده با یکدیگر ۱۰۰٪ و با عامل بیماری جاروک (رس شمار U15442) ۹۹٪ همسانی نوکلئوتیدی دارند. به‌عنوان نماینده توالی‌ها، توالی مربوط به دانه‌ال مکزیکن‌لایم آلوده شده در این پژوهش با رس شمار MG744313 در بانک جهانی ترادف‌ها ثبت شد.

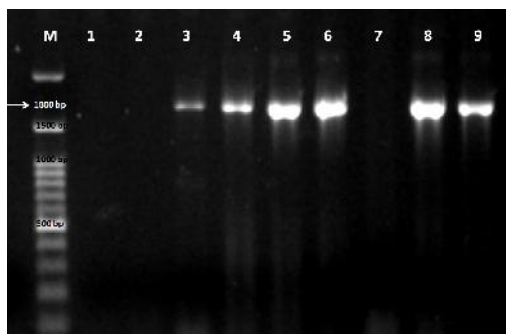


Fig. 1. Agarose gel electrophoresis of PCR products (1800 bp) using primer pair P1/P7. M: Size marker 3kb; Lanes 1 and 2: The grafted IAC and Deperse lime scions on Volkamer lemon rootstock, respectively; Lanes 3 and 4: The grafted IAC and Deperse lime scions on Sour orange rootstock, respectively; Lanes 5 and 6: Bakraei and Mexican lime seedling rootstocks, respectively; Lane 7: Healthy DNA sample (non-inoculated plants) as negative control; Lane 8: Infected Mexican lime as positive control; Lane 9: The grafted IAC scions on Mexican lime rootstock.

شکل ۱- نتیجه الکتروفورز ژل آگارز یک درصد محصول PCR با استفاده از جفت آغازگر P1/P7 (۱۸۰۰ جفت‌باز). M: نشانگر ۳ کیلو جفت‌بازی؛ راهک‌های ۱ و ۲: به‌ترتیب گیاهان پیوندی IAC و دیپرس‌لایم روی پایه ولکامرلیمون، راهک‌های ۳ و ۴: به‌ترتیب گیاهان پیوندی IAC و دیپرس‌لایم روی پایه نارنج، راهک‌های ۵ و ۶: به‌ترتیب پایه‌های دانه‌الی بکرایی و مکزیکن‌لایم؛ راهک ۷: نمونه DNA سالم (گیاهان مایه‌زنی‌نشده) به‌عنوان شاهد منفی؛ راهک ۸: نمونه مکزیکن‌لایم آلوده به‌عنوان شاهد مثبت و راهک ۹: گیاه پیوندی IAC روی پایه مکزیکن‌لایم.

شمار روز تا شناسایی حضور فایتوپلازما در ترکیب‌های پیوندی و دانهال‌های پیوند نشده

نتیجه‌های تجزیه واریانس نشان داد که نوع پایه اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر ویژگی شمار روز تا شناسایی حضور فایتوپلازما همراه با بیماری جاروک به وسیله PCR داشت. در این رابطه تفاوت معنی‌داری بین نوع پیوندک‌ها و همچنین برهمکنش معنی‌داری بین پایه و پیوندک دیده نشد (جدول ۱). حضور فایتوپلازما در پیوندک‌ها روی پایه مکزیکن لایم ۴۰ روز و در پیوندک‌ها روی پایه ولکاملمون ۱۱۶ روز پس از مایه‌زنی شناسایی شد. در این رابطه میانگین زمان شناسایی حضور فایتوپلازما در پیوندک‌ها روی پایه بکرایی ۵۰ روز و روی پایه نارنج ۶۸ روز بود (شکل ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شمار روزهای بین زمان مایه‌زنی تا شناسایی حضور فایتوپلازما در ترکیب‌های پیوندی.

Table 1. Analysis of variance of the number of days between graft inoculation and detection of phytoplasma in the graft combinations.

منابع تغییر S.V	درجه آزادی D.F	میانگین مربعات (M.S)
		شمار روز تا شناسایی فایتوپلازما Days to detection of phytoplasma
تکرار Replication	2	339.6**
پایه Rootstock	3	13583.3**
پیوندک Scion	3	5.6 ^{ns}
پایه × پیوندک Rootstock × Scion	9	11.1 ^{ns}
خطا Error	30	57.4
C.V% ضریب تغییرات		11.1

^{ns}, ** not significant and significant ($P < 0.01$), respectively.

^{ns} و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح یک درصد.

بر اساس نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌های مقایسه دانهال‌های پیوند نشده و ترکیب‌های پیوندی از نظر شمار روز تا شناسایی حضور فایتوپلازما، تفاوت بسیار معنی‌داری بین نهال‌ها دیده شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن بود که حضور فایتوپلازما در دانهال‌های مکزیکن لایم پس از ۲۷ روز شناسایی شد که با همه دانهال‌ها و ترکیب‌های پیوندی به جز پرشین لایم روی مکزیکن لایم (۳۷ روز) اختلاف معنی‌داری داشت. در رتبه بعد دانهال‌های بکرایی قرار داشتند که حضور فایتوپلازما در آن‌ها پس از ۴۰ روز شناسایی شد که تفاوت معنی‌داری با ترکیب‌های پیوندی روی پایه بکرایی و مکزیکن لایم نداشتند. حضور فایتوپلازما در دانهال‌های نارنج پس از ۵۷ روز شناسایی شد که از نظر آماری تفاوتی با ترکیب‌های پیوندی روی پایه بکرایی (۵۰ روز) و نیز نهال‌های پیوندی IAC، دیپرس لایم و پرشین لایم روی پایه نارنج (۶۷ روز) نداشتند. حضور فایتوپلازما در دانهال‌های ولکاملمون پس از ۹۳ روز شناسایی شد که تفاوت معنی‌داری با همه دانهال‌ها و ترکیب‌های پیوندی نشان داد. در این بین حضور فایتوپلازما در پیوندک‌ها روی پایه ولکاملمون (۱۱۳ تا ۱۱۷ روز) دیرتر از همه دانهال‌ها و دیگر ترکیب‌های پیوندی شناسایی شد (جدول ۳).

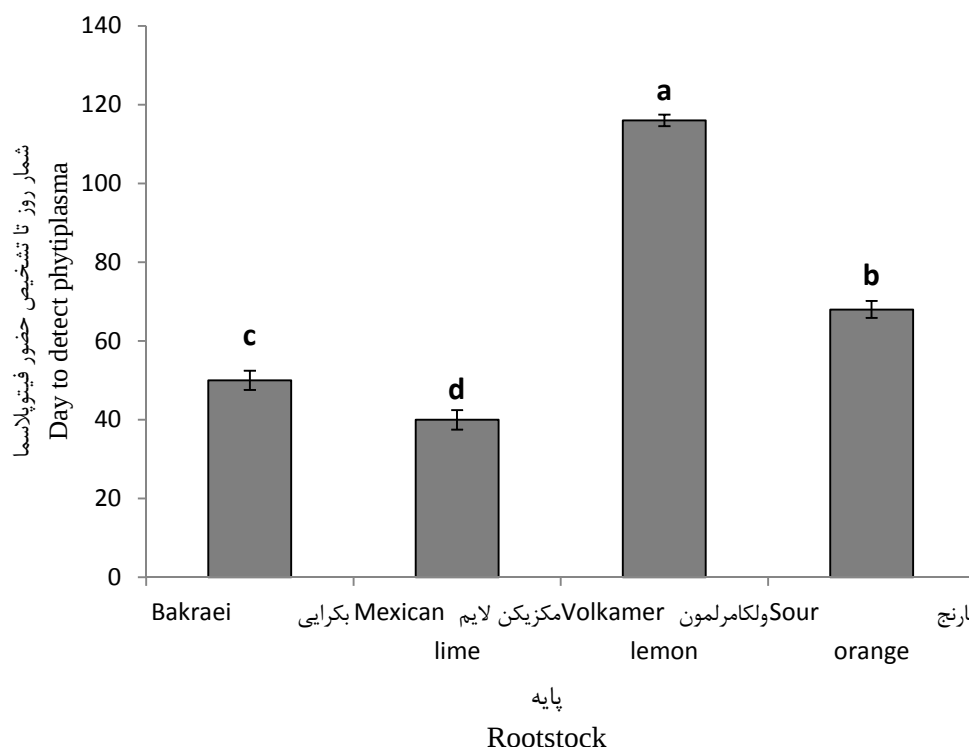


Fig. 2. Mean comparison of the number of days between graft inoculation and detection of phytoplasma in the scions influenced by different rootstocks [Columns with similar letters, do not have significant differences according to LSD ($p < 0.05$)].

شکل ۲- مقایسه میانگین شمار روز از مایه‌زنی با عامل بیماری جاروک تا شناسایی حضور فایتوپلازما در پیوندک زیر تأثیر پایه‌های گوناگون (ستون‌های دارای حرف‌های مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد آزمون LSD با هم ندارند).

جدول ۲- تجزیه واریانس داده‌ها در رابطه با شمار روز بین زمان مایه‌زنی تا شناسایی فایتوپلازما در دانهال‌ها و ترکیب‌های پیوندی.

Table 2. Analysis of variance of the number of days between graft inoculation and detection of phytoplasma in seedling rootstocks and graft combinations.

منابع تغییر S.V	درجه آزادی D.F	میانگین مربعات (M.S)
		شمار روز تا شناسایی فایتوپلازما Day until detection of phytoplasma
تکرار Replication	2	260.0*
گروه تیماری Treatment	19	2646.6**
خطا Error	38	54.7
ضریب تغییرات C.V%		11.3

*, ** significant in $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively.

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد.

جدول ۳- مقایسه میانگین شمار روز بین زمان مایه‌زنی تا شناسایی فایتوپلازما در دانهال‌ها و ترکیب‌های پیوندی.

Table 3. Mean comparison of the number of days between graft inoculation and detection of phytoplasma in seedling rootstocks and graft combinations.

ویژگی Trait	میانگین شمار روز بین مایه‌زنی تا شناسایی حضور فایتوپلازما Average of the number of days between graft inoculation and detection of phytoplasma
پایه × پیوندک/دانهال Rootstock × Scion/Seedling	
IAC	[†] 50 ^{ef}
تاهیتی لایم	50 ^{ef}
بکرای Bakraei	Tahiti lime
دیپرس لایم	50 ^{ef}
Deperse lime	
پرشین لایم	50 ^{ef}
Persian lime	
IAC	40 ^{fg}
تاهیتی لایم	40 ^{fg}
مکزیکن لایم Mexican lime	Tahiti lime
دیپرس لایم	43 ^{fg}
Deperse lime	
پرشین لایم	37 ^{gh}
Persian lime	
IAC	117 ^a
تاهیتی لایم	117 ^a
ولکامرلمون Volkamer lemon	Tahiti lime
دیپرس لایم	113 ^a
Deperse lime	
پرشین لایم	117 ^a
Persian lime	
IAC	67 ^{cd}
تاهیتی لایم	70 ^c
نارنج Sour orange	Tahiti lime
دیپرس لایم	67 ^{cd}
Deperse lime	
پرشین لایم	67 ^{cd}
Persian lime	
دانهال بکرای Bakraei seedling	40 ^{fg}
دانهال مکزیکن لایم Mexican lime seedling	27 ^h
دانهال ولکامرلمون Volkamer lemon seedling	93 ^b
دانهال نارنج Sour orange seedling	57 ^{de}

[†]Means in each columns having similar letters, have not significant difference according to LSD ($p < 0.05$).
[†]میانگین‌های موجود در هر ستون که دستکم دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح پنج درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

شمار روز تا نمایان شدن نشانه‌های جاروک

تا پایان زمان آزمایش، هیچ‌گونه نشانه ظاهری جاروک در ترکیب‌های پیوندی دیده نشد. براساس نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌ها، تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد بین دانهال‌ها از نظر مدت زمان نمایان شدن نشانه‌های جاروک وجود داشت (جدول ۴).

جدول ۴- تجزیه واریانس داده‌ها در رابطه با شمار روز بین زمان مایه‌زنی تا نمایان شدن نشانه‌های جاروک در دانهال پایه‌ها.

Table 4. Analysis of variance of the number of days between graft inoculation and appearance of WBDL symptoms in the rootstock seedlings.

منابع تغییر S.V	درجه آزادی D.F	میانگین مربعات (M.S)
		شمار روز تا نمایان شدن نشانه‌های جاروک Day to appearance of WBDL symptoms
تکرار Replication	2	12.3 ^{ns}
دانهال Seedling	3	16411.0 ^{**}
خطا Error	6	20.3
ضریب تغییرات C.V%		5.8

^{ns}, ^{**}: not significant and significant ($P < 0.01$), respectively.

^{ns} و ^{**} به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح یک درصد.

در مقایسه دانهال‌ها، نشانه‌های جاروک در دانهال‌های مایه‌زنی‌شده مکزیکن‌لایم (۵۴ روز) زودتر از دیگر دانهال‌ها دیده شد. پس از آن، نشانه‌ها در دانهال‌های بکرایی (۸۲ روز) و سپس در دانهال‌های نارنج (۱۷۷ روز) دیده شد. تا پایان زمان آزمایش نشانه‌های جاروک در دانهال‌های ولکاملمون دیده نشد (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه دانهال پایه‌ها از نظر میانگین شمار روز بین مایه‌زنی با پیوند تا نمایان شدن نشانه‌های بیماری جاروک.

Table 5. A comparison of the rootstock seedlings in relation to mean of the number of days between graft inoculation and appearance of WBDL symptoms.

Seedling	دانهال Bakraei	مکزیکن‌لایم Mexican lime	ولکاملمون Volkamer lemon	نارنج Sourorange
میانگین شمار روز تا نمایان شدن نشانه‌های جاروک	82 ^b	54 ^c	–	177 ^a
Mean of the number of days to appear of WBDL symptoms				

†Means with similar letters, do not have significant difference according to LSD ($p < 0.05$).

†میانگین‌هایی که دستکم دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح پنج درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

بحث

با استفاده از PCR حضور فایتوپلاسما در پیوندک‌ها روی پایه ولکاملمون و همچنین در دانهال‌های ولکاملمون دیرتر از دیگر دانهال‌ها و ترکیب‌های پیوندی شناسایی شد. در مقابل، در پایه‌های دانهالی مکزیکن‌لایم

و بکرایی و نیز در ترکیب‌های پیوندی روی این دو پایه، حضور فایتوپلازما زودتر از دیگر دانه‌ها و ترکیب‌های پیوندی شناسایی شد. به نظر می‌رسد تأخیر در شناسایی حضور فایتوپلازما در پایه ولکاملمون به خاطر پایین بودن رقت فایتوپلازما در این پایه باشد. برای تعیین دقیق رقت فایتوپلازما باید از Real-time PCR (۹) استفاده کرد. ردیابی دیرتر عامل بیماری در ولکاملمون و ترکیب‌های پیوندی پرشین‌لایم در مقایسه با بکرایی و مکزیکن‌لایم می‌تواند ناشی از تحمل آن‌ها به بیماری جاروک باشد. پایه مکزیکن‌لایم به دلیل دسترسی آسان به بذر (حاصل از آب‌گیری میوه) و نیز دارابودن خاصیت چندرویی و رشد رویشی مناسب، به عنوان پرکاربردترین پایه مرکبات در جنوب ایران شناخته می‌شود (۴). اما حساسیت این پایه به گموز مرکبات و نیز بیماری جاروک و همچنین تحمل متوسط به خاک‌های قلیایی (۶)، مدتی است استفاده از آن را زیر تأثیر خود قرار داده است. پایه ولکاملمون به دلیل تحمل بهتر عامل بیماری جاروک، مقاومت مناسب به خاک‌های قلیایی و رشد رویشی بسیار خوب به عنوان یک پایه امیدبخش در جنوب ایران مطرح است (۲، ۴).

در این پژوهش، نشانه‌های جاروک تنها در دانه‌های مکزیکن‌لایم، بکرایی و نارنج دیده شد و در دانه‌ها ولکاملمون و ترکیب‌های پیوندی تا پایان زمان آزمایش نشانه‌ای دیده نشد. ردیابی دیرتر عامل بیماری (یکی از نتیجه‌های همین پژوهش) و رخ ندادن نشانه‌های بیماری جاروک در ولکاملمون و پرشین‌لایم نشان می‌دهد این دو گونه متحمل به بیماری جاروک لیموترش می‌باشند. ولکاملمون جایگزین مناسبی برای مکزیکن‌لایم به عنوان پایه و پرشین‌لایم جایگزین مناسبی برای مکزیکن‌لایم به عنوان یک گونه تجاری در مناطق آلوده می‌باشد. در ایران در صورتی که بیماری جاروک مطرح نباشد، مکزیکن‌لایم به دلایل گوناگون به‌ویژه از نظر اشتغال‌زایی، میزان محصول، سازگار بودن با آب و هوا و خاک‌های جنوبی و بازار مصرف برتری نسبی بر پرشین‌لایم دارد و جایگزینی این محصول با پرشین‌لایم امری غیرممکن است.

اگر چه از راه مایه‌زنی با پیوندک آلوده، نشانه‌های بیماری در دانه‌های نارنج دیده شد ولی در شرایط طبیعی حتی در شرایط آلودگی شدید، تاکنون نشانه‌های بیماری جاروک در درختان نارنج گزارش نشده است. به نظر می‌رسد در شرایط طبیعی، نارنج میزبان مناسبی برای زنجبرک ناقل بیماری جاروک (*Hishimonus phycitis*) نباشد (۷). پیشتر هم حساسیت پایه‌های مکزیکن‌لایم، بکرایی و نارنج و تحمل ولکاملمون به بیماری جاروک لیموترش گزارش شده است (۸) و تأییدی بر نتیجه‌های این پژوهش می‌باشد. در این پژوهش برای اولین بار نژادگان‌های گوناگون پرشین‌لایم از نظر واکنش به عامل بیماری جاروک با یکدیگر مقایسه شدند و تحمل آن‌ها به‌ویژه وقتی روی پایه ولکاملمون پیوند شوند، به اثبات رسید.

نتیجه‌گیری

در بررسی برهمکنش پایه و پیوندک، کشت درختان پرشین‌لایم شامل نژادگان‌های IAC، تاهیتی‌لایم، پرشین‌لایم و دیپرس‌لایم روی پایه ولکاملمون، به عنوان بهترین ترکیب‌های پیوندی برای مناطق آلوده به بیماری جاروک لیموترش معرفی می‌شوند.

References

منابع

- آزادوار، م.، س. رنجبر، م. نجفی‌نیا، و ک. بارانول. ۱۳۹۳. اولین گزارش از آلودگی طبیعی بالنگ (*Citrus medica* L.) به '*Candidatus Phytoplasma aurantifolia*' در ایران. مجله بیوتکنولوژی کشاورزی، ۲۲-۶: ۱۵(۴).
- توکلی، ا. ۱۳۹۱. بررسی اثر پایه‌های مختلف بر خواص کمی و کیفی سه رقم لایم شامل پرشین‌لایم، مکزیکن‌لایم و لایم‌بی‌تیغ. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. موسسه تحقیقات مرکبات کشور، شماره ثبت ۴۲۶۸۴. ۲۲ ص.
- حسن‌زاده خانکهدانی، ح. ۱۳۹۵. مطالعه سازگاری و عملکرد ارقام جدید لایم و مقایسه آن با لیسبون لمون در منطقه حاجی‌آباد هزم‌رگان (فاز اول: رویشی). گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ۳۵ ص.

۴. حسن‌زاده خانکهدانی، ح.، ا. حسن‌پور و ع. ابوطالبی. ۱۳۸۵. تاثیر پایه‌های مختلف بر میزان رشد رویشی، وزن خشک و ترکیبات معدنی پیوندک لیموآب (*Citrus aurantifolia* Swingle). نهال و بذر، ۱۶۴-۱۵۵: ۲۲(۲).
۵. حسن‌زاده خانکهدانی، ح.، م. گل‌محمدی و ب. گل‌عین. ۱۳۹۵. پرشین‌لایم (*Citrus latifolia* Tanaka). نشریه فنی شماره ۴۹۹۶۴، کمیته انتشارات پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ۲۰ ص.
۶. رادنی، ح. ۱۳۷۵. پایه‌های درختان میوه. نشر آموزش کشاورزی. ۶۳۷ ص.
۷. صالحی، م.، ع. باقری، م.م. فقیهی و ک. ایزدپناه. ۱۳۹۶. تعیین برخی ویژگی‌های زیستی و رفتاری زنجربک *Hishimonus phycitis*، ناقل بیماری جاروک لیموترش با هدف مدیریت بیماری. مجله بیماری‌های گیاهی، ۵۳(۱): ۹۶-۷۵.
۸. صالحی، م.، ن. نجات، ا. توکلی و ک. ایزدپناه. ۱۳۸۴. واکنش ارقام مرکبات به فایتوپلاسمای عامل جاروک لیموترش در ایران. مجله بیمارهای گیاهی. ۴۱: ۳۶۳-۳۷۶.
9. Askari, N., G. Salehi-Jouzani, M. Mousivand, A. Foroutan, A. Hagh-Nazari, A. Abbasalizadeh, S. Soheilvand and M. Mardi. 2011. Evaluation of anti-phytoplasma properties of surfactin and tetracycline towards lime witches' broom disease using Real-Time PCR. J. Microbiol. Biotechnol. 21(1):81-88.
10. Cantuarias-Aviles, T., F.A.A.M. Filhoa, E.S. Stuchi, S.R. da-Silva, E. Espinosa-Nuneza and H.B. Neota. 2012. Rootstocks for high fruit yield and quality of Tahiti lime under rain-fed conditions. Sci. Hort. 142:105-111.
11. Crane, J.H. and J.L. Osborne. 2013. Growing Tahiti lime in the home landscape. University of Florida. IFAS Ext. 12 p.
12. Deng, S. and C. Hiruki. 1991. Amplification of 16S rRNA genes from culturable and non-culturable mollicutes. J. Microbiol. Meth. 14:53-61.
13. Djavaheri, M. and H. Rahimian. 2004. Witches' broom of Bakraee (*Citrus reticulata* hybrid) in Iran. Plant Dis. 88:683.
14. Faghihi, M.M., A.N. Bagheri, H.R. Bahrami, H. Hasanzadeh, R. Rezazadeh, M. Siampour, S. Samavi, M. Salehi and K. Izadpanah. 2011. Witches' broom disease of lime affects seed germination and seedling growth but is not seed transmissible. Plant Dis. 95(4):419-422.
15. Garnier, M., L. Zreik and J.M. Bové. 1991. Witches'-broom, a lethal mycoplasmal disease of lime trees in the Sultanate of Oman and the United Arab Emirates. Plant Dis. 75:546-551.
16. Hassanzadeh Khankahdani, H., S. Rastegar, B. Golein, M. Golmohammadi and A. Aboutalebi. 2017. Genetic diversity in Persian lime (*Citrus latifolia* Tanaka) accessions using morphological and molecular markers. Agr. For. 63(3):221-231.
17. Lou, B., X. Bai, Y. Bai, C. Deng, M. RoyChowdhury, C. Chen and Y. Song. 2013. Detection and molecular characterization of a 16SrII-A Phytoplasma in Grapefruit (*Citrus paradisi*) with Huanglongbing-like symptoms in China. J. Phytopathol. DOI:0.1111/jph. 12200.
18. Najafiniya, M. and M. Azadvar. 2016. Witches broom disease of lime and its management. Indian Phytopathol. 69(4s):330-332.
19. Nikooei, M., C. Hemmati and A. Bagheri. 2017. Association of 'Candidatus Phytoplasma aurantifolia' with *Cosmos bipinnatus* phyllody disease in Iran. J. Plant Protection Res. 57(3):314-317.
20. Schneider, B., E. Seemüller, C.D. Smart and B.C. Kirkpatrick. 1995. Phylogenetic classification of plant pathogenic mycoplasma-like organisms or phytoplasmas. In: Razin, S. and J.G. Tully eds. Molecular and Diagnostic Procedures in Mycoplasma. New York, USA: Academic Press 2:369-80.
21. Zakipour-Molkabadi, E., Z. Hamidi-Esfahani, M.A. Sahari and M.H. Azizi. 2013. A new native source of Tannase producer, *Penicillium* sp. EZ-ZH190: Characterization of the enzyme. Iranian J. Biotech. 11(4): 244-250.

Effect of Rootstock on Witches' Broom Disease of Lime in Scions of Different Persian Lime (*Citrus latifolia* Tanaka) Genotypes

H. Hassanzadeh Khankahdani, S. Rastegar*, B. Golein, M. Golmohammadi and A. Aboutalebi Jahromi¹

In order to assess the effect of different rootstocks on reaction of scions of Persian lime genotypes against witches' broom disease of lime (WBDL), an experiment was conducted as factorial arrangement in randomized complete block design with two factors including rootstock (Bakraei, Mexican lime, Volkamer lemon and Sour orange) and scion (IAC, Tahitian lime, Deperse lime and Persian lime) in Agricultural Research Station of Minab during 2014-2017. The grafted plants were produced via T-budding. Reactions of the grafted plants and seedlings was evaluated via graft inoculation with Mexican lime scion infected with WBDL phytoplasma. Based on PCR assays, detection of WBDL phytoplasma was the earliest (40 days post inoculation) in the scions on Mexican lime rootstock and the latest (116 days post inoculation) in the scions on Volkamer lemon rootstock. Symptoms of WBDL were observed in all seedlings except Volkamer lemon and during the course of this study it was not observed in the grafted plants. The time between graft inoculation and WBDL symptoms appearance was shortest in Mexican lime seedlings. Totally, Volkamer lemon rootstock is introduced as the best rootstock for Persian lime genotypes in the WBDL-infected areas.

Keywords: Inoculation, Persian lime genotypes, Phytoplasma, Volkamer lemon.

1. Ph.D. Student of Physiology and Breeding of Fruit Trees, Department of Horticultural Science, Agriculture and Natural Resource College, Hormozgan University and Researcher of Horticulture Crops Department, Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of Hormozgan, Assistant Professor of Department of Horticultural Science, Agriculture and Natural Resource College, University of Hormozgan, Associate Professor and Assistant Professor of Citrus and Subtropical Fruits Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ramsar and Associate Professor of Islamic Azad University, Horticulture Department, Jahrom Branch, Islamic Azad University, Jahrom, Iran, respectively.

* Corresponding author, Email: (srastegar2008@gmail.com).