Archive of SID

Applied Entomology and Phytopathology
Vol. 88, No. 2, March 2021
DOI: 10.22092/jaep.2020.341597.1323

آفات و بیماری‌های گیاهی
جلد ۸۸، شماره ۲، اسفند ۱۳۹۹

مقاله پژوهشی

اثر برهم‌کنشی پایه × رقم سیب در واکنش به عامل سفیدک پودری *Podosphaera leucotricha*

احمد حیدریان✉

مربی پژوهش بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

(تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۹)

چکیده

سفیدک پودری یکی از بیماری‌های مهم سیب (*Malus domestica* Borkh) در جهان است که باعث کاهش کیفیت و کمیت محصول می‌شود. در این پژوهش، اثر برهم‌کنش بین برخی پایه‌ها و ارقام رایج در مقاومت به سفیدک پودری در شرایط طبیعی طی چهار سال زراعی بررسی شد. به این منظور آزمایشی با سه پایه رویشی MM.111، MM.106، M9 و یک پایه بذری و ارقام رد دلیشز، گلدن دلیشز، گلاب کهنز و گلاب اصفهان در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت فاکتوریل در چهار تکرار اجرا شد. ارزیابی بر اساس درصد وقوع و شدت بیماری روی برگ‌ها در دو سال برآورد شد. نتایج نشان داد که پایه M.9 مقاومت گلاب اصفهان را نسبت به سفیدک پودری در مقایسه با پایه بذری کاهش و مقاومت رقم رد دلیشز، گلدن دلیشز و گلاب کهنز را افزایش داده است. ترکیب‌های Golab e Esfahan × M.9 و Golab e Esfahan × Seedling به‌ترتیب با ۵۲/۷۳ و ٤٨/١٠ درصد وقوع بیماری و ٥٦/٥٧ و ۵۳/۳۱ درصد شدت بیماری بیش‌ترین حساسیت را نشان دادند درحالی که ترکیب‌های Red Delicious × M.9 و Red Delicious × MM.106 به‌ترتیب با ۱۲/۵۰ و ۱۲/۷٦ درصد وقوع بیماری و ١٦/٤٧ و ١٩/٦١ درصد شدت بیماری، بیش‌ترین مقاومت را نشان دادند. بر این اساس گلاب کهنز و گلدن دلیشز روی پایه M.9 و رد دلیشز روی پایه‌های M.9 و M.106 توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: شدت بیماری، گلاب، مقاومت، وقوع بیماری

Intraction between rootstock and variety in response to causal agent of apple powdery midew *Podosphaera leucotricha*

A. HEIDARIAN✉

Plant Protection Research Department, Esfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Esfahan, Iran

Abstract

Apple powdery mildew is one of the most important apple diseases (*Malus domestica* Borkh) in the world. The aim of this study was to evaluate interaction effects between some common cultivars and rootstocks to apple powdery mildew. The experiment was conducted in a factorial randomized block design with four replications under natural conditions using MM.111, MM.106, M9 seedling rootstock and four cultivars include Red Delicious, Golden Delcious, Golab e Kohanz and Golab e Esfahan, in four years. The evaluation was performed based on incidence and severity disease percentage on the leaves during two years. It was concluded that M.9 rootstock have a negative effect on Esfahan's Golab and made the cultivar more susceptible to the disease. However, this rootstock had a positive effect on Red Delicious, Golden Delicious and Golab e Kohanz. M.9 × Golab e Esfahan and Seedling × Golab e Esfahan combinations with 52.% and 48.10% disease incidence and 56.77 and 53.33 disease severity percentage respectively, showed the most suceptibility, while, M.9 × Red Delicious and MM.106 × Red Delicious with 12.50 %and 16.76% disease incidence and 16.47% and 19.61% disease severity respectively, showed the highest resistance. So Golab e Kohanz and Red Delicious on M.9 rootstock, Red Delicious on M.9 and M.106 rootstock are recommended.

Keywords: Disease incidence, disease severity, golab, resistance

✉ **ahmadheidarian@yahoo.com**

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

سیب (*Malus* × *domestica* Borkh.) بعد از مرکبات، انگور و موز، چهارمین محصول باارزش باغبانی ازنظر سطح زیر کشت و ارزش غذایی است که در نواحی مختلف دنیا به‌صورت تجاری تولید می‌شود (O'Rourke, 2003). ارقام سیب تجاری که امروزه در دسترس است از اجداد وحشی آن‌ها در نواحی مرکزی اوراسیا (Eurasia) منشأ گرفته‌اند. این ناحیه، بزرگ‌ترین مسیر تردد درگذشته بوده و باعث شده که درخت سیب در تمام قسمت‌های نیم‌کره شرقی گسترش یابد. رومانی‌ها نقش به‌سزائی در گسترش سیب در اروپا داشتند (Luby *et al.* 2001). درختان سیب غالباً خود ناسازگار و دوره رویشی طولانی‌مدت دارند (Han *et al.*, 2007). تکثیر تجاری درختان سیب از طریق بذر به علت هتروزیگوتی و خود ناسازگاری امکان‌پذیر نیست. لذا، ارقام مطلوب با پیوند روی پایه تکثیر می‌گردند (Ting *et al.*, 2012; Philip *et al.*, 2010). اگرچه نهال‌های ارقام درختانی که به این شیوه تولید می‌شوند ازنظر ژنتیکی یکسان هستند اما پایه‌ها صفات باغبانی مهم، مانند اندازه درخت، مقاومت به آفات و بیماری، کمیت و کیفیت محصول، فتوسنتز، عناصر غذایی موجود در برگ، تحمل به تنش‌های غیرزنده (Zhang *et al.* 2016; Fallahi *et al.*, 2002, Yao *et al.*, 2019) تحمل به سرما (Webster and Wertheim, 2003) زمان شروع باردهی، سازگاری با شرایط شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک (Sakata *et al.*, 2006; Yoder, 2000) و حساسیت درخت پیوندی به بیماری‌ها (Daraignes *et al.*; 2018, Krunger and Ledbetter, 2017; Sosna, 2014; Albrecht *et al.*, 2012; Jensen *et al.*, 2012) را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند. یکی دیگر از اهداف اصلی از پیوند سیب‌درختی روی پایه‌های مختلف، کاهش خسارت بیمارگرهای خاک‌برد و کاهش مواد شیمیایی مورداستفاده در بخش کشاورزی برای سالم‌سازی خاک از بیمارگرها و افزایش محصول و درآمد در کشاورزی پایدار است (Keller, 2015: Jensen *et al.*, 2012; Castle, 2010).

بیماری سفیدک پودری ناشی از *Podosphaera leucotricha* (Ell. and Ev.) Salm. یکی از بیماری‌های سیب است که در بهار و تابستان‌های با آب‌وهوای خشک نیز بروز و توسعه ا می‌یابد (Yoder and Hickey, 1983). چون بیمارگر در جوانه‌ها زمستان گذرانی می‌کند کنترل آن مشکل است و به خاطر ایجاد زنگار میوه و اثر مزمن آن روی اندازه و عملکرد درخت نیز حائز اهمیت است (Hickey and Yoder, 1990; Banihashemi, 1960). برای کنترل بیماری سفیدک پودری سیب همراه با لکه سیاه در برخی نقاط دنیا تا ۳۰ نوبت، بسته به شرایط آب‌وهوایی منطقه، حساسیت رقم و روش‌های مدیریت سم‌پاشی می‌شود (Holb and Kunz, 2016; Calenge and Durel, 2006) و در ایران تا پنج نوبت انجام می شود (Heidarian and Karimi Shahri, 2014).

در حال حاضر، انتخاب پایه‌ها غالباً به‌گونه‌ای است که عوارض جانبی تنش‌های غیرزنده مانند خشکی را کاهش دهد. بنابراین پایه، الگوی رشد پیوندک را در راستای اهداف موردنظر تغییر داده و مقاومت به بیماری‌ها را از طریق تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در پیوندها القاء می‌نماید. آگاهی از سازوکارهایی که درنتیجه آن پایه‌ها رفتار گیاه را تغییر می‌دهند باعث انتخاب ترکیبی از پایه و یا ارقام بهتر می‌شود (Keller, 2015; Jensen *et al.*, 2012; Castle, 2010).

برنامه اصلاح پایه کرنل-ژنوا (The Cornell-Geneva rootstock breeding program) روی انتخاب ژنوتیپ‌های با مقاومت چندگانه به بیماری‌ها تأکید دارد (Fazio *et al.*, 2005). تعداد زیادی از پایه‌های معرفی‌شده توسط این برنامه به بیماری کاشت مجدد سیب (Apple replant disease) ناشی از ترکیبی از بیماری‌های خاک‌برد مقاوم یا متحمل هستند (Leinfelder and Merwin, 2006). در ایران استفاده از پایه‌های بذری سیب، برای احداث باغ‌ها، از ابتدای کار معمول بوده و هنوز در سطح وسیع مورداستفاده قرار می‌گیرد. به علت تنوع ژنتیکی گسترده در بذر که حاصل تولیدمثل جنسی است، نه‌تنها ازنظر عملکرد و کیفیت محصول، بلکه ازنظر مقاومت به

www.SID.ir

Archive of SID

بیمارگرها نیز تنوع در بین درختان دیده می‌شود. پژوهش‌های زیادی (Papp *et al.*, 2016; Heidarian and Pirmoradian, 2012; Sestras, 2003) در خصوص مقاومت ارقام به سفیدک پودری انجام‌شده است، اما در ارتباط با اثر پایه، رقم و یا ترکیب آن‌ها بر بروز و توسعه سفیدک پودری بر اساس منابع در دسترس، در ایران پژوهشی انجام نشده است. استفاده از قابلیت ذاتی گیاه برای مقابله با تنش‌های زنده به‌ویژه سفیدک پودری یکی از راه‌کارهای مؤثر، مقرون‌به‌صرفه، و منطبق بر ملاحظات زیست‌محیطی است. در مقابله با تنش‌های زنده معمولاً اولین و مؤثرترین راه، استفاده از ارقام و پایه‌های متحمل یا مقاوم و یا ترکیب پایه و رقم است. هدف از این پژوهش، ارزیابی واکنش ترکیب‌های چهار نوع پایه و چهار نوع رقم در برابر عامل بیماری سفیدک پودری در شرایط طبیعی بود.

روش بررسی

آزمایش در ایستگاه تحقیقات گلپایگان با طول جغرافیایی ۵۰° و ۵′ درجه و عرض جغرافیایی ۲۳° و ۳٤′ و ۱۹۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا در شرایط طبیعی اجرا شد.

ویژگی‌های آب‌وهوایی و خاک محل آزمایش

اطلاعات هواشناسی شامل میزان بارندگی سالیانه، میانگین دمای حداکثر و حداقل سالیانه و میانگین رطوبت سالیانه در طی دوره داشت از سازمان هواشناسی دریافت گردید (جدول ۱). خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش با نمونه‌برداری استاندارد و تهیه نمونه مرکب در دو عمق ۳۰-۰ و ٦۰-۳۰ سانتی‌متری انجام شد و مشخص گردید که بافت خاک محل اجرای آزمایش غالباً شنی است و ازنظر شوری خاک محدودیتی وجود ندارد (جدول ۲).

ترکیب‌های پایه × رقم (تیمارها)

انتخاب ارقام بر اساس واکنش آن‌ها به سفیدک پودری، سطح زیر کشت، مصرف تازه خوری و محبوبیت آن‌ها در بازار بود. ارقام بومی گلاب کهنز و گلاب اصفهان بیش‌ترین حساسیت را روی پایه بذری دارند در حالی که رقم رد دلیشز روی پایه بذری نسبت به سفیدک پودری مقاوم و گلدن دلیشز روی پایه بذری حساس است (Heidarian and Pirmoradian, 2012). انتخاب پایه بر اساس کاربرد آن‌ها در ایران و تأثیر آن‌ها روی خصوصیات باغبانی ارقام و برهم‌کنش آن‌ها نسبت به بیماری‌های مهم بود (جدول ۲).

کاشت و پیوندزنی

در زمستان سال ۱۳۹۰ نسبت به تهیه سه نوع پایه رویشی (M.9، MM.106 و MM.111) که به روش کشت بافت و یک نوع پایه بذری (کشت غالب در ایران) همگی به قطر ۸-۱۰ میلی‌متر در محل طوقه اقدام شد. پایه‌ها در نهالستان بخش

جدول ۱- شرایط آب‌وهوایی در سال‌های آزمایشی ۹٦-۱۳۹۱.

Table 3. Climatic conditions throughout experimental years of 2012-17.

Agricultural year	Annual precipitation (mm)	Mean high temperature (°C)	Mean low temperature (°C)	Mean relative humidity (%)
2012-2013	234.22	21.30	8.80	35.89
2013-2014	223.23	20.34	8.12	37.44
2014-2015	276.27	21.36	8.78	35.25
2015-2016	224.74	21.17	8.56	36.04
2016-2017	283.82	21.24	8.37	39.68

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش.

Table 2. Phyical and chemical characteristics of the soil at the place of experiment

Depth (cm)	Clay	Silt	Sand	EC	pH	Total Nitrogen (%)	P	K	Zn	Cu	Mn	Fe	Mg	Ca	HCo_3^-
	(%)			(ds·m–1)			(mg.Kg^{-1})							(meq.L^{-1})	
0-30	29	34	39	1.4	7.8	24	21.7	370	2.2	2.8	15.7	13.9	6	5	4.4
30-60	31	36	37	1.4	7.8	22	14.9	185	1.3	1.7	8.5	6.9	5.5	5	3.5

www.SID.ir

Archive of SID

خصوصی همراه با برچسب شناسایی به فاصله ۲۰ سانتی‌متری کشت شدند و در نیمه دوم مرداد سال ۱۳۹۱ نسبت به پیوند ارقام موردنظر در ۱۰ سانتی‌متری سطح خاک به روش شکمی اقدام شد. پیوندک‌ها از درختان میوه‌دار قوی و سالم (ازنظر آفات و بیماری‌ها) ارقام تجاری رد دلیشز، گلدن دلیشز، گلاب اصفهان و گلاب کهنز تهیه شد. در اوایل بهار سال ۱۳۹۲ قسمت بالای پیوند حذف و شرایط برای رشد پیوندک فراهم شد.

طرح آزمایشی

در بهمن سال ۱۳۹۳ نهال‌ها به محل اجرای آزمایش در ایستگاه پژوهشی گلپایگان منتقل و در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت فاکتوریل با چهار تکرار کاشته شدند. فاکتورها شامل سه پایه رویشی (M.9، MM.106 و MM.111) و یک پایه بذری که روی هرکدام چهار نوع پیوندک از ارقام تجاری (رد دلیشز، گلدن دلیشز، گلاب اصفهان و گلاب کهنز) زده‌شده بود و مجموعاً ۱۶ تیمار (M.9 × Red Delicious، M.9 × Golden Delicious، M.9 × Golab Esfahan، M.9 × Glab Kohanz، MM.106 × Red Delicious، MM.106 × Golden Delicious، MM.106 × Golab Esfahan، MM.106 × Glab Kohanz، MM.111 × Red Delicious، MM.111 × Golden Delicious، MM.111 × Golab Esfahan، MM.111 × Glab Kohanz، Seedling × Red Delicious، Seedling × Golden Delicious، Seedling × Golab Esfahan و Seedling × Glab Kohanz) را شامل شد. فاصله بین ردیف‌ها چهار متر و فاصله بین درختان روی ردیف‌ها ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. در هر کرت آزمایشی سه درخت کشت شد. در چهار طرف حاشیه یک ردیف از گلاب اصفهان روی پایه بذری که حساس‌ترین رقم در ایران نسبت به سفیدک پودری است (Heidarian and Pirmoradian, 2012) کشت شد. بلافاصله بعد از کاشت کلیه تکرارها در ارتفاع تا ۹۰ سانتی‌متری سر برداری شد. سال ۱۳۹٤ برای استقرار درختان در نظر گرفته شد. بعضی از پیوندها روی بعضی پایه‌های رویشی رشد بیش‌تری نسبت به سایرین داشتند که از پایه‌های چوبی به‌عنوان قیم برای استقرار آن‌ها استفاده شد. مدیریت درختان ازجمله آبیاری، تغذیه، مبارزه با آفات و علف‌های هرز در طول دوره اجرای آزمایش بر اساس نیاز انجام شد. برای این‌که آلودگی تابع ترکیب پایه × رقم باشد و برای کم‌تر نمودن تأثیر عوامل جانبی، روی بروز و توسعه سفیدک پودری در تیمارهای آزمایشی، سعی شد، حداقل هرس و فرم دهی روی درختان انجام شود.

مایه‌زنی

علاوه بر آلودگی طبیعی، مایه‌زنی نیز انجام شد. برای تهیه مایه اولیه بیمارگر عامل سفیدک پودری، در فصل بهار سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹٦، سیخک و برگ‌های آلوده سیب گلاب از باغ‌های اطراف شهرستان اصفهان (در این محل بیماری نسبت به محل اجرای آزمایش زودتر بروز می‌کند) جمع‌آوری و پس از نگهداری در محیط مرطوب در محلول گلوکز ۷۸ درصد شسته شد (Paz-Cuadra *et al.*, 2014) به‌صورتی که سوسپانسیون اسپور با غلظت تقریبی ۷×۱۰^{٤} اسپور در میلی‌لیتر تهیه گردد و دو هفته بعد از باز شدن جوانه‌ها، هم‌زمان با خنک شدن هوا در عصر، یک نوبت روی کلیه تیمار و تکرارها با محلول پاش پشتی به‌صورتی محلول‌پاشی گردید که تمام‌اندام‌های هوایی را پوشش دهد.

ارزیابی

برای ارزیابی بیماری در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹٦ در شهریور (هم‌زمان با کامل شدن جوانه‌های انتهایی)، ۱۰ برگ جوان انتهایی (Biggs *et al.*, 2009) از هر شاخه روی هر درخت (٤ شاخه در ٤ جهت جغرافیایی و یک شاخه وسط درخت) جدا و برگ‌های مربوط به هر تیمار و تکرار به‌صورت مجزا در کیسه‌های کاغذی همراه با برچسب مربوطه قرار داده شد و پس از انتقال به آزمایشگاه ازنظر درصد وقوع و درصد شدت بیماری (Spencer, 1977) با توجه به مقیاس‌های زیر ارزیابی شد.

۰: بدون آلودگی قابل‌مشاهده، ۱: آلودگی یک درصد ≤ سطح برگ، ۲: آلودگی ۵-۲ درصد سطح برگ، ۳: آلودگی ۲۰-٦

www.SID.ir

Archive of SID

درصد سطح برگ، ٤: آلودگی ٤٠-٢١ درصد سطح برگ و ٥: آلودگی بیش‌تر از ٤٠ درصد سطح برگ.

میزان درصد شدت بیماری با استفاده از فرمول ($PDSi = \frac{\Sigma(ni \times vi)}{V \times N} \times 100$) تعیین شد که در آن: PDS_i درصد شدت بیماری در هر تکرار، ni تعداد برگ‌های دارای درجه آلودگی مشابه در هر تکرار، vi شاخص بیماری برای هر سطح از آلودگی N تعداد کل برگ‌های موردبررسی در هر تکرار) و V حداکثر درجه آلودگی است.

درصد وقوع آلودگی برگ‌ها نیز بر اساس فرمول ($PDI = \frac{nd}{N} \times 100$) محاسبه شد که در آن: PDI درصد وقوع بیماری، nd تعداد برگ‌های آلوده (از برگ‌های جوان‌تر جداشده) و N تعداد کل برگ‌های شمارش‌شده بود.

میزان حساسیت هر ترکیب بر اساس درصد وقوع و درصد شدت آلودگی برگ‌ها ارزیابی شد. برای درصد وقوع آلودگی، داده‌ها با فرمول [Arcsin√(% reported/100)] و برای درصد شدت آلودگی داده‌ها به √(x + 1) تبدیل و سپس مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند.

تخمین تعداد کنیدیوم در واحد سطح

در پانزدهم شهریور سال دوم ارزیابی (١٣٩٦)، از هر تکرار سومین برگ انتهایی کاملاً توسعه‌یافته و دارای علائم بیماری از سه شاخه پیرامون تاج درختان در هر پلات آزمایشی به‌صورت تصادفی جدا شد و به آزمایشگاه انتقال داده شد. در آزمایشگاه برگ‌های مربوط به هر تکرار در ارلن‌های حاوی ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر سترون قرار داده شد و به مدت ۳۰ دقیقه روی شیکر با ۱۰۰ دور در دقیقه تکان داده شد (Paz-Cuadra *et al.*, 2014). تعداد کنیدیوم‌ها در میلی‌لیتر با متوسط دو بار شمارش برای هر تکرار با هماسیتومتر (hemacytometer) تعیین شد. سطح برگ‌های مربوط به هر تکرار برحسب سانتی‌مترمربع با پلانیمتر (IIop Planimeter, No. 9-003) بعد از ترسیم آن روی کاغذ، نیز اندازه‌گیری شد. با تقسیم تعداد کنیدیوم‌ها به سطح برگ، تراکم کنیدیوم‌ها در سانتی‌مترمربع سطح برگ به دست آمد که پس از تبدیل با فرمول $\log_{10}(x + 1)$، تجزیه‌وتحلیل آماری شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد.

برخی از خصوصیات باغبانی پایه‌ها (جدول ۳) و ارقام مورد مطالعه در این پژوهش قبلاً مطالعه شده است (پیرمرادیان، اطلاعات انتشار نیافته).

تمام ترکیب‌های پایه × رقم مورداستفاده، آلودگی برگ به سفیدک پودری را نشان دادند. میانگین درصد وقوع بیماری به‌طور معنی‌داری در سال اول ($r = 0.68, P = 0.01$) و دوم ($r = 0.91, P = 0.01$) رابطه مثبت با میانگین درصد شدت بیماری روی برگ‌ها داشت. بر اساس نتایج آزمون یکنواختی واریانس

جدول ۳- برخی خصوصیات پایه‌های مختلف سیب (Robinson *et al.* 2002).

Table 3. Some characteristics of different apple rootstock combinations (Robinson *et al.* 2002)

Rootstock	Size[1]	Fruiting	Anchorage	Hardiness	Soil adaptability	Crown rot	Fire blight
MM.111	80-85%	Moderately slow bearing, medium productivity.	Well anchored	Moderate	Adapted to most soils; drought tolerant, but does not tolerate wet feet.	Tolerant on well drained soils.	Tolerant
MM.106	70-75%	Early bearing, productive	Good on most soils	Very susc. early, hardy late winter	Best in loam and sandy loam soils. Avoid poorly drained soils.	Very susceptible	Moderately susceptible
M.9	40-45%	Very early bearing, very productive	Needs support	Slightly hardier than M.7a.	Well drained soils	Resistant on most soils	Very susceptible
Seedling	100%	Slow bearing, yield variable	Well anchored	Hardy	Widely adapted	Variable	Tolerant

1 Size control as a percentage of the size of a cultivar on a seedling rootstock. Remember that the vigor of the scion cultivar also influences the ultimate size of the tree on any rootstock

www.SID.ir

Archive of SID

اشتباهات آزمایشی، تجزیه واریانس مرکب تیمارها در دو سال انجام و نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که اثر سال در سطح احتمال پنج و یک درصد به‌ترتیب، برای درصد وقوع و درصد شدت آلودگی و اثر پایه، رقم و برهم‌کنش آن‌ها بر درصد وقوع و درصد شدت بیماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ٤).

میانگین درصد وقوع و میانگین درصد شدت بیماری در بین ١٦ ترکیب، به‌ترتیب، از ٦/٩٣–٣/٥٤ و ٧/٣٠–٤/٤١ درصد در دو سال ارزیابی متغیر بود (جدول ٥). میانگین درصد وقوع آلودگی و میانگین درصد شدت آلودگی برای رقم گلاب اصفهان روی پایه بذری که در حاشیه کاشته شده بود در دو سال ارزیابی به‌ترتیب ٨/٠٢ و ٧/٧٦ درصد بود.

مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در دو سال نشان داد، با توجه به پایه یا پیوند و برهم‌کنش آن‌ها، تیمارها ازنظر آماری در گروه‌های مختلف قرار می‌گیرند.

جدول ٤- تجزیه واریانس مرکب تأثیر ١٦ ترکیب پایه × پیوند سیب روی درصد وقوع و درصد شدت آلودگی برگ به سفیدک پودری در دو سال*.

Table 4. Combined analysis of variance of 16 scion × rootstock combination of apple on powdery mildew incidence and severity during 2 years.

Source of variance	df	Mean squares (%)	
		Disease severity	Disease incidence
Year	1	653.863**	60.775**
Replicate	6	9.579ns	42.437 ns
Rootstock	3	3159.695**	2247.364**
Scion	3	1525.969**	1797.471**
Rootstock × scion	9	460.347**	252.227**
Year × Rootstock	3	4.709 ns	61.629 ns
Year × Scion	3	45.529 ns	44.301 ns
Year × Rootstock × Scion	9	3.951 ns	34.564 ns
C.V. (%)	-	9.11	20.68

ns and **: Not Significant and significant at 1% level probability

*: جدول تجزیه واریانس به تفکیک سال ضمیمه است.

جدول ٥- مقایسه میانگین تأثیر ١٦ ترکیب پایه × پیوند سیب روی درصد وقوع و درصد شدت آلودگی برگ به سفیدک پودری در ٢ سال*.

Table 5. Mean comparisons for effects of 16 scion × rootstock combinations of apple on powdery mildew incidence and severity during 2 years.

Treatments	Mean squares	
	Disease severity (%)	Disease incidence (%)
Seedling × Golab e Esfahan	53.31ab	48.10a
Seedling × Golab e Kohanz	34.38d	31.47c
Seedling × Golden Delicious	30.58def	23.90d
Seedling × Red Delicious	25.86g	17.54e
MM.111 × Golab e Esfahan	49.65b	42.39b
MM.111 × Golab e Kohanz	34.20d	30.37c
MM.111 × Golden Delicious	30.18def	20.07de
MM.111 × Red Delicious	23.67gh	16.92ef
MM.106 × Golab e Esfahan	39.56c	40.94b
MM.106 × Golab e Kohanz	33.78de	28.72c
MM.106 × Golden Delicious	30.04def	19.03e
MM.106 × Red Delicious	19.61h	16.76ef
M.9 × Golab e Esfahan	56.57a	52.73a
M.9 × Golab e Kohanz	31.21def	28.70c
M.9 × Golden Delicious	28.39f	17.63e
M.9 × Red Delicious	16.47i	12.50f
LSD value (1%)	13.07	4.746

A – i: Means within columns followed by the same letter are not significantly at 1% level probability.

*: جدول مقایسه میانگین‌ها به تفکیک سال ضمیمه است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٦- تجزیه واریانس تأثیر ١٦ ترکیب پایه × پیوند سیب روی درصد وقوع و درصد شدت آلودگی سطح برگ به سفیدک پودری در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹٦.

Table 6. Analysis of variance of 16 scion × rootstock combinations of apple on powdery mildew incidence and severity during 2016 and 2017

Source of variance	df	Mean squares (%)			
		2016		2017	
		Disease severity	Disease incidence	Disease severity	Disease incidence
Replicate	3	1.443^{ns}	0.739^{ns}	16.842^{ns}	5.668^{ns}
Rootstock	3	439.090**	210.86**	1734.421**	1347.303**
Scion	3	159.268**	105.75**	908.638**	639.454**
Rootstock × scion	9	64.986**	25.52**	236.195**	150.120**
Error	45	3.582	6.23	7.65	9.53
C.V. (%)	-	7.33	7.72	9.10	8.89

ns and **: Not Significant and significant at 1% level probability

جدول ۷- مقایسه میانگین تأثیر ١٦ ترکیب پایه × پیوند سیب روی درصد وقوع و درصد شدت آلودگی سطح برگ به سفیدک پودری در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹٦.

Table 7. Mean comparison effect of 16 scion × rootstock combinations of apple on powdery mildew incidence and severity during of 2016 and 2017.

Treatments	Mean squares (%)			
	2016		2017	
	Disease severity	Disease incidence	Disease severity	Disease incidence
Seedling × Golab e Esfahan	45.35b	52.18ab	50.85b	54.43ab
Seedling × Golab e Kohanz	39.38c	48.42b	44.88c	50.90b
Seedling × Golden Delicious	39.35c	38.44c	44.78c	40.69c
Seedling × Red Delicious	30.35d	33.26d	32.89d	35.51cd
MM.111 × Golab e Esfahan	28.46de	32.55de	34.14d	34.90cd
MM.111 × Golab e Kohanz	26.20ef	30.84def	31.20d	32.15def
MM.111 × Golden Delicious	26.20ef	30.31def	31.99d	32.56de
MM.111 × Red Delicious	22.67f	28.39efgh	25.13e	31.39defg
MM.106 × Golab e Esfahan	14.95gh	24.33hij	20.13ef	26.58fgh
MM.106 × Golab e Kohanz	14.30gh	22.55ijk	19.55f	24.79gh
MM.106 × Golden Delicious	15.00gh	19.61jk	20.26ef	21.83h
MM.106 × Red Delicious	13.45h	18.49k	11.55g	20.74h
M.9 × Golab e Esfahan	49.30a	55.46a	56.15a	57.69a
M.9 × Golab e Kohanz	17.23g	29.33defg	22.73ef	31.83def
M.9 × Golden Delicious	16.60gh	27.69fgh	21.45ef	32.51de
M.9 × Red Delicious	15.13gh	25.56ghi	18.39f	28.06efg
LSD value (1%)	3.599	4.747	5.260	5.868

A – i: Means within columns followed by the same letter are not significantly at 1% level probability.

بحث

با توجه به این‌که همبستگی کامل بین حساسیت برگ‌ها و شاخه‌های نورسته به سفیدک پودری وجود دارد(Sestras, 2003). لذا، در این پژوهش میزان آلودگی برگ‌ها ارزیابی شد. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها (جدول ٤) نشان داد که بین تیمارها ازلحاظ صفات موردبررسی، اختلاف معنی‌داری وجود دارد. تفاوت معنی‌دار بین تیمارها، نشان‌دهنده‌ی وجود تنوع ژنتیکی بالا بین پایه‌ها و ارقام موردبررسی و احتمال وجود سازوکارهای متفاوت بین آن‌ها در واکنش به سفیدک پودری است. وجود اختلاف بین پایه‌ها و سازوکارهایی که در اثر برهم‌کنش آن‌ها در ارتباط با بروز و توسعه‌ی سفیدک پودری به وجود می‌آید، بیان‌گر نیاز به پژوهش و دقت بیش‌تر در انتخاب ترکیب‌های پایه و رقم مقاوم بیش‌تر به بیماری‌ها، ازجمله، سفیدک پودری در شرایط اقلیمی مختلف می‌باشد.

مفهوم معنی‌دار شدن برهم‌کنش پایه × رقم (جدول ٤) این است که درصد وقوع و درصد شدت بیماری روی پیوندهای مختلف تحت تأثیر پایه قرارگرفته ولی میزان تأثیر پایه‌ها بر ارقام یکسان نبوده است که با تحقیقات انجام‌شده

www.SID.ir

Archive of SID

روی سایر بیماری‌ها نیز مطابقت دارد (Daraignes, *et al.*, 2018; Chitarra *et al.*, 2017; Krugner and Ledbetter, 2017; Laino *et al.*, 2016; Gómez-Cortecero *et. al.*, 2016; Yao *et al.*, 2019). افزایش درصد وقوع و درصد شدت آلودگی برگ‌ها در سال دوم (جدول ۷) تابع درصد آلودگی برگ‌ها در سال قبل (Yoder, 2000) و احتمالاً شرایط آب‌وهوایی بهینه در سال دوم ارزیابی (جدول ۳) می‌باشد که شرایط را برای بروز و توسعه‌ی بیماری، بیش‌تر فراهم نموده است (Jarvis *et al.*, 2002). معنی‌دار نبودن برهم‌کنش پایه × رقم × سال روی درصد وقوع و شدت آلودگی سفیدک پودری، بیانگر عدم تأثیرپذیری سازوکار بین ترکیب‌ها در شرایط اقلیمی متفاوت است که احتمالاً، بیش‌تر جنبه ژنتیکی تفاوت در ترکیب (ها) را نشان می‌دهد و یا به‌عبارتی‌دیگر، بیانگر تأثیر یکسان سازوکار بین پایه و رقم بر صفات مورد ارزیابی در شرایط اقلیمی متفاوت می‌باشد.

درصد وقوع و درصد شدت آلودگی پیوندها به سفیدک پودری در دو سال ارزیابی به‌شدت تحت تأثیر پایه‌ها، ارقام و برهم‌کنش آن‌ها قرار داشتند (جدول ٤). این تفاوت روی ترکیب‌های با رشد رویشی بیش‌تر، نمایان‌تر بود (جدول ٤). به‌طوری‌که پایه MM.111 و پایه MM.106 که ازنظر میزان تأثیر روی رشد رویشی رقم اختلاف کمی با پایه بذری داشتند (جدول ۲) در خصوص بروز و توسعه بیماری، تقریباً مشابه‌اند و یا گروه‌ها با همدیگر همپوشانی دارند؛ اما قدرت پایه M.9 که نصف پایه‌های دیگر نسبت به پایه بذری در رشد رویشی است، میزان بیماری را به‌شدت کاهش داده است (جدول ۵). درصد وقوع و درصد شدت آلودگی ترکیب گلاب اصفهان × پایه بذری (Seedling × Golab e Esfahan) به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر ترکیب‌ها بود (Heidarian and Pirmoradian, 2012). ترکیب گلاب اصفهان به ترتیب روی پایه‌های M.9، بذری، MM.111 و MM.106 بیش‌ترین درصد وقوع و درصد شدت آلودگی را در دو سال ارزیابی نشان داد. بیش‌ترین میانگین‌ها مربوط به گلاب کهنز به‌ترتیب، روی پایه‌های بذری، MM.111، MM.106 و M.9 بود. کلیه ترکیب‌های پایه × پیوند رقم رددلیشز نسبت به سایر ترکیب‌ها مقاوم‌تر بودند و روی پایه M.9 مقاوم‌ترین ترکیب در این پژوهش بود (جدول ۵). این موضوع بیانگر آن است که نه‌تنها مقاومت نسبت به سفیدک پودری در رد دلیشز منشأ ژنتیکی دارد (Bus *et al.*, 2005) بلکه، به‌شدت متأثر از برهم‌کنش پایه × پیوند و قدرت کوتاه کنندگی بیش‌تر تاج روی پایه M.9، نسبت به پایه بذری است که نفوذ هوا و نور را به داخل تاج درخت بیش‌تر و بروز و توسعه سفیدک پودری را کم‌تر نموده است (Sosna, 2005; Jarvis *et al.*, 2002). ترکیب‌های پایه × رقم گلدن دلیشز نسبت به ترکیب‌های گلاب اصفهان و گلاب کهنز مقاومت بیش‌تر و نسبت به رد دلیشز مقاومت کم‌تر نشان دادند. گلدن دلیشز با پایه M.9 نسبت به پایه‌های دیگر این رقم مقاومت بیش‌تری را نشان داد که احتمالاً مربوط به قدرت کوتاه کنندگی بیش‌تر رشد رویشی و نفوذ نور و هوای بیش‌تر به داخل تاج در این پایه است. نظر به این‌که گلدن دلیشز رقمی حساس به سفیدک پودری است (Heidarian and Pirmoradian, 2012; Biggs *et al.*, 2009) وجود اختلاف بین ترکیب‌های آن بیش‌تر مربوط به برهم‌کنش پایه × رقم است. به‌طورکلی، بروز و توسعه بیش‌تر سفیدک پودری روی گلاب اصفهان و گلاب کهنز در ترکیب‌های مختلف مورد ارزیابی، بیانگر آن است که احتمالاً نه‌تنها، منابع ژنتیکی مقاومت در ارقام گلاب وجود ندارد، بلکه، برهم‌کنش پایه M.9 و گلاب اصفهان باعث بروز و توسعه بیش‌تر سفیدک پودری گردیده و تأثیر منفی روی کمیت و کیفیت میوه نیز گذاشته است. میوه‌های ترکیب گلاب اصفهان روی پایه M.9، نسبت به سایر پایه‌ها ریزتر، به‌شدت به سفیدک پودری آلوده و از کیفیت مطلوبی برخوردار نبودند. به‌طورکلی، به‌جز گلاب اصفهان روی پایه M.9، هرچقدر میزان تأثیر پایه روی قدرت رشدی (vigor) درخت (جدول ۲) بیش‌تر شده، حساسیت به بیماری افزایش‌یافته است. وقوع سفیدک پودری به‌شدت وابسته به قدرت رشدی درخت سیب است (Sosna, 2005). بیش‌ترین قدرت رشدی

www.SID.ir

Archive of SID

درختان روی پایه بذری، بیش‌ترین درصد وقوع و شدت آلودگی به سفیدک پودری را داشتند، درحالی‌که در درختان با رشد رویشی کم‌تر تاج، روی پایه M.9 آلودگی کم‌تر بود. ارقام روی پایه‌های MM.111 و MM.106 که به‌ترتیب، اندازه تاج آن‌ها، ۸۵–۸۰ درصد و ۷۵–۷۰ درصد درختان با پایه‌های بذری است (جدول ۲) و میزان آلودگی در آن‌ها نسبت به پایه بذری کم‌تر است. به همین ترتیب، ترکیب‌های با پایه M.9 که میزان رشد رویشی آن‌ها، ٤٥–٤٠ درصد درختان با پایه بذری است، کم‌ترین میزان آلودگی (به‌جز گلاب اصفهان) را نشان دادند (جدول ۵). طی یک پژوهش در شش سال مشخص شده است که پایه‌ها و ارقام به‌شدت رشد رویشی درختان سیب را تحت تأثیر قرار می‌دهند و وقوع سفیدک پودری به‌شدت با رشد رویشی درختان در ارتباط است، درختان با رشد رویشی بیش‌تر روی پایه‌ی P60، بیش‌ترین تعداد سیخک‌ها با علائم سفیدک پودری را داشته‌اند، درحالی‌که درختان با رشد رویشی کم‌تر، روی پایه‌ی M27، سیخک‌ها به‌سختی آلوده شده‌اند (Sosna, 2005). شاخه‌های بزرگ و با تراکم زیاد برگ، حرکت هوا و نفوذ محلول‌پاشی و نور را در داخل تاج درخت کاهش می‌دهند که متعاقب آن دما و اشعه ماوراءبنفش کاهش پیدا می‌کند و رطوبت نسبی بالا می‌رود (Jarvis *et al.*, 2002) که این شرایط برای بروز و توسعه سفیدک پودری مطلوب می‌گردد.

اگر ژن‌های مقاومت به سفیدک پودری در ارقام وجود داشته باشد ترکیب پایه و رقم غالباً در جهت کاهش میزان خسارت سفیدک پودری است. برای مثال رقم ردلیشز روی پایه‌های رویشی مورداستفاده نسبت به پایه بذری مقاومت بیش‌تری نشان می‌دهد (Heidarian and Pirmoradian, 2012) در حالی‌که سایر ارقام روی پایه بذری و پایه‌های رویشی مورداستفاده حساسیت نشان می‌دهند یا این‌که اختلاف بین آن‌ها ازنظر مقاومت به سفیدک پودری کم است.

ارتباط معنی‌دار بین تعداد کنیدیوم در سانتی‌متر مربع سطح برگ با درصد وقوع بیماری ($r = 0.14$, $P = 0.05$) و درصد شدت بیماری ($r= 0.23$, $P = 0.05$) بیان‌گر این است که ترکیب‌هایی که شدت بالایی از بیماری را نشان می‌دهند تراکم بیش‌تری از کنیدیوم قارچ در سطح برگ دارند که با نتایج سایر محققین (Sholberg *et al.*, 2001; Paz-Cuadra *et al.*, 2014) مطابقت دارد.

در سیب مدلی طراحی‌شده است که تعداد برگ‌ها یک متغیر کلیدی برای توسعه سفیدک پودری است (Lalancette and Hickey, 1986). این موضوع، اهمیت رشد گیاه در تهاجم بیماری را مشخص می‌کند. تاج درخت پیوندی برای جذب آب و مواد غذایی معدنی به پایه وابسته است، درحالی‌که پایه متکی به قسمت هوایی برای جذب فراورده‌های فتوسنتز است (Kocsis *et al.*, 2012). پیوندها باعث تنوع در اندازه تاج، عملکرد، کیفیت محصول و مقاومت به بیماری‌ها در گیاهان پیوندی می‌شوند و پایه‌ها این ویژگی‌ها را به‌شدت تحت‌الشعاع قرار می‌دهند (Jensen *et al.*, 2012)؛ بنابراین، انتخاب پایه و پیوندهای مناسب، نه‌تنها فرصت مناسبی برای تولیدکنندگان در بهبود ویژگی‌های باغبانی فراهم خواهد آورد بلکه با تغییر صفات متنوع، بدون تغییر ژنتیکی در ویژگی‌های ارقام، مدیریت بیماری‌ها، با حداقل هزینه، نیز بهبود خواهد یافت.

نتایج این پژوهش نشان‌داد که غربال‌گری ارقام ازنظر مقاومت به سفیدک پودری، بدون در نظر گرفتن پایه نمی‌تواند با اطمینان بسیار بالا به درختان پیوندی تعمیم داده شود و بایستی در آزمایش‌های غربال‌گری، علاوه بر رقم، نوع پایه هم لحاظ شود و نتیجه‌گیری نهایی بر اساس واکنش ترکیب پیوندی به سفیدک پودری انجام شود. در این پژوهش، پایه M.9 گلاب اصفهان را نسبت به پایه بذری حساس‌تر کرده است، درحالی‌که گلاب کهنز روی پایه M.9 مقاومت بیش‌تری را نشان می‌دهد. ارقام رد دلیشز، گلدن دلیشز و گلاب کهنز روی پایه M.9، نسبت به پایه‌های بذری، MM.111 و MM.106 مقاوم‌تر هستند. کلیه پیوندک‌ها روی پایه M111 و MM.106 حساس‌اند. در رقم رد دلیشز که مقاومت منبع ژنتیکی دارد پایه M.9 با قدرت رشد رویشی کم‌تر تاج، تأثیر مثبت در مقاومت به سفیدک پودری دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

References

ALBRECHT, U., G. McCOLLUM and K. D. BOWMAN, 2012. Influence of rootstock variety on Huanglongbing disease development in field-grown sweet orange (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) trees. Scientia Horticulturae, 138: 210–220.

BANIHASHEMI, Z., 1960. Apple powdery mildew and its control. M.Sc. Thesis, Tehran University, Karaj, Iran.

BIGGS, A. R., K. S. Yoder and D. A. ROSENBERGER, 2009. Relative susceptibility of selected apple cultivars to powdery mildew caused by *Podosphaera leucotricha*. Online. Plant Health Progress, doi:10.1094/PHP-2009-1119-01-RS.

BUS, V. G. M., C. RANATUNGA, P. A. ALSPACH, N. C. ORAGUZIE and C. WHITWORTH, 2005. A partial diallel study of powdery mildew resistance in six apple cultivars under three growing conditions with different disease pressures. Euphytica, 148: 235–242. DOI: 10.1007/s10681-005-9014-2.

CASTLE, W. S., J. C. BALDWIN, R. P. MURARO and R. LITTLL, 2010. Performance of 'Valencia' sweet orange trees on 12 rootstocks at two locations and an economic interpretation as a basis for rootstock selection. HortScience, 45: 523–533.

CHITTARRA, W., I. PERRONE, C. G. AVANZATO, A. A. MINIO, P. BOCCACCI, D. SANTINI, G. GILARDI, I. SICILIANO, M. L. GULLINO, M. DELLEDONNE, F. MANNINI and G. GAMBINO, 2017. Grapevine grafting: scion transcript profiling and defense-related metabolites induced by rootstocks. Frontiers in Plant Science, 8: 654.

CSIKASZ-KRIZSICS, A. and L. DIOFASI, 2008. Effects of rootstock-scion combinations on macroelements availability of the vines. Journal of Central European Agriculture, 9(3): 495-504.

DARAIGNES, l., J. GERBORE, A. YACOUB, L. DUBOIS, C. ROMAND, O. ZEKRI, J. ROUDET, P. CHAMBON and M. FERMAUD, 2018. Efficacy of *P. oligandrum* affected by its association with bacterial BCAs and rootstock effect in controlling grapevine trunk diseases. Biological Control, 119: 59–67.

FALLAHI, E., W. M. COLT, B. FALLAHI, I. J. CHUN, 2002. The importance of apple rootstocks on tree growth, yield, fruit quality, leaf nutrition, and photosynthesis with an emphasis on 'Fuji'. Hort Technology, 12: 38–44.

FAZIO, G., T. L. ROBINSON, H. S. AIDWINKLE, M. MAZZOLA, M. LLEINFELDER and R. PARRA, 2005. Traits of the next wave of Geneva apple rootstocks. Compact Fruit Tree, 38(3): 7–11.

GOMEZ-CORTECERO, A., R. J. SAVILLE, R. W. A. SCHEPER, J. K. BOWEN, H. AGRIPINO DE MEDEIROS, J. KINGNORTH, X. XU and R. J. HARRISSON, 2016. Variation in host and pathogen in the Neonectria/Malus interaction; toward an understanding of the genetic basis of resistance to european canker. Frontiers in Plant Science, 7: 1365.

HAN, Y., K. GASIC, B. MARRON, J. E. BEEVER and S. S. KORBAN, 2007. A BAC-based physical map of the apple genome. Genomics, 89: 630–637.

HEIDARIAN, A. and M. R. KARIMI SHAHRI, 2014. To evaluate the efficacy of the fungicide tetraconazole against apple powdery mildew (*Podosphaera leucotricha* Ellis. and Everh.). Pesticides in Plan Protection Sciences, 1(1): 1-7 (in Persian with English summary).

HEIDARIAN, A. and M. PIRMORADIAN, 2012. Relative susceptibility of some commercial and native apple cultivars to powdery mildew (*Podosphaera leucotricha*) under natural conditions. Iranian Journal of Plant Pathology, 48(1): 129-133 (in Persian with English summary).

HICKEY, K. D., and K. S. YODER, 1990. Powdery mildew. Pages 9-10 in: Compendium of apple and pear diseases. Jones A. L. and Aldwinckle H. S., ed. APS, St. Paul, MN.

HOLB, I. J. and S. KUNZ, 2016. Integrated control of apple scab and powdery mildew in an organic apple

www.SID.ir

Archive of SID

orchard by combining potassium carbonates with wettable sulfur, pruning and cultivar susceptibility. Plant Disease, 100: 1894-1905.

JARVIS, W, R., W. D. GUBLER and G. G. GROVE, 2002. Epidemiology of powdery mildews in agricultural pathosystems, p. 169–199. In: BELANGER, R. R., W. R. BUSHNELL, A. J. DIK, and R. L.CARTER(eds.). The powdery mildews, a comprehensive treatise. APS Press, St. Paul, MN.

JENSEN, P. J., N. HALBRENDT, G. FAZIO, I. MAKALOWSKA, N. ALTMAN, C. PRAUL, S. N. MAXIMOVA, H. K. NGUGIL, R. M. CRASSWELLER, J. W. TRAVIS and T. W. McNELLIS, 2012. Rootstock-regulated gene expression patterns associated with fire blight resistance in apple. BMC Genomics, 13(9): 1-17.

KELLER, M, 2015. The science of grapevines: anatomy and physiology, 2nd edn. Academic Press, Boston.

KOCSIS, L., E. TARCZAL and M. KALLAY, 2012. Effect of rootstocks on the productivity and fruit composition of *Vitis vinifera* L. 'Cabernet Sauvignon' and 'Ke´kfrankos'. Acta Horticulture , 931: 403–411. doi:10.17660/ActaHortic.931.47.

KRUGNER, R. and C. LEDBETTER, 2017. Rootstock effects on almond leaf scorch disease incidence and severity. Plant Disease, 100(8): 1617-1621.

LATINO, P., M. P. RUSSO, M. GUARDO, G. REFORGIGATO-RECUPERO, G. VALE, L. CATTIVELLI and V. M. C. MOLITERNI, 2016. Rootstock–scion interaction affecting citrus response to CTV infection: a proteomic view. Physiologia Plantarum, 156(4): 444-467.

LALANCETTE, N. and K. D. HICKEY, 1986. An apple powdery mildew model based on plant growth, primary inoculum, and fungicide concentration. Phytopathology, 76: 1176-1182.

LEINFELDER, M. and I. A. MERWIN, 2006. Rootstock selection, pre-plant soil treatments, and tree planting positions as factors in managing apple replant disease. HortScience, 41: 394–401.

LUBY, J., P. FORSLINE, H. ALDWINCKLE, BUS V. and M. GEIBEL, 2001. Silk road apples—collection, evaluation, and utilization of *Malus sieversii* from Central Asia. HortScience, 36:225–231.

O'ROURKE, D. 2003. World production, trade, consumption and economic outlook for apples. In: Ferree D. C. and Warrington I. J. (Eds.) Apples: botany, production, and uses. CABI publishing, CAB international, UK. Pp: 15-28.

PAPP, D., I. KIRALY and M. TOTH, 2016. Suitability of old apple varieties in organic farming, based on their resistance against apple scab and powdery mildew. Organic Agriculture, 6:183–189.

PAZ-CUDRA, A., L. E. GUZMAN-PANTOJAA, R. A. MARTINEZ-PENICHEA, C. K. K. CALTZONTZIN-FERNANDEZB, J. R. PACHECO-AGUILARA and S. M. ARVIZU-MEDRANO, 2014. Evaluation of the susceptibility of apple genotypes in Queretaro, Mexico to powdery mildew (*Podosphaera leucotricha).* Scientia Horticulturae, 170: 53–60.

PHILIP, J. J., M. IZABELA, A. NAOMI, G. FAZIO, G. PRAUL, S. N. MAXIMIVA, R, M. CRASSWELLER, G. W. TRAVIS and T. W. McNELLIS, 2010. Rootstock-regulated gene expression patterns in apple tree scions. Tree Genetics and Genomes, 6:57–72. DOI 10.1007/s11295-009-0228-7.

ROBINSON, T., L. ANDERSON, A. AZARENKO, B. BARRITT, G. BROWN, J. CLINE, R. CRASSWELLER, P. DOMOTO, C. EMBREE, A. FENNELL, D. FERREE, E. GARCIA, A. GAUS, G. GREENE, C. HAMPSON, P. HIRST, E. HOOVER, S. JOHNSON, M. KUSHAD, R. MARINI, R. MORAN, C. MULLINS, M. PARKER, R. PERRY, J. P. PRIVE, G. REIGHARD, C. ROM, T. ROPER, J. SCHUPP and M. WARMUND, 2002. Performance of Cornell-Geneva rootstocks in North America NC-140 rootstock trials. Compact Fruit Tree, 35(4):99-102.

SAKATA, Y., M. SUGIVAMA, T. OHARA and M. MORISHITA, 2006. Influence of rootstocks on the resistance of grafted cucumber (*Cucumis sativus* L.) scions to powdery mildew (Podosphaera xanthii U.

www.SID.ir

Archive of SID

Braun & N. Shishkoff). Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 75 (2): 135–140.

SESTARS, R. 2003. Resonse of several apple varieties to powdery mildew (*Podosphaera leucotricha*) attack in central Transylvania conditions. Journal of Central European Agriculture, 4: 347-354.

SHOLBERG, P. L., W. D. LANE, P. HAAG, K. BEDFORD and L. LASHUK, 2001. A novel technique for evaluation of apple (Malus × domestica Borkh.) cultivars for susceptibility to powdery mildew. Canadian Journal of Plant Science, 81: 289–296.

SOSNA, I. 2005. Growth and cropping of several scab-resistant apple cultivars on six apple rootstocks. Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus, 4(1) : 109-118.

SOSNA, I. 2014. Estimation of productive value of Czech orign scab-resistant apple cultivars on different rootstock. Journal of Horticultural Research, 22(2): 115-121.

SPENCER, DM. 1977. Standardized methods for the evaluation of fungicides to control cucumber powdery mildew. In: McFarlane NR ed. Crop protection agents – their biological evaluation. Academic Press, London. Pp. 455-464.

TING, W., H. T. ZHANG, Y. WANG, W. S. JIA, X. FENG XU, X. ZHANG and Z. HAN, 2012. Induction of root Fe(III) reduction activity and proton extrossin by iron deficiency is mediated by auxin-based systemic sygnalling in *Mallus xiaojinensis*. Journal of Experimental Botany, 63(2): 859-870.

WALKERL, R. and P. R. CLINGELEFEE, 2009. Rootstock attributes and selection for Australian conditions. Australian Viticulture, 13(4): 70-76.

WEBSTER, A. D., and S. J. WERTHEIM, 2003. Apple rootstocks. In: Ferree DC, Warrington IJ (eds) Apples botany, production and uses. CABI Publishing, Cambridge, pp 91–124

WERTHEIM, S. J. 1998. Rootstock guide: apple, pear, cherry, European plum. Fruit Research Station, Wilhelminadorp, The Netherlands: Fruit Research Station. 144p.

YAO, J., L. MEI, H. JIANG, G. HU, Y. WANG, 2019. Evaluation of Carya cathayensis resistance to Botryosphaeria trunk canker using grafting on pecan. Scientia Horticulturae 248: 184-188.

YODER, K. S. 2000. Effect of powdery mildew on apple yield and economic benefits of its management in Virginia. Plant Disease, 84(11): 1171-1176.

YODER K. S. and K. D. HICKEY, 1983. Cotrol of apple powdery mildew in the mid-Atlantic region. Plant Disease, 67: 245-248.

ZHANG L., MARGUERIT E., L. ROSSDEUTSCH. N. OLLAT and G. A. GAMBETTA, 2016. The influence of grapevine rootstocks on scion growth and drought resistance. Experimental Plant Physiology, 28:143–157. DOI: 10.1007/s40626-016-0070-x.

www.SID.ir