مقاله پژوهشی

تأثیر پایه‌های تجاری سیب بر برخی ویژگی‌های رشدی و بیوشیمیایی برگ ارقام رددلیشز و گلدن‌دلیشز

الهه حسینی ثانوی[۱]، بهرام عابدی[۱*]، طاهره پروانه[۲] و احمد فهادان[۳]

[۱] گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

[۲] بخش تحقیقات زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان، شاهرود، ایران

[۳] بخش تحقیقات باغبانی مرکز تحقیقات کشاورزی استان خراسان رضوی، مشهد، ایران

(تاریخ دریافت:۱۴۰۰/۰۹/۲۷، تاریخ پذیرش نهایی:۱۴۰۱/۰۳/۱۶)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر سه پایه رویشی M9, M7 و MM106 بر برخی ویژگی‌های رشدی و بیوشیمیایی برگ ارقام رددلیشز و گلدن‌دلیشز پژوهشی در قالب طرح فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کاملاً تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۴۰۰ و در باغی واقع در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مشهد اجرا شد. به این منظور صفاتی شامل قطر تنه، میزان رشد شاخه‌های سال جاری، سطح برگ، میزان کلروفیل، فنل کل، آنتوسیانین، و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در نمونه‌های برگ اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهکمنش پایه و رقم بر قطر تنه، سطح برگ و مقدار آنتوسیانین تأثیر معنی‌داری داشت. بیشترین مقدار آنتوسیانین (۰/۴۶۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در برگ‌های رقم گلدن‌دلیشز روی پایه M9 مشاهده گردید. همچنین رقم رددلیشز روی پایه MM106 با میانگین ۴۷/۸۱ سانتی‌متر مربع بیشترین قطر تنه و رقم گلدن‌دلیشز روی پایه MM106 بیشترین میزان سطح برگ (۳۱/۴۵ سانتی‌متر مربع) را در بین ترکیبات پیوندی به خود اختصاص داد. نتایج کلی نشان داد پایه MM106 نسبت به دو پایه دیگر از نظر صفات رویشی در جایگاه بالاتری قرار گرفت. از نظر صفات بیوشیمیایی پایه M9 نسبت به دو پایه دیگر بهتر بود. ارقام بر روی پایه M9 با داشتن آنتوسیانین زیاد از نظر فواید سلامتی به‌عنوان ترکیب پیوندی ارزشمند در شرایط آب‌وهوایی مشهد پیشنهاد گردید.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، ترکیبات پیوندی، سطح برگ، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، قطر تنه

مقدمه

پژوهش‌ها در زمینه ارزش غذایی میوه‌ها در دهه‌های اخیر افزایش بی‌سابقه‌ای داشته و مقاله‌های مربوط به سیب، در این میان نقش قابل‌توجهی داشته‌اند. در یکی از این پژوهش‌ها در ایالت متحده، سیب به‌عنوان یک میوه پرمصرف و منبع غنی از انواع ترکیبات فنلی معرفی شده است بطوریکه ۲۲٪ مواد فنلی در رژیم غذایی انسان از سیب سرچشمه می‌گیرد (Boyer and Liu, 2004; Skinner *et al*., 2018). ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی به‌دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی در برابر رادیکال‌های آزاد، نقش مهمی در کاهش خطر بیماری‌های مختلف و سرطان دارند. خواص آنتی‌اکسیدانی ۱۰۰ گرم میوه سیب برابر با ۱/۵ گرم مکمل غذایی ویتامین C است (Eberhardt *et al*., 2000).

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: abedy@um.ac.ir

در پژوهشی که در آن ترکیبات فنلی ده میوه مختلف اندازه‌گیری شد، سیب در جایگاه اول قرار گرفت (Khanizadeh *et al*., 2008). توزیع ترکیبات فنلی در بین ارقام مختلف و همچنین در بافت‌های مختلف سیب بطور قابل توجهی متفاوت است و این محتوای فنلی تحت تأثیر ژنوتیپ و پایه قرار می‌گیرد (Alonso *et al*., 2004; Petkovsek *et al*., 2008). بنابراین تأثیر پایه و رقم به‌عنوان یکی از عوامل مهم تأثیرگذار بر محتوای فنلی سیب باید در نظر گرفته شود (Mainla *et al*., 2011). مطالعات متعددی در مورد تأثیر پایه‌ها و رقم بر صفات رشدی سیب انجام شده است. گزارش شده است پایه و رقم بر محتوای فنلی، آنتوسیانین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی سیب تأثیرگذار است (Parvaneh *et al*., 2019). مطالعه‌ای به‌منظور تأثیر سه پایه MM106, M4 و M9 بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی سیب رقم Redchief نشان‌دهنده بالاتر بودن فعالیت آنتی‌اکسیدانی در پایه M9 بود (Milosevic *et al*., 2018). در پژوهشی دیگر اثر سه پایه B9, M9 و توسرخ بکران بر مقدار فنل کل و آنتوسیانین ارقام رددلیشز، توسرخ بکران و توسرخ بسطام نشان داد برهمکنش پایه و رقم بر فنل کل و آنتوسیانین تأثیر معنی‌داری داشت و بیشترین میزان فنل کل و آنتوسیانین به‌ترتیب در ترکیبات پیوندی "رددلیشز" روی پایه B9 و "توسرخ بسطام" روی توسرخ بکران گزارش شد (پروانه، ۱۳۹۷). نشان داده شد محتوای فنلی برگ سیب Liberty روی چندین پایه مختلف تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند به‌گونه‌ای که بیشترین محتوای فنلی در برگ "لیبرتی" روی پایه M7 و MM111 مشاهده شد (Garcia *et al*., 2002). رفیعی و همکاران (۱۳۹۱) وجود تفاوت‌های معنی‌دار از نظر فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بین ده رقم مختلف سیب را مربوط به نقش رقم و ژنتیک در سنتز این ترکیبات دانست. قربانی و بخشی (۱۳۹۰) در ۱۳ رقم مختلف سیب تفاوت‌های معنی‌داری از نظر محتوای فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی مشاهده کردند و بیشترین مقدار فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در رقم Starkan Roj و کمترین مقدار فنل کل در رقم آزایش گزارش شد. در پژوهشی دیگر طی مطالعه ۱۵ رقم مختلف سیب به تفاوت‌های بین ارقام از نظر میزان فنل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی دست یافتند (Lachman *et al*., 2006). مطالعه‌ای دیگر در بین ۱۳ رقم سیب نشان داد بیشترین میزان ترکیب‌های فنلی و فلاونوئیدهای کل مربوط به رقم فوجی و بیشترین مقدار اسیدهای فنلی در رقم Idard گزارش شد (Boyer and Liu, 2004).

نتیجه تحقیقات اثر پایه‌ها و ارقام بر صفات رشدی سیب به‌شدت متفاوت است. مکانیسم کنترل پایه در رشد پیوندک به خوبی مشخص نشده است. مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد وجود آوندهای کوچکتر سبب پایین‌آمدن شیره گیاهی و کاهش جذب عناصر غذایی در برگ می‌شود (Goncalves *et al*., 2005). در مطالعه‌ای با هدف چگونگی تأثیر پایه بر رشد پیوندک نشان داده شد، اسید آبسیزیک در ریشه و شاخساره پایه M9 نسبت به MM111 بیشتر بود و کاهش چشمگیر میزان جیبرلین در پایه M9 مشهود بود. به‌عبارتی نتایج نشان داد پایه با سیگنال‌های هورمونی سبب تغییر در رشد پیوندک می‌شود (Tworkoski and Fazio, 2016). ارزیابی بین ۹ پایه مختلف و سه رقم سیب پیوندی به‌منظور انتخاب بهترین ترکیب پیوندی نشان داد که پایه‌ها تأثیر معنی‌داری بر افزایش قطر تنه درختان داشتند (Rubauskis and Skrivele, 2007) نتیجه تحقیقاتی نشان داد قطر تنه رقم Delbar Stival در پایه‌های مختلف، متفاوت بود (محرمی و همکاران، ۱۳۹۰). مطالعه‌ای در مورد تأثیر پنج پایه مختلف بر قطر تنه رقم "BC-2 Fuji" نشان داد درختان روی پایه M7.EMILA و روی پایه B9 به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین قطر تنه بودند. نشان داده شد پتانسیل اثر پایه بر سطح مقطع عرضی تنه، بستگی به نوع رقم پیوندی دارد (Chun *et al*., 2002). همچنین پایه‌ها می‌توانند با تأثیر بر میزان کلروفیل و سطح برگ بر خصوصیات برگی گیاهان تأثیر بگذارند (Song *et al*., 2015). تحقیقات Chun و همکاران (۲۰۰۲) نشان داد سطح برگ رقم BC-2 Fuji سیب تحت تأثیر پایه قرار گرفت. نتایج پژوهشی در دو سال متوالی نشان داد سیب Jonagold پیوندشده روی پایه M9 نسبت به پایه P16 میزان سطح برگ و کلروفیل بیشتری داشتند (Blanco *et al*.,

2008). مطالعاتی در مورد اثر سه پایه رویشی M9, MM106 و MM111 نشان داد که پایه‌ها بر میزان کلروفیل برگ و میانگین سطح برگ تأثیر معنی‌داری داشتند (محرمی و همکاران، ۱۳۹۰). یکی از عناصر مهم در افزایش سطح برگ درختان، ازت است و با توجه به اثر پایه‌های مختلف بر جذب عناصر غذایی، یکی از عوامل مؤثر بر سطح برگ جذب ازت توسط پایه است (شاعری و همکاران، ۱۳۹۳). میزان کلروفیل سیب رقم Auksis روی ۱۲ پایه مختلف اندازه‌گیری شد و تفاوت‌های معنی‌داری در این صفت مشاهده گردید بطوریکه پایه‌های Youk و M9 نسبت به سایر پایه‌ها بیشترین میزان کلروفیل را داشتند (Sabajeviene *et al*., 2006).

با توجه به اینکه مطالعات اخیر نشان داده است که مهم‌ترین عامل تفاوت در صفات بیوشیمیایی و رویشی، تفاوت‌های ژنتیکی بین پایه‌ها و ارقام مختلف سیب است (Mainla *et al*., 2011; Rubauskis and Skrivele, 2007). لذا با توجه به ضرورت تعیین نقش پایه و رقم بر صفات ذکرشده، هدف از انجام این پژوهش مقایسه کارایی سه پایه رویشی M9, M7 و MM106 و دو رقم سیب تجاری "گلدن دلیشز" و "رددلیشز" پیوندشده روی این پایه‌ها از نظر صفات رشدی و بیوشمیایی برگ است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۴۰۰ در باغی واقع در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مشهد انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کاملاً تصادفی با دو فاکتور و چهار تکرار اجرا شد. فاکتور اول پایه شامل: M9, M7 و MM106 و فاکتور دوم رقم شامل: ارقام تجاری "رددلیشز" و "گلدن دلیشز" بود. سن درختان در این پژوهش هفت سال بود. صفات رشدی مانند قطر تنه و میزان رشد شاخه‌های سال جاری پس از پایان رشد رویشی در اواخر مردادماه اندازه‌گیری شد و برگ‌های درختان جهت اندازه‌گیری سطح برگ و صفات بیوشیمیایی مانند محتوای فنل کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، آنتوسیانین و کلروفیل a و b نمونه‌برداری شده و به آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشگاه فردوسی مشهد انتقال یافتند.

میزان رشد در چهار جهت درخت با استفاده از متر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری قطر تنه ابتدا محیط تنه درخت اندازه‌گیری شد و با استفاده از فرمول محیط، قطر تنه محاسبه شد (Sotiropoulos, 2008). سطح برگ توسط دستگاه سطح برگ سنج (مدل CI202 کشور آمریکا) اندازه‌گیری شد.

جهت سنجش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های برگی پس از وزن شدن (۱۰۰ میلی‌گرم) با استفاده از دستگاه هموژنایزر در نیتروژن مایع و میکروتیوپ در اتانول (۹۶٪) هموژنایزر و در دمای ۴ درجه سیلسیوس به‌مدت ۲۴ ساعت نگهداری شدند. پس از ۵ دقیقه با استفاده از سانتریفیوژ مواد جامد نامحلول جدا شدند. از عصاره به‌دست آمده برای سنجش فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی استفاده شد. ۸۰۰ میکرولیتر DPPH محلول در اتانول (۰/۵ میلی‌مولار) با مقدار ۲۰ میکرولیتر از محلول استخراجی مخلوط گردید و میزان جذب پس از ۳۰ دقیقه تاریکی در ۵۱۷ نانومتر خوانده شد. از فرمول زیر برای تعیین ظرفیت مهار فعالیت رادیکال DPPH استفاده شد (Singleton and Rossi, 1965).

– جذب نمونه شاهد) =درصد تخریب رادیکال‌های فعال

۱۰۰× جذب نمونه شاهد / (جذب نمونه مورد ارزیابی

محتوای فنل کل با استفاده از معرف فولین- سیکالتو اندازه‌گیری شد. به ۰/۵میلی‌لیتر از هر عصاره ۲/۵ میلی‌لیتر واکنشگر فولین – سیکالتو افزوده شد، پس از ۵ دقیقه ۲ میلی‌لیتر از محلول ۷۵ گرم بر لیتر کربنات سدیم به آن اضافه شد. پس از ۲ ساعت جذب مخلوط در طول‌موج ۷۶۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر در مقابل بلانک خوانده شد، از گالیک اسید به‌عنوان استاندارد برای رسم منحنی کالیبراسیون استفاده شد. میزان فنل کل براساس میزان معادل میلی‌گرم بر گرم وزن تر گزارش شد (Singleton and Rossi 1965).

جهت سنجش آنتوسیانین ابتدا ۰/۱ گرم از نمونه‌های برگی به‌همراه ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (۱ درصد اسید کلریدریک و ۹۹ درصد متانول) ساییده شد. سپس به‌مدت ۱۰ دقیقه در

۶۰۰۰ دور سانتریفوژ و به‌مدت ۲۴ ساعت در یخچال و تاریکی نگهداری شد. ۰/۴ میلی‌لیتر از عصاره گیاهی تهیه و در لوله‌های جداگانه ریخته شد و پس از آن ۳/۶ میلی‌لیتر کلرید پتاسیم ۰/۰۲۵۲ مول (pH=۱) و ۳/۶ میلی‌لیتر سدیم استات ۰/۴ مول (pH=۴/۵) به‌طور جداگانه به لوله‌های آزمایش حاوی عصاره گیاهی اضافه گردید. پس از مخلوط‌شدن عصاره گیاهی و مواد، به‌ترتیب در طول‌موج‌های ۷۰۰ و ۵۱۰ نانومتر خوانده شد (Giusti and Wrolstad, 2001).

$$A=(A_{510}-A_{700})_{ph=1}-(A_{510}-A_{700})_{ph=4.5}$$

پس از انجام محاسبات، به‌منظور تعیین دقیق میزان آنتوسیانین معادل سیانیدین-۳-گلوکوزید در گرم وزن تر نمونه از فرمول زیر محاسبه شد.

$$TMA=\left(\frac{A*MV*DF*100}{\epsilon*l}\right)$$

MV وزن مولکولی سیانیدین-۳-گلوکوزید، DF ضریب رقت، ϵ جذب مولی و l طول سل برحسب سانتی‌متر است.

برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل از روش Dere و همکاران (۱۹۹۸) استفاده شد. ابتدا ۱۰۰ میلی‌گرم از برگ‌های جوان و توسعه‌یافته جدا شد و با استفاده از متانول رنگدانه‌ها را استخراج کرده و میزان جذب نور در طول‌موج‌های ۴۷۰ و ۶۵۳ و ۶۶۶ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خونده شد و از طریق معادلات زیر محاسبه گردید.

$$Chl\,a = 15/65A_{666}- 7/340A_{653}$$
$$Chl\,b =27/05A_{653}- 11/21A_{666}$$

داده‌های حاصل از مشاهده و اندازه‌گیری صفات مورد بررسی در قالب طرح فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کاملاً تصادفی به‌وسیله نرم‌افزار SAS مورد تجزیه قرار گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در دو سطح احتمال پنج و یک درصد انجام شد.

نتایج و بحث

براساس نتایج اثر ساده پایه (P<1%) و برهمکنش پایه و رقم (P<5%) تأثیر معنی‌داری بر قطر تنه ارقام مورد آزمایش داشت (جدول ۱). یکی از مهم‌ترین شاخص‌های رشدی یک درخت قطر تنه است که تحت تأثیر پایه قرار می‌گیرند. در مطالعه‌ای جهت انتخاب بهترین ترکیب پایه و رقم نشان داد که پایه‌ها تأثیر معنی‌داری بر سطح مقطع عرضی تنه ارقام داشتند (Rubauskis and Skrivele, 2007). در بین ترکیبات پیوندی "رددلیشز" روی پایه MM106 با میانگین ۴۷/۸۱ سانتی‌متر مربع و "گلدن‌دلیشز" روی پایه M9 با میانگین ۴۴/۶۹ سانتی‌متر مربع بیشترین قطر تنه و رقم رددلیشز روی پایه M9، "گلدن‌دلیشز" روی پایه MM106 و ارقام روی پایه M7 کمترین قطر تنه را دارا بودند (جدول ۲). در بین پایه‌ها M9 و MM106 به‌ترتیب با میانگین ۴۱/۹۹ و ۴۳/۸۹ سانتی‌متر مربع بیشترین قطر تنه و پایه M7 با میانگین ۳۵/۹۵ سانتی‌متر مربع کمترین قطر تنه را به خود اختصاص داد (جدول ۳). در مطالعه‌ای نیز رقم دلباراستیوال روی پایه MM106 با میانگین ۶۱/۷۹ سانتی‌متر مربع نسبت به دو پایه دیگر از قطر تنه بیشتری برخوردار بود که نشان‌دهنده تأثیر پایه پررشد بر قطر تنه ارقام بود (محرمی و همکاران، ۱۳۹۰). در پژوهشی بین پنج پایه مختلف سیب تفاوت‌های معنی‌داری از نظر قطر تنه مشاهده شد بطوریکه پیوندک‌های روی پایه MM109 بیشترین قطر تنه و پیوندک‌های روی پایه M7 کمترین قطر تنه را دارا بودند (Sotiropoulos, 2008). نتایج این پژوهش با بررسی‌های Chun و همکاران (۲۰۰۲) و Fallahi (۲۰۱۲) در مورد تأثیر پایه‌ها بر سطح مقطع عرضی تنه ارقام پیوندی مطابقت دارد.

همچنین میزان رشد شاخه‌های سال جاری توسط پایه‌های مختلف در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). پایه M7 و MM106 به‌ترتیب با میانگین ۲۳/۶۲ و ۲۱/۸۷ سانتی‌متر بیشترین رشد شاخه‌های سال جاری و پایه M9 با میانگین ۱۹/۷۵ سانتی‌متر کمترین رشد شاخه‌های سال جاری را دارا بود (جدول ۲). نشان داده شد که میزان رشد شاخه سال جاری سیب رقم BC-2 Fuji توسط سه پایه مختلف تحت تأثیر قرار گرفت بطوریکه رشد شاخه‌های سال جاری در پایه‌های پررشد بیشتر بود (Fallahi *et al.*, 2001). پایه‌های پاکوتاه مانند M9 مواد فتوسنتزی بیشتری به سمت میوه می‌فرستند و درنتیجه رشد رویشی کمتری دارند و همین امر سبب کمتربودن رشد شاخه‌های سال جاری در پایه M9 است (Al-Hinai and Roper, 2004). بطورکلی پایه‌ها با تغییر در

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تأثیر پایه و رقم و برهمکنش آنها بر رشد شاخه‌های سال جاری، قطر تنه و سطح برگ ارقام رددلیشز و گلدن‌دلیشز

منابع تغییرات	درجه آزادی	رشد شاخه‌های سال جاری	قطر تنه	سطح برگ
تکرار	۳	۱۲/۵*	۵۰/۴ns	۳۷/۳۵ns
پایه	۲	۳۰/۱*	۱۳۷/۷**	۲۱/۰۶ns
رقم	۱	۲/۶۶ns	۰/۲۸۳ns	۵/۴۱ns
پایه × رقم	۲	۹/۰۴ns	۹۹/۹*	۲۱۷/۷*
خطا	۱۵	۳/۲۰	۲۰/۱	۳۹/۶۱

***، ** و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری هستند.**

جدول ۲- اثر متقابل پایه و رقم بر قطر تنه و سطح برگ ارقام رددلیشز و گلدن‌دلیشز

ترکیب پیوندی		قطر تنه (سانتی‌متر مربع)	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)
گلدن‌دلیشز	M9	۴۴/۶۹ab	۲۲/۹۱ab
رد دلیشز	M9	۳۹/۳۰bc	۲۵/۰۲ab
گلدن‌دلیشز	MM106	۳۹/۹۷bc	۳۱/۴۵a
رد دلیشز	MM106	۴۷/۸۱a	۱۸/۸۸b
گلدن‌دلیشز	M7	۳۷/۵۰c	۲۳/۳۷ab
رد دلیشز	M7	۳۴/۳۹c	۳۰/۹۹a

حروف مشترک بیانگر عدم‌اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است.

جدول ۳- اثر ساده پایه بر رشد شاخه‌های سال جاری و قطر تنه ارقام رددلیشز و گلدن‌دلیشز

پایه	رشد شاخه‌های سال جاری (سانتی‌متر)	قطر تنه (سانتی‌متر مربع)	آنتوسیانین (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)
M9	۱۹/۷۵b	۴۱/۹۹a	۰/۴۱۳a
MM106	۲۱/۸۷a	۴۳/۸۹a	۰/۲۰۴b
M7	۲۳/۶۲a	۳۵/۹۵b	۰/۲۳۹b

حروف مشترک بیانگر عدم‌اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است.

توزیع مواد معدنی در گیاه سبب تغییر در رشد شاخه‌های سال جاری می‌گردند (Webster, 2002). نتایج این تحقیق با بررسی‌های سیفی (۱۳۹۰) در مورد تأثیر چهار پایه مختلف سیب بر رشد شاخه‌های سال جاری در رقم گلدن‌دلیشز مطابقت دارد.

سطح برگ در واقع محل جذب اشعه خورشیدی است. در مطالعه‌ای به‌منظور بررسی اثر نه پایه مختلف بر برخی صفات رشدی رقم Granny Smith نشان داد پایه‌ها تأثیر معنی‌داری بر سطح برگ رقم مورد مطالعه نشان دادند (Gjamovski and Kiprijanovski, 2011). بررسی نتایج به‌دست آمده در این تحقیق نشان داد اثر متقابل پایه و رقم بر میزان سطح برگ ارقام

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس اثر پایه و رقم بر بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی، محتوای فنلی، آنتوسیانین، کلروفیل *a* و *b* ارقام رددلیشز و گلدن‌دلیشز

منابع تغییرات	درجه آزادی	فعالیت آنتی‌اکسیدانی	محتوای فنلی	آنتوسیانین	کلروفیل *a*	کلروفیل *b*
تکرار	۳	۰/۶۵۲^{ns}	۳۳۳^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۱/۱۹^{ns}	۶/۱۶^{ns}
پایه	۲	۱/۸۱^{ns}	۲۱۹^{ns}	۰/۱۰۰**	۷/۲۶^{ns}	۱/۹۳^{ns}
رقم	۱	۰/۲۵۵^{ns}	۸۳۶*	۰/۰۰۰۵^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۱/۸۵^{ns}
پایه × رقم	۲	۱/۳۴۶^{ns}	۳۸۶^{ns}	۰/۰۳۳**	۶/۷۰^{ns}	۰/۸۷^{ns}
خطا	۱۵	۰/۸۵۹	۱۲۱	۰/۰۰۵	۲/۱۵	۲/۲۳

***، ** و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری هستند.**

مورد مطالعه تأثیرگذار بود (جدول ۱). در بین ترکیبات پیوندی بیشترین سطح برگ مربوط به رقم "گلدن‌دلیشز" روی پایه MM106 (۳۱/۴۵ سانتی‌متر مربع) و "رددلیشز" روی پایه M7 (۳۰/۹۹ سانتی‌متر مربع) مشاهده شد (جدول ۲). در مطالعه محرمی و همکاران (۱۳۹۰) سطح برگ رقم دلباراستیوال روی سه پایه رویشی MM106, MM111 و M9 تفاوت‌های معنی‌داری با یکدیگر نشان دادند و رقم دلباراستیوال روی پایه MM106 نسبت به دو پایه دیگر دارای سطح برگ بیشتری بود که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

صفات بیوشیمیایی برگ: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشانگر تأثیر رقم بر میزان فنل کل در ارقام مورد مطالعه بود این در حالی است که بین ارقام مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری از نظر فعالیت آنتی‌اکسیدانی مشاهده نشد (جدول ۴). در بین ارقام بیشترین میزان فنل کل در رقم گلدن‌دلیشز با میانگین ۵۲۶/۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین میزان فنل کل در رقم رددلیشز با میانگین ۴۰۸/۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد (جدول ۵). نتایج این پژوهش با یافته‌های دیگر محققان در مورد تأثیر رقم بر مقدار فنل کل مطابقت دارد و رقم به‌عنوان یک عامل ژنتیکی نقش مهمی در تجمع مواد فنلی دارد (Petkovsek *et al*., 2008; Alonso-Salces *et al*., 2004). پژوهشی در بین ۱۳ رقم مختلف سیب نشان داد رقم Rome Beauty بیشترین میزان محتوای فنلی و رقم Cortland کمترین میزان محتوای فنلی را دارا بود (Boyer and Liu, 2004). مطالعه‌ای با بررسی ۱۳ رقم مختلف سیب از نظر محتوای فنلی نشان داد رقم استارکان روژ بیشترین مقدار فنل کل و رقم آزایش کمترین مقدار فنل کل را به خود اختصاص داد و تفاوت‌های بین ارقام مختلف از نظر محتوای فنلی را ناشی از تاثیر ژنتیک رقم دانستند (قربانی و بخشی، ۱۳۹۰). اما در مطالعه عابدی و همکاران (۱۳۹۸) بین ژنوتیپ‌ها و ارقام مورد بررسی از نظر میزان فنل کل تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و بیشترین میزان فنل کل در رقم مربایی مشهد و کمترین میزان فنل کل در رقم توسرخ بکران گزارش شد.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان دهنده تاثیر معنی‌دار پایه و برهمکنش پایه و رقم بر مقدار آنتوسیانین بود (جدول ۴). در بین ترکیبات پیوندی بیشترین مقدار آنتوسیانین در رقم‌های گلدن‌دلیشز و رددلیشز روی پایه M9 به ترتیب با میانگین ۰/۴۶۶ و ۰/۳۶۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین مقدار آنتوسیانین در رقم گلدن‌دلیشز روی پایه M7 و ارقام روی پایه MM106 مشاهده شد (جدول ۶). در بین پایه‌ها بیشترین میزان آنتوسیانین مربوط به پایه M9 با میانگین ۰/۴۱۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و دو پایه M7 و MM106 به ترتیب با میانگین ۰/۲۳۹ و ۰/۲۰۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر کمترین میزان آنتوسیانین را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). بیوسنتز آنتوسیانین توسط هورمون ABA تحریک می‌شود و مشخص گردیده شیره خام پایه‌های پاکوتاه مانند M9 دارای مقدار ABA بیشتری نسبت به پایه‌های پررشد می‌باشد (Kviklys et al,

جدول ۵- اثر ساده رقم بر محتوای فنلی ارقام رددلیشز و گلدن‌دلیشز

رقم	محتوای فنلی (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)
گلدن‌دلیشز	۵۲۶/۹[a]
رد دلیشز	۴۰۸/۹[b]

حروف مشترک بیانگر عدم‌اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است.

جدول ۶- اثر متقابل پایه و رقم بر میزان آنتوسیانین ارقام رددلیشز و گلدن‌دلیشز

ترکیب پیوندی		آنتوسیانین (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)
گلدن‌دلیشز	M9	۰/۴۶۶[a]
رد دلیشز	M9	۰/۳۶۰[ab]
گلدن‌دلیشز	MM106	۰/۲۳۴[cd]
رد دلیشز	MM106	۰/۱۷۴[d]
گلدن‌دلیشز	M7	۰/۱۷۰[d]
رد دلیشز	M7	۰/۳۰۸[bc]

حروف مشترک بیانگر عدم‌اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است.

2017). در مطالعه پروانه (۱۳۹۷) نیز بیشترین مقدار آنتوسیانین در برگ‌های پیوند شده روی پایه M9 مشاهده گردید و علت این امر میزان بالای فعالیت آنزیم PAL به عنوان یک آنزیم کلیدی در سنتز ترکیبات فنلی بود. مسئول تولید رنگ قرمز در سیب آنتوسیانین یا سیانیدین ۳-گالاکتوزید می‌باشد (Amzad *et al.*, 2009). غلظت آنتوسیانین تحت تاثیر رقم و محرک‌های رشدی مانند نور ماورابنفش و استرس‌های محیطی شامل سرما و گرما قرار می‌گیرد (دامیار و همکاران، ۱۳۹۲). تفاوت بین ارقام و پایه‌های مختلف سیب از نظر ترکیبات فنلی، بیان کننده نقش ژنوتیپ در سنتز این ترکیبات است (قربانی و بخشی، ۱۳۹۰). اگر چه ژنتیک پایه و پیوندک مهمترین عوامل مؤثر بر محتوای فنلی هستند اما سایر عوامل مانند ناسازگاری، قدرت رشد و میزان هورمون‌های موجود در پایه نیز می‌تواند بر محتوای فنلی ارقام تأثیرگذار باشد (Parvaneh *et al.*, 2019).

کلروفیل به‌عنوان یک رنگدانه گیاهی نقش قابل‌توجهی در فرایند فتوسنتز گیاه دارد و سبب تبدیل انرژی نورانی خورشید به انرژی شیمیایی مورد نیاز گیاه می‌شود (Pavlovic *et al.*, 2015). میزان کلروفیل برگ نشان‌دهنده فعالیت فیزیولوژیکی برگ است و به ویژگی‌های ژنتیکی و ذاتی هر گیاه بستگی دارد (ایروانی و همکاران، ۱۳۹۴). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر پایه و رقم بر میزان کلروفیل برگ از نظر آماری معنی‌دار نشد (جدول ۴). که با نتایج سیفی (۱۳۹۰) مبنی بر عدم‌تأثیر چهار پایه مختلف MM111, MM106, B9 و Seedling بر میزان کلروفیل برگ رقم گلدن‌دلیشز مطابقت دارد اما با تحقیقات محرمی (۱۳۹۰) مبنی بر تأثیر سه پایه MM111, MM106 و M9 بر میزان کلروفیل رقم دلباراستیوال به گونه‌ای که پایه MM111 بیشترین و پایه M9 کمترین میزان کلروفیل را دارد و مطالعه Song و همکاران (۲۰۱۵) مبنی بر اختلاف معنی‌داری در میزان کلروفیل بین نه پایه مختلف سیب، مغایرت دارد.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج این پژوهش مشاهده شد که برخی صفات رشدی و بیوشیمیایی سیب با توجه به نوع پایه و رقم متفاوت است. وجود این تفاوت نشان‌دهنده تأثیر ژنتیک پایه و رقم بر صفات یادشده است. نتایج کلی نشان داد پایه MM106 به‌عنوان یک پایه پررشد شناخته شده است و با بیشترین مقدار قطر تنه و رشد شاخه‌های سال جاری، رشد رویشی بیشتری نسبت به سایر پایه‌ها داشت. از نظر صفات بیوشیمیایی مانند آنتوسیانین پایه M9 در جایگاه بالاتری قرار گرفت زیرا سنتز ترکیبات فنلی در پایه‌های پاکوتاه نسبت به پایه‌های پررشد بیشتر است. در بین ارقام گلدن‌دلیشز از نظر محتوای فنلی نسبت به رددلیشز برتری وجود داشت. صفاتی مانند فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کلروفیل *a* و *b* تحت تأثیر پایه و رقم قرار نگرفتند. بنابراین انتخاب مناسب پایه و رقم بایستی براساس نوع نیاز و نه صرفا براساس بالاتربودن یک صفت، صورت گیرد.

منابع

ایروانی، ف.، بانی‌نسب، ب.، قبادی، س.، اعتمادی، ن.، قاسمی، الف. و شمس، م. (۱۳۹۴) اثر پایه‌های مختلف بر رشد رویشی و شاخص‌های فتوسنتزی دو رقم گلابی شاه میوه و نطنز. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی ۵: ۶۳-۵۳.

پروانه، ط. (۱۳۹۷) مطالعه اثر پایه بر بیوسنتز آنتوسیانین و فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیولیاز (PAL) در بافت‌های گیاهی سیب توسرخ. رساله دوره دکتری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

دامیار، س.، پروانه، ط. و حسنی، د. (۱۳۹۲) ارزیابی برخی خصوصیات ژنوتیپ‌های سیب گوشت قرمز بومی ایران. مجله به‌نژادی نهال و بذر ۲۹: ۵۰۱-۴۸۳.

رفیعی، م.، ناصری، ل.، بخشی، د. و علیزاده، الف. (۱۳۹۱) ترکیب‌های فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در برخی ارقام سیب ایرانی و تجاری در استان آذربایجان غربی. مجله به‌زراعی کشاورزی ۱۴: ۵۵-۴۳.

سیفی سنقزآباد، م. (۱۳۹۰) تأثیر پایه‌های Seedling, MM111,MM106 و M7 جذب املاح، فتوسنتز و رشد سیب رقم 'Golden Delicious'. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

شاعری، م.، ربیعی، و. و طاهری، م. (۱۳۹۳) اثر پایه و رقم بر کارایی جذب عناصر معدنی و برخی صفات کمی و کیفی سیب ارقام گلدن دلیشز، فوجی و دلبار استیوال. مجله به‌زراعی نهال و بذر ۳۰: ۳۷۳-۳۵۷.

عابدی، ب.، پروانه، ط. و اردکانی، الف. (۱۳۹۸) ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی میوه، متابولیت‌های ثانویه و شاخص قهوه‌ای شدن ژنوتیپ سیب توسرخ بکران و برخی ارقام سیب بهاره. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی) ۳۳: ۶۲۲-۶۰۹.

قربانی، الف. و بخشی، د. (۱۳۹۰) ارزیابی مقدار کلروژنیک اسید، فلاونوئیدها و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ۱۳ رقم ایرانی و خاجی سیب. مجله فن‌آوری تولیدات گیاهی ۱۱: ۶۲-۵۳.

محرمی، ر.، ربیعی، و.، امیری، م. و عظیمی م. (۱۳۹۰) اثر پایه بر برخی صفات سیب دلبار استیوال. مجله به‌نژادی نهال و بذر ۲۷۱: ۳۳۷-۳۲۳.

Al-Hinai, Y. K. and Roper, T. R. (2004) Rootstock effects on growth, cell number, and cell size of gala apples. Journal of the American Society for Horticultural Science 129: 37-41.

Alonso-Salces, R. M., Barranco, A., Abad, B., Berrueta, L. A., Gallo, B. and Vicente, F. (2004) Polyphenolic profiles of Basque cider apple cultivars and their technological properties. Journal of Agricultural and Food Chemistry 52: 2938-2952.

Amzad Hossain, M., Salehuddin, S. M., Kabir, M. J., Rahman, S. M. M. and Vasantha Rupasinghe, H. P. (2009) Sinensetin, rutin 3-hydroxy- 5, 6, 7, 4-tetramethoxyflavone and rosmarinic acid contents and antioxidative effect of the skin of apple fruit. Food Chemistry 113: 185-190.

Blanco, A., Mato, A., Lasaosa. P. and Valg, J. (2008) The p16 rootstock inhibits the growth but enhances the fruit quality of gonagored apples when growth warm summer condition. Spanish Journal of Agricultural Research 3: 412-421.

Boyer, J. and Liu, R. H. (2004) Apple phytochemicals and their health benefits. Nutrition Journal 3: 1-15.

Chun, I. J., Fallahi, E., Colt, W. M., Shafii, B. and Tripepi, R. R. (2002) Effect of rootstocks and microsprinkler fertigation on mineral concenntrations, yield and fruit color of BC-Fuji Apple. Journal American pomological Society 56: 4-13.

Dere, S., Gines, T. and Sivaci, R. (1998) Spectrophotometric determination of chlorophyll a,b and total carotenoid contents of same algae species using different solvents. Turkish Journal of Botany 22: 13-18.

Eberhardt, M., Lee, C. and Liu, R. (2000) Nutrition antioxidant activity of fresh apples. Nature 405: 903-904.

Fallahi, E. (2012) Influence of rootstock and irrigation methods on water use, mineral nutrition, growth, fruit yield, and quality in 'Gala' apple. Hort Technology 22: 731-737.

Fallahi, E., Chun, I. J., Neilsen, G. H. and Colt, W. M. (2001) Effect of three rootstock on delicious photosynthesis leaf mineral nutrition and vegetative growth of 'BC-2 Fuji' apple tree. Journal of Plant Nutrition 24: 827-834.

Garcia, E., Rom, C. R. and Murphy, J. B. (2002) Comparison of phenolic content of 'liberty' apple (*Malus domestica*) on various rootstocks. International Symposium on Rootstocks for Deciduous Fruit Tree Species 658: 57-60.

Giusti, M. M. and Wrolstad, R. E. (2001) Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. Current Protocols in Food Analytical Chemistry 1: F1-2.

Gjamovski, V. and Kiprijanovski, M. (2011) Influence of nine dwarfing apple rootstocks on vigour and productivity of apple cultivar 'Granny Smith'. Scientia Horticulturae 129: 742-746.

Goncalves, B., Moutinho, J., Santos, A., Silva, P. A., Bacuelar, E., Correia, C. and Rosa, E. (2005) Scion- rootstock interaction affects the physiology and fruit quality of sweet cherry. Tree Physiology 26: 93-104.

Khanizadeh, S., Tsao, R., Rekika, D., Yang, R., Charles, M. T. and Rupasinghe, H. V. (2008) Polyphenol composition and total antioxidant capacity of selected apple genotypes for processing. Journal of Food Composition and analysis 21: 396-401.

Kviklys, D., Liaudanskas, M., Viskelis, J., Buskienė, L., Lanauskas, J., Uselis, N. and Janulis, V. (2017) Composition and concentration of phenolic compounds of 'Auksis' apple grown on various rootstocks. Proceedings of the Latvian Academy of Sciences 71: 144-149.

Lachman, J., Sulc, M., Sus, J. and Pavlikova, O. (2006) Polyphenol content and antiradical activity in different apple varieties. Journal of Horticaltural Science (Prague) 33: 95-102.

Mainla, L., Moor, U., Karp, K. and Pussa, T. (2011) The effect of genotype and rootstock on polyphenol composition of selected apple cultivars in Estonia. Zemdirbyste Agriculture 98: 63-70.

Milosevic, T., Milosevic, N. and Mladenovic, J. (2018) Role of apple clonal rootstocks on yield, fruit size, nutritional value and antioxidant activity of 'Red Chief Camspur'cultivar. Scientia Horticulturae 236: 214-221.

Parvaneh, T., Abedi, B., Davarynejad, G. H. and Moghadam, E. G. (2019) Enzyme activity, phenolic and flavonoid compounds in leaves of Iranian red flesh apple cultivars grown on different rootstocks. Scientia Horticulturae 246: 862-870.

Pavlovic, D., Nikolic, B., Djurovic, S., Waisi, H., Andjelkovic, A. and Marisavljevic, D. (2015) Chlorophyll as a measure of plant health. Agroecological Aspects 29: 34-45.

Petkovsek, M. M., Stampar, F. and Veberic, R. (2008) Increased phenolic content in apple leaves infected with the apple scab pathogen. Journal of Plant Pathology 90: 49-55.

Rubauskis, E. and Skrivele, M. (2007) Evaluation of some dwarf rootstocks in Latvia. International Society for Horticultural Science Acta Horticulturae 732: 135-140.

Sabajeviene, G., Kviklys, D., Kviklienė, N., Kasiuleviciutė, A. and Duchovskis, P. (2006) Rootstock effect on photosynthetic pigment system formation in apple tree leaves. Sodininkystė ir Darzininkystė 25: 79-87.

Singleton, V. L. and A. Rossi, J. (1965) Colorimetry of total phenolic with phophomolybdic- posphotungustic acid reagent. American Journal of Enology and Viticulture 16: 144-158.

Skinner, R. C., Gigliitti, J. C., Ku, K. M. and Tou, J. C. (2018) A comprehensive analysis of the composition, health benefits and safety of apple pomace. Nutrition Reviews 76: 893-909.

Song, S., Jiang, X., Han, X., Zheng, W. and Wu, Y. (2015) Chlorophyll content and photosynthetic rate of different apple rootstocks. Jiangsu Agricultural Sciences 43: 149-150.

Sotiropoulos, T. E. (2008) Performance of the apple (*Malus domestica* Borkh) cultivar 'Imperial Double Red Delicious' grafted on five rootstock. Horticultural Science 35: 7-11.

Tworkoski, T. and Fazio, G. (2016) Hormone and growth interactions of scions and size- controlling rootstocks of young apple trees. Plant Growth Regulation 78: 105-119.

Webster, A. D. (2002) Vigour mechanisms in dwarfing rootstocks for temperate fruit trees. I International Symposium on Rootstocks for Deciduous Fruit Tree Species 658: 29-41.

Effect of commercial apple rootstocks on some growth and biochemical characteristics of apple leaf cvs. Golden Delicious and Red Delicious

Elaheh Hosseini Sanavi[1], Bahram Abedy[1]*, Tahereh Parvaneh[2], Ahmad Fahhadan[3]

[1] **Department of Horticulture and Green Space Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran**
[2] **Instructor, Horticulture Crops Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center of Semnan Province (Shahrood), AREEO, Shahrood, Iran**
[3] **Instructor, Horticulture Research Department, Agricultural Research Center of razavi khorasan Province, Mashhad, Iran**
(Received: 18/12/2021, Accepted: 06/06/2022)

Abstract

In order to study three vegetative rootstocks M9, M7 and MM106 on some growth and biochemical Characteristics of Apple cvs. "Golden delicious" and "Red Delicious", an experiment in factorial design based on randomized complete blocks with four replications in orchard of Mashhad agricultural research center was performed in 2021. Some characteristics: including trunk diameter, current shoot growth, leaf area, chlorophyll, phenol content, anthocyanin and antioxidant properties in leaf sample were measured. Results showed that in the interaction of rootstock and scion had a significant effect on the trunk diameter, leaf area and anthocyanin. The highest amount of anthocyanin (0.466 $mg.g^{-1}FW$) at "Golden delicious" on M9 rootstock was measured. Also, "Red Delicious" on MM106 rootstock had the largest trunk diameter (47.81 cm^2) and "Golden delicious" on MM106 rootstock showed the highest leaf area (31.45 cm^2). The results of this study showed that MM106 rootstock by showing high levels of growth Characteristics compared to the M9 and M7 was placed in a better position. And M9 rootstock by having biochemical Characteristics was better than two other rootstocks. Cultivars on M9 rootstock with highest amount of anthocyanin was suggested as a valuable grafting compounds in terms of health benefits under Mashhad Climatic Conditions.

Keywords: Anthocyanin, Antioxidant properties, Grafting compounds, Leaf area, Trunk diameter

Corresponding author, Email: abedy@um.ac.ir