University of Tehran Press

Journal of Crops Improvement

Online ISSN: 2345-6957

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

Study of Rootstock and Apple Cultivar Interaction on Some Quantitative and Qualitative Characteristics of Fruit under Mashhad Climatic Conditions

Elaheh Hosseini Sanavi[1] | Bahram Abedy[2]✉ | Tahereh Parvaneh[3]

1. Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. E-mail: hosseinisanavie.elahe@alumni.um.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. E-mail: abedy@um.ac.ir
3. Horticulture Crops Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center of Semnan Province (Shahrood), AREEO, Shahrood, Iran. E-mail: t.parvaneh@areeo.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received:
Received in revised form:
Accepted:
Published online:
17 December 2022

Keywords:
Anthocyanin,
antioxidant properties,
firmness,
phenol content,
total soluble solids.

ABSTRACT

Numerous studies have been performed on the effect of rootstock and cultivar on physicochemical traits of apple fruit with their results showing different effects of these two factors. In order to study three vegetative rootstocks on some quantitative and qualitative characteristics of apple cultivars "Golden Delicious" and "Red Delicious", an experiment was carried out in factorial design based on randomized complete blocks with four replications in orchard of Mashhad Agricultural Research Center in 2021. Fruit quantitative and qualitative characteristics, including weight, volume, density, length, diameter, firmness, pH, total soluble solids, phenol content, antioxidant properties and anthocyanin have been measured. The highest amount of total phenol (652.9 $\mu g.g^{-1}FW$) and anthocyanin (35.9 $mg.g^{-1}FW$) has been measured in "Red delicious" on M9 rootstock. The results of this study show that "Red delicious" has had the highest amount of diameter (78/64 mm) and weight (166/9 g). The highest amount of fruit firmness has been observed in M9 rootstock (5/64 $kgcm^{-3}$). In general, the results of this study indicate a different effect of rootstock and cultivar interaction on the studied characteristics. Depending on the purpose of gardener, different grafting compounds can be recommended "Red delicious" on M9 and MM106 rootstock with highest amount of total phenol and anthocyanin is suggested as a valuable grafting compounds in terms of health benefits under Mashhad Climatic Conditions.

Cite this article: Hosseini Sanavi, E., Abedy, B., & Parvaneh, T. (2022). Study of Rootstock and Apple Cultivar Interaction on Some Quantitative and Qualitative Characteristics of Fruit under Mashhad Climatic Conditions. *Journal of Crops Improvement*, 24 (4), 1421-1433. DOI: http://doi.org/10.22059/jci.2022.332244.2626

© The Authors.
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: http://doi.org/10.22059/jci.2022.332244.2626

انتشارات دانشگاه تهران

به زراعی کشاورزی

شاپا الکترونیکی: ۶۹۵۷-۲۳۴۵

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

بررسی برهم‌کنش پایه و رقم سیب بر صفات کمی و کیفی میوه در شرایط آب‌وهوایی مشهد

الهه حسینی ثانوی[۱] | بهرام عابدی[۲]✉ | طاهره پروانه[۳]

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. رایانامه: hosseinisanavie.elahe@alumni.um.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. رایانامه: abedy@um.ac.ir

۳. بخش تحقیقات زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان، (شاهرود)، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، شاهرود، ایران. رایانامه: t.parvaneh@areeo.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۱/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۰۴

تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۹/۲۶

کلیدواژه‌ها:
آنتوسیانین،
سفتی،
فعالیت آنتی‌اکسیدانی،
محتوای فنلی،
مواد جامد محلول.

چکیده

مطالعات زیادی در مورد تأثیر پایه و رقم بر صفات فیزیکوشیمیایی سیب صورت گرفته و نتایج تأثیرگذاری متفاوت این دو عامل را نشان داده‌اند. به‌منظور ارزیابی اثر سه پایه رویشی M9، M7 و MM106 بر برخی صفات کمی و کیفی میوه سیب ارقام "گلدن‌دلیشز" و "رددلیشز"، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی مشهد در اواخر تابستان ۱۴۰۰ اجرا شد. صفات کمی و کیفی میوه شامل وزن، حجم، چگالی، طول، قطر، سفتی، اسیدیته، مواد جامد محلول، محتوای فنلی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و آنتوسیانین میوه در این آزمایش اندازه‌گیری شد. براساس نتایج بیش‌ترین مقدار فنل کل (۶۵۲/۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و آنتوسیانین (۳۵/۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در ترکیب رقم "رددلیشز" روی پایه M9 مشاهده شد. رقم "رددلیشز" بیش‌ترین قطر (۷۸/۶۴ میلی‌متر) و وزن میوه (۱۶۶/۹ گرم) را به خود اختصاص داد. بیش‌ترین سفتی نیز در پایه M9 (۵/۶۴ کیلوگرم بر سانتی‌متر مکعب) مشاهده شد. به‌طورکلی، نتایج این پژوهش حاکی از تأثیر متفاوت برهم‌کنش پایه و رقم بر ویژگی‌های موردمطالعه بود و بسته به هدف باغدار می‌توان ترکیبات پیوندی گوناگونی را توصیه نمود. ارقام بر روی پایه M9 و MM106 با داشتن ترکیبات فنلی و آنتوسیانین زیاد از نظر فواید سلامتی به‌عنوان ترکیب پیوندی ارزشمند در شرایط آب و هوایی مشهد پیشنهاد شد.

استناد: حسینی ثانوی، ا.، عابدی، ب. و پروانه، ط (۱۴۰۱). بررسی برهم‌کنش پایه و رقم سیب بر صفات کمی و کیفی میوه در شرایط آب و هوایی مشهد. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۴ (۴)، ۱۴۲۱-۱۴۳۳. DOI: http://doi.org/10.22059/jci.2022.332244.2626

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

سیب از مهم‌ترین محصولات باغبانی کشور است و به‌عنوان یک میوه پرمصرف و منبع غنی از انواع ترکیبات فنلی معرفی شده است به‌طوری‌که ۲۲ درصد مواد فنلی در رژیم غذایی انسان از سیب سرچشمه می‌گیرد (Liaudanskas *et al*., 2015; Drogoudi & Pantelidis, 2011). در بین ۱۱ میوه مختلف، سیب رتبه دوم را از نظر غلظت ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی دارد (Boyer & Liu, 2004). ترکیبات فنلی موجود در بخش‌های مختلف سیب دارای خواص آنتی‌اکسیدانی قوی می‌باشند و سبب مهار رادیکال‌های آزاد و حفاظت از بدن در مقابل بیماری‌های مختلف می‌شوند (Van der Sluis *et al*., 2001). غلظت این ترکیبات با توجه به شرایط محیطی، مرحله بلوغ و رقم متفاوت است (Ghorbani *et al*., 2010). مطالعات متعدد نشان داده است که پایه و رقم به‌عنوان یک عامل ژنتیکی نقش مهمی در تجمع این ترکیبات دارد و پژوهش‌گران زیادی اثرات متقابل پایه و رقم را بر محتوای فنلی میوه برشمرده اند (Kviklys *et al*., 2017). در سیب گزارش‌های مبنی بر تأثیر رقم بر میزان فنل کل، آنتوسیانین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی موجود است (Ghorbani *et al*., 2010). در مطالعه Ghorbani & Bakhshi (2012) تفاوت‌های معنی‌داری بین میوه ۱۳ رقم متفاوت سیب از نظر مقدار فنل کل گزارش کردند و آن را ناشی از تأثیر ژنتیک رقم دانستند. مطالعاتی نشان داد تجمع ترکیبات فنلی در سیب به ژنوتیپ پایه بستگی دارد و در پایه‌های پررشد، تجمع ترکیبات فنلی کم‌تر است (Mainla *et al*., 2011). تفاوت‌های معنی‌داری از نظر فنل کل در سیب رقم "لیبرتی" روی چندین پایه مختلف مشاهده شد و بیش‌ترین فنل کل در پایه M7 و MM111 و کم‌ترین فنل در پایه CG5005 مشاهده شد (Garcia *et al*., 2002). بررسی اثر ۱۲ پایه مختلف بر محتوای فنلی میوه سیب رقم "آیوکسیس" نشان داد تجمع ترکیبات فنلی بستگی به نوع پایه دارد (Kviklys *et al*., 2017). در مطالعه‌ای 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 (Parvaneh, 2019). اثر سه پایه M4، M9T337 و MM106 بر محتوای فنل کل رقم "ردچیف کامسپور" نشان داد پایه M9T337 نسبت به دو پایه دیگر از بیش‌ترین فنل برخوردار بود (Milosevic *et al*., 2018). مطالعات Jensen *et al*. (2003) نشان داد پایه می‌تواند الگوهای بیان ژن در پیوندک را تغییر بدهد و برخی از ژن‌های پیوندک سیب توسط پایه تنظیم می‌شوند. پایه‌های سیب در نقاط زیادی از جهان مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند و در شرایط اقلیمی مختلف، تأثیرات متفاوتی بر صفات کمی و کیفی پیوندک می‌گذارند (Moharrami *et al*., 2011).

نتیجه پژوهش‌ها اثر پایه‌ها و ارقام بر صفات کمی و کیفی سیب به‌شدت متفاوت است. یکی از مهم‌ترین فاکتورهای تأثیرگذار بر ویژگی‌های کیفی میوه، قدرت پایه می‌باشد اما در مورد چگونگی تأثیر پایه بر این فاکتور، بررسی‌های زیادی صورت نگرفته است. به‌نظر می‌رسد پایه‌ها با تأثیر بر جذب عناصر غذایی پیوندک، به‌طور غیرمستقیم بر کیفیت میوه تأثیر می‌گذارند (Al-Hinai & Roper, 2004). در مطالعه‌ای اثر پایه M9 و B9 بر اندازه میوه رقم "BC-2Fuji" بررسی کرده و نتایج آن‌ها نشان داد که پایه M9 میوه‌های بزرگ‌تری نسبت به B9 تولید کرد که نشان می‌دهد وزن میوه متأثر از ژنتیک و پایه قرار می‌گیرد (Chun *et al*., 2002). هم‌چنین نتایج Autio *et al*. (2003) نشان داد که اندازه میوه سیب‌های "کورتلند"، "پیونرمک" و "مک اینتاش" تحت تأثیر پایه‌های مختلف قرار گرفت. پژوهش‌ها در خصوص تعیین اثر پایه و رقم بر برخی صفات کمی و کیفی ارقام "گلدن دلیشز"، "فوجی" و "دلبار استیوال" روی سه پایه رویشی M9، MM106 وMM111 نشان داد که برهم‌کنش پایه و رقم بر صفاتی مانند وزن و pH میوه تأثیرگذار

می‌باشد، به‌طوری‌که بیش‌ترین وزن در میوه‌های رقم "گلدن‌دلیشز" روی هر سه پایه و بیش‌ترین میزان pH میوه در رقم "فوجی" روی پایه MM106 گزارش شد (Shaeri *et al*., 2014). هم‌چنین نتایج تحقیقات Brown & Wolf (1992) نشان داد پایه بر سفتی گوشت میوه تأثیر می‌گذارد. البته آن‌ها نشان دادند میوه‌های سیب"استارک اسپور دلیشز" بر روی پایه Ottawa3 و M26 EMLA از نظر سفتی مشابه بودند. بررسی اثر سه پایه مختلف بر سفتی میوه رقم "ردچیف کامسپور" نشان داد نوع پایه بر سفتی میوه تأثیر معنی‌داری دارد و بیش‌ترین سفتی مربوط به پایه MM106 بود (Milosevic *et al*., 2018). بی‌تأثیربودن پایه‌های مختلف سیب بر سفتی میوه رقم "گلدن‌دلیشز" در مطالعه Andziak & Tomala (2004) مشاهده شد.

تولید میوه با کیفیت بالا نه تنها برای پرورش‌دهندگان، بلکه برای مصرف‌کنندگان که به دنبال بهره‌مندی از اثرات سلامتی میوه‌ها هستند مهم است و به‌دلیل نقش پایه و رقم بر ترکیبات فنلی، لزوم شناسایی بهترین ترکیب پایه و رقم از لحاظ ارزش غذایی به‌ویژه ترکیبات فنلی براساس شرایط جغرافیایی ضروری به‌نظر می‌رسد. بنابراین هدف از انجام این پژوهش مقایسه کارایی سه پایه رویشیM9، M7 و MM106 و دو رقم سیب تجاری "گلدن دلیشز" و "رددلیشز" روی آن‌ها از نظر ترکیبات فنلی و برخی صفات کمی و کیفی این درختان در شرایط آب و هوایی مشهد می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر سه پایه رویشی M9، M7 و MM106 بر صفات کمی، کیفی و بیوشیمیایی ارقام سیب "رددلیشز" و "گلدن‌دلیشز" در سال ۱۴۰۰ و در باغ موجود در مرکز تحقیقات کشاورزی مشهد با موقعیت جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۳ دقیقه و ۰۶ ثانیه شمالی و ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه و ۴۸ ثانیه شرقی انجام شد. این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. در این آزمایش از ۲۴ درخت با سن هفت سال استفاده شد. روش آبیاری به‌صورت جوی و پشته و در دوره‌های هشت تا ده روزه انجام شد. فاصله درختان در مورد ارقام روی پایه M9 روی ردیف ۸۰ سانتی‌متر و بین ردیف ۳ متر بود و در مورد ارقام روی پایه‌های MM106 و M7 فاصله روی ردیف ۱۶۰ سانتی‌متر و بین ردیف ۳/۵ متر بود. میوه‌ها در زمان رسیدگی کامل برداشت و جهت اندازه‌گیری صفات بلافاصله به آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشگاه فردوسی مشهد انتقال یافتند.

۲. ۲. ویژگی‌های ارزیابی‌شده

برای اندازه‌گیری حجم میوه از روش حجمی استفاده شد. ابتدا استوانه مدرجی را تا حجم معینی از آب پر کرده و پس از غوطه‌ورشدن میوه‌ها درون استوانه، تغییرات سطح آب استوانه در دو حالت به‌دست آورده و با استفاده از فرمول d=m/v چگالی میوه محاسبه شد (Westwood, 1986). سفتی بافت میوه با دستگاه سفتی‌سنج[1] (مدل STEP SYSTEM، کشور آلمان) با پروب هشت میلی‌متری اندازه‌گیری شد. مواد جامد محلول (TSS)[2] با دستگاه رفرکتومتر[3] دیجیتال (مدل Kruss dr 101، کشور آلمان) برحسب درجه بریکس اندازه‌گیری شد. دستگاه ابتدا با آب مقطر کالیبره و سپس چند قطر از آب میوه در قسمت منشور دستگاه قرار گرفت و مقدار آن برحسب درصد کل مواد جامد بیان شد (Sotiropoulos, 2008). pH میوه با استفاده از دستگاه pHمتر (مدل 691-Metrohn، کشور سوئیس) اندازه‌گیری شد. دستگاه ابتدا با

1. Penetrometer
2. Total soluble solid
3. Refrectometer

استفاده از محلول بافر کالیبره شد و پس از قراردادن الکترود دستگاه درون محلول موردنظر، pH آب میوه مشخص شد (Sotiropoulos, 2008).

۲. ۲. ۱. فنل کل

میزان فنل کل در عصاره‌ها با معرف فولین سیوکالتیو و با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر اندازه‌گیری شد. به ۱۲۵ میکرولیتر از عصاره میوه، ۳۷۵ میکرولیتر آب و ۲/۵ میلی‌لیتر فولین ۱۰ درصد اضافه شد و بعد از شش دقیقه دو میلی‌لیتر سدیم کربنات ۷/۵ درصد نیز به آن‌ها اضافه شد. محلول به‌دست‌آمده به‌مدت ۱/۵ ساعت در تاریکی و دمای اتاق نگهداری شد. سپس میزان جذب در طول موج ۷۶۰ نانومتر قرائت شد. میزان فنل کل با استفاده از منحنی استاندارد گالیک‌اسید در یک گرم بافت تازه بیان شد (D'Abrosca *et al*., 2007).

۲. ۲. ۲. فعالیت آنتی‌اکسیدانی

فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌روش DPPH (دی فنیل پیکریل هیدرازیل) اندازه‌گیری شد (Brand-wiliams *et al*., 1995). برای این منظور ۲ میلی‌گرم از نمونه با ۱۰ میلی‌لیتر متانول مخلوط و به‌مدت ۲۴ ساعت ورتکس شد و ۵ دقیقه با ۶۰۰۰ دور سانتریفوژ شد سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از محلول متانولی نمونه را ۳/۹ میلی‌لیتر DPPH ۰/۰۰۴ درصد مخلوط و بعد از ۳۰ دقیقه تاریکی در طول موج ۵۱۷ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتری (مدل Cecil 2010 UV–visible، کشور انگلستان) قرائت شد. با استفاده از رابطه (۱)، درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی محاسبه شد.

رابطه ۱) درصد فعالیت آنتی اکسیدانی = (۱۰۰×(۱− (جذب نمونه− جذب بلانک)/ جذب نمونه− کنترل))

بلانک حاوی ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره متانولی نمونه و ۳/۹ میلی‌لیتر حلال متانول بدون DPPH و کنترل شامل ۲/۹ میلی‌لیتر DPPH و ۰/۱ میلی‌لیتر حلال متانول بدون عصاره نمونه می‌باشد.

۲. ۲. ۳. آنتوسیانین

برای اندازه‌گیری آنتوسیانین میوه، از روش اختلاف جذب در دو pH متفاوت استفاده شد (Wrolstad, 1976). بدین منظور ۱ میلی‌لیتر از آب میوه به‌مدت ۱۵ دقیقه با ۱۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. پس از جداکردن مایع بالایی نمونه‌ها در دو طول موج ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر قرائت با دستگاه اسپکتوفتومتر انجام شد. برای این منظور ابتدا دستگاه با بافر ۱ (کلراید پتاسیم ۰/۲ مولار و کلریدریک‌اسید ۰/۲ مولار) کالیبره شد، سپس ۵۰۰ میکرولیتر از عصاره با ۲/۵ میلی‌لیتر بافر ۱ در کووت مخلوط کرده و در دو طول موج قرائت شد. سپس از این مرحله دستگاه با بافر ۲ (استیک‌اسید ۰/۲ مولار و استات‌سدیم ۰/۲ مولار) کالیبره شد و ۵۰۰ میکرولیتر عصاره با ۲/۵ میلی‌لیتر بافر ۲ مخلوط شد و مانند مرحله قبل قرائت شد. میزان آنتوسیانین طبق فرمول زیر محاسبه شد.

رابطه ۲) $A\ (\text{جذب}) = (A520pH4.5 - A700pH4.5) - (A520Ph1 - A700pH1)$

رابطه ۳) $\text{آنتوسیانین} = (10^{c})\ (647.0^{b})\ (10^{3})\ (A/30200^{a})$

10^3= ضریب رقت

C= درجه رقیق‌سازی

۲. ۳. آنالیز آماری

در پژوهش حاضر به‌منظور بررسی برهم‌کنش پایه و رقم بر برخی صفات کمی و کیفی میوه سیب، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. عامل اول پایه در سه سطح شامل M9، MM106 و M7 عامل دوم رقم در دو سطح شامل"گلدن‌دلیشز" و "رددلیشز" بود. پس از اطمینان از نرمال‌بودن داده‌ها، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۴) و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

۳. نتایج و بحث

۳. ۱. وزن، حجم و چگالی میوه

وزن میوه یکی از صفات کمی است که تحت تأثیر عواملی مانند نوع پایه و اقلیم قرار می‌گیرد (Fallahi, 2012). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر ساده رقم بر وزن میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در مطالعه‌ای به‌منظور بررسی برهم‌کنش سه پایه مختلف و سه رقم "گلدن‌دلیشز"، "فوجی" و "دلبار استیوال" بر وزن میوه، تأثیر معنی‌دار رقم بر وزن میوه مشخص شد (Shaeri *et al*., 2014). بررسی‌های Sotiropolous (2006) نشان داد وزن میوه "گلدن‌دلیشز" توسط پایه‌های موردبررسی به‌طور معنی‌داری متأثر شد درحالی‌که نتایج Al-Hinai & Roper (2004) در ایالت ویسکانسین آمریکا نشان داد وزن میوه سیب "گالا" تحت تأثیر پایه‌ها قرار نگرفت که با نتایج این پژوهش نیز همخوانی دارد. رقم "رددلیشز" با میانگین وزن ۱۶۶/۹گرم بیش‌ترین و رقم " گلدن‌دلیشز" با میانگین وزن ۹۳/۷ گرم کم‌ترین وزن را به خود اختصاص داد (جدول ۲). نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر رقم بر چگالی میوه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین و کم‌ترین چگالی به‌ترتیب در رقم "رددلیشز" (۱/۷۹گرم بر سانتی‌متر مکعب) و "گلدن‌دلیشز" (۱/۲۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب) مشاهده شد (جدول ۲).

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر پایه (M9، M7 و MM106) و رقم ("گلدن دلیشز" و "رددلیشز") بر برخی صفات کمی میوه سیب

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		وزن میوه	حجم میوه	چگالی میوه	طول میوه	قطر میوه
تکرار	۳	۹۹۲ns	۶۰/۶ns	۰/۲۱۶ns	۸/۱۷ns	۱۲۶ns
پایه	۲	۱۷۴ns	۴۹/۲ns	۰/۲۱۰ns	۱۶۵**	۱۵۹ns
رقم	۱	۲۲۱**	۵۲۲*	۱/۶۰**	ns۴۱/۴	۴۸۲**
پایه× رقم	۲	۲۳۴ns	۶۲/۵ns	۰/۱۵۱ns	۱۰۷**	۹۲/۲ns
خطا	۱۵	۶۴۷	۱۰۶	۰/۰۸۱	۱۴/۵	۴۶/۸
ضریب تغییرات (%)	–	۱۸/۸۰	۷/۹۴	۲۱/۲۵	۶/۰۷	۸/۹۹

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

جدول ۲. اثر ساده رقم بر صفات کمی میوه سیب

رقم	وزن میوه (g)	حجم میوه (cm^3)	چگالی میوه ($g.\ cm^{-3}$)	قطر میوه (mm)
گلدن دلیشز	۱۰۶/۱b	۸۴/۲۵b	۱/۲۷b	۶۹/۶۷b
رد دلیشز	۱۶۶/۹a	۹۳/۵۸a	۱/۷۹a	۷۸/۶۴a

حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

حجم و درشتی میوه جزو ویژگی‌های ذاتی هر رقم می‌باشد و با تعداد برگ‌هایی که میوه را تغذیه می‌کنند ارتباط نزدیک دارد. اگر مواد غذایی، خاک، نور و آب در محیط پرورش درخت در حد بهینه وجود داشته باشند، تعداد برگ‌ها تعیین‌کننده حجم میوه خواهند بود. باردهی درخت تأثیر معنی‌داری بر حجم میوه‌های تشکیل شده دارد. درختان با باردهی سنگین میوه‌های کوچک‌تری تولید می‌کنند (AL-Hinai & Roper, 2004). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر تأثیر رقم بر حجم میوه‌های موردمطالعه در سطح احتمال پنج درصد بود (جدول ۱). رقم "رددلیشز" با میانگین ۹۳/۵۸ گرم بیش‌ترین حجم و رقم "گلدن‌دلیشز" با میانگین ۸۴/۲۵ گرم کم‌ترین حجم را دارا بود (جدول ۲).

۳. ۲. طول و قطر میوه

پایه و رقم از طریق تأثیر بر طول و قطر، شکل میوه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Al-Hinai & Roper, 2004). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر پایه و برهم‌کنش پایه و رقم بر طول میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). براساس جدول مقایسه میانگین بیش‌ترین میزان طول میوه در ترکیب پیوندی "رددلیشز" روی پایه MM106 (۶۷/۰۵ میلی‌متر) و کم‌ترین طول در "گلدن‌دلیشز" روی پایه M9 (۵۳/۱۲ میلی‌متر) می‌باشد (جدول ۳). در میان پایه‌های مورد آزمایش بیش‌ترین طول میوه در پایه MM106 (۶۶/۸۱ میلی‌متر) و کم‌ترین طول میوه در پایه‌های M7 و M9 به‌ترتیب با ۵۹/۴۲ و ۵۸/۵۱ میلی‌متر مشاهده شد (جدول ۵). قطر میوه بین ارقام موردمطالعه اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۱). براساس جدول مقایسه میانگین بیش‌ترین میزان قطر میوه مربوط به رقم "رددلیشز" (۷۸/۶۴ میلی‌متر) و کم‌ترین آن مربوط به رقم "گلدن‌دلیشز" (۶۹/۶۷ میلی‌متر) می‌باشد (جدول ۲). نسبت طول به قطر میوه از مهم‌ترین ویژگی‌های ظاهری سیب است. براساس استانداردهای سیب، اگر این نسبت بیش‌تر از یک باشد میوه در گروه ایده‌آل، اگر بین ۰/۱ تا ۱ باشد خوب و اگر بین ۰/۸۵ تا ۰/۹ باشد، در گروه قابل‌قبول قرار می گیرد (Faramarzi *et al*., 2014). در این مطالعه، بیش‌ترین مقدار این نسبت در رقم "گلدن‌دلیشز" روی پایه MM106 با ۰/۸۷ و کم‌ترین مقدار آن در رقم "رددلیشز" روی پایه M7 با ۰/۷۷ به‌دست آمد. در مطالعه Faramarzi *et al*. (2014) بیش‌ترین مقدار در رقم "گلاب کرمانشاه" با ۰/۹۴ و کم‌ترین در رقم "گالا" با ۰/۸۴ به‌دست آمد.

جدول ۳. اثر متقابل پایه و رقم بر طول میوه

ترکیب پیوندی		طول میوه (mm)
گلدن دلیشز	M9	۵۳/۱۲d
رد دلیشز	M9	۶۳/۹۰ab
گلدن دلیشز	MM106	۶۶/۵۶ab
رد دلیشز	MM106	۶۷/۰۵a
گلدن دلیشز	M7	۶۱/۱۲bc
رد دلیشز	M7	۵۷/۷۳cd

حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

۳. ۳. سفتی، مواد جامد محلول و اسیدیته میوه

سفتی گوشت میوه یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های کیفی سیب محسوب می‌شود که بسته به رقم متفاوت است و میوه‌های سفت‌تر در برابر آسیب‌های مکانیکی پس از برداشت مقاومت بیش‌تری دارند و در نتیجه ارزش تجاری بالاتری دارند

(Goulao & Oliveira, 2008). مطالعات Autio *et al*. (1996) نشان داد تأثیرات پایه بر روی سفتی میوه از مکانی به مکان دیگر متغیر است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده پایه بر سفتی میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴) که با یافته‌های Fallahi (2012) مبنی بر تأثیر معنی‌دار چهار پایه مختلف بر سفتی سیب رقم "گالا" و مطالعات Milosevic *et al*. (2018) مبنی بر تأثیر سه پایه مختلف بر میزان سفتی میوه در رقم "ردچیف کامسپور" مطابقت دارد. نتایج این پژوهش نشان داد که بیش‌ترین میزان سفتی میوه مربوط به پایه M9 (۵/۶۴ کیلوگرم بر سانتی‌متر مکعب) بود و بین دو پایه MM106 با میانگین ۴/۱۳ کیلوگرم بر سانتی‌متر مکعب و پایه M7 با میانگین ۴/۰۷ کیلوگرم بر سانتی‌متر مکعب از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵).

جدول ٤. تجزیه واریانس اثر پایه (M9، M7 و MM106) و رقم ("گلدن دلیشز" و "ردلیشز") بر برخی صفات کمی و کیفی میوه سیب

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		سفتی میوه	مواد جامد محلول	اسیدیته	محتوای فنلی	فعالیت آنتی‌اکسیدانی	آنتوسیانین
تکرار	۳	۰/۳۳ns	۰/۴۰۴ns	۰/۰۵ns	۲۶۷۷ns	۴/۸۸ns	۱۲۲/۱ns
پایه	۲	۶/۳۶**	۲/۳۹ns	۰/۰۷ns	۲۳۹۸۵**	۲۲/۲*	۱۱۳/۷ns
رقم	۱	۰/۳۱ns	۱۰/۲*	۰/۰۲ns	۵۳۶۱ns	۴۸۴/۶**	۱/۳۹ns
پایه× رقم	۲	۰/۰۳ns	۳/۵۱ns	۰/۱۴ns	۲۵۷۵۳**	۱۹/۰ns	۱۵۱/۳*
خطا	۱۵	۰/۴۲	۱/۲۷	۰/۰۵	۳۵۸۷	۵/۴۵	۳۹/۵
ضریب تغییرات (%)	–	۱۲/۳۱	۶/۳۰	۳/۸۲	۱۱/۵۰	۲۰/۱۶	۳۱/۰۳

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

جدول ۵. اثر ساده پایه بر برخی صفات کمی و کیفی میوه

پایه	طول میوه (mm)	سفتی ($kg.\ cm^{-3}$)	محتوای فنلی ($mg.g^{-1}FW$)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی (%DPPHsc)
M9	۵۸/۵۱b	۵/۶۴a	۶۳۲/۴a	۲۰/۱۴a
MM106	۶۶/۸۱a	۴/۱۳b	۶۰۹/۱a	۱۸/۶ab
M7	۵۹/۴۲b	۴/۰۷b	۵۲۸/۱b	۱۶/۸۱b

حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

جدول ٦. اثر ساده رقم بر صفات کیفی میوه

رقم	مواد جامد محلول (°Brix)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی (%DPPHsc)
گلدن دلیشز	a۱۵/۵۸	b۱۴/۰۲
رد دلیشز	b۱۴/۲۷	a۲۳/۰۱

حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

مقدار مواد جامد محلول میوه طی فصل و پس از برداشت در حال تغییر می‌باشد و هرچه محتوای مواد جامد محلول میوه بیش‌تر باشد مزه سیب به‌دلیل وجود قندهای ساده شیرین‌تر می‌باشد. فروکتوز عمده ترین قند در سیب می‌باشد (Hasani *et al*., 2014). مقدار مواد جامد محلول نقش مهمی در تعیین کیفیت میوه سیب دارد (Jadczuk *et al*., 2007). براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر رقم بر مقدار مواد جامد محلول در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بیش‌ترین مقدار مواد جامد محلول در رقم "گلدن‌دلیشز" (۱۵/۵۸ درجه بریکس) و کم‌ترین در رقم "ردلیشز" (۱۴/۲۷ درجه بریکس) مشاهده شد (جدول ۵). بررسی مقدار مواد جامد محلول در هفت رقم متفاوت سیب نشان داد، اثر رقم بر مقدار مواد جامد محلول معنی‌دار بود (Faramarzi *et al*., 2014). هم‌چنین Abedi *et al*. (2019) در بین هشت رقم و ژنوتیپ متفاوت سیب تفاوت‌های معنی‌داری از نظر مقدار مواد جامد محلول گزارش کردند.

در مطالعه آن‌ها ژنوتیپ "توسرخ بکران" با ۳۳/۲۳ درجه بریکس و رقم "گلاب کرمانشاه" با ۱۱/۱۹ درجه بریکس به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار مواد جامد محلول را دارا بودند. بررسی اثر ۱۳ پایه مختلف سیب بر محتوای مواد جامد محلول رقم "ردکرافت" نشان داد پایه‌ها تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (Jadczuk *et al*., 2007). هم‌چنین نتایج Al-Hinai & Roper (2004) نشان داد محتوای مواد جامد محلول سیب "گالا" تحت تأثیر پایه‌های مختلف قرار نگرفت که با نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش در خصوص عدم تأثیر پایه مطابقت دارد.

مقدار اسیدیته بیانگر غلظت یون هیدروژن در عصاره میوه است. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده عدم تأثیر پایه و رقم بر مقدار اسیدیته میوه می‌باشد (جدول ۴). اسیدیته در بین ترکیبات پیوندی از ۴/۰۴ تا ۴/۴۳ متغیر بود. نتایج آزمایش Sotiropoulos (2006) در شمال یونان در خصوص تأثیر پنج پایه مختلف بر صفات کیفی سیب "گلدن‌دلیشز" نشان داد پایه‌ها هیچ‌گونه تأثیری بر اسیدیته میوه‌ها نداشتند که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد.

۳. ۴. میزان فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که دو اثر ساده رقم (سطح یک درصد) و پایه (سطح پنج درصد) بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه معنی‌دار بوده و این در حالی بود که از بین اثرات تیمارهای آزمایشی، اثر ساده پایه و برهم‌کنش پایه و رقم بر میزان فنل کل میوه معنی‌دار (در سطح یک درصد) بود (جدول ۴). در ترکیبات پیوندی بیش‌ترین مقدار فنل کل مربوط به رقم "رددلیشز" روی پایه M9 (۶۵۲/۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بود که با سایر ترکیبات پیوندی تفاوت معنی‌داری نشان نداد و کم‌ترین مقدار فنل کل به رقم "گلدن‌دلیشز" روی پایه M7 (۴۴۷/۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) اختصاص یافت (جدول ۷). پژوهش‌های Kviklys *et al*. (2015) نشان داد تجمع ترکیبات فنلی در سیب به ژنوتیپ پایه بستگی دارد و در بین پایه‌های مختلف سیب، بیش‌ترین تجمع فنل مربوط به پایه‌های پاکوتاه می‌باشد و یکی از دلایل بالاتربودن محتوای فنلی در پایه‌های پاکوتاه به‌دلیل این است که مسیر فنیل پروپانوئید گرایش بیش‌تری به سمت سنتز فلاونوئیدها دارد. در مقایسه بین پایه‌های موردمطالعه دو پایه M9 و MM106 با بیش‌ترین میزان فنل کل به‌ترتیب با میانگین ۶۳۲/۴ و ۶۰۹/۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر تفاوت معنی‌داری با پایه M7 با میانگین ۵۲۸/۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر داشتند (جدول ۵). بررسی میزان فنل کل در سیب رقم "آیوکسیس" روی ۱۲ پایه مختلف نشان داد میزان فنل کل به ژنوتیپ پایه بستگی دارد و بیش‌ترین میزان فنل کل در دو پایه P67 و PB.4 مشاهده شد (Kviklys *et al*., 2017). براساس جدول مقایسه میانگین بیش‌ترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در پایه‌های M9 و MM106 به‌ترتیب با مقادیر ۲۰/۱۴ درصد و ۱۸/۰۶ درصد مشاهده شد (جدول ۵). در میان ارقام موردمطالعه رقم "رددلیشز" با میانگین ۲۳/۰۱ درصد بیش‌ترین و رقم "گلدن‌دلیشز" با میانگین ۱۴/۰۲ درصد کم‌ترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را به خود اختصاص داد (جدول ۶). در مطالعه‌ای به‌منظور اثر ۱۰ رقم متفاوت سیب بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی، تفاوت‌های معنی‌داری بین ارقام مشاهده شد (Rafiei *et al*., 2012). بررسی اثر سه پایه مختلف بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی سیب رقم "ردچیف کامسپور" نشان از تأثیر معنی‌دار پایه بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی دارد و پایه M9T337 در مقایسه با پایه‌های MM106 و M4 فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیش‌تری دارا بود (Milosevic *et al*., 2018).

نتایج این پژوهش با پژوهش‌های D'Abrosca *et al*. (2007) درمورد تأثیر پایه و رقم بر مقدار فنل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی مطابقت دارد و رقم به‌عنوان یک عامل ژنتیکی نقش مهمی در تجمع مواد فنلی دارد. تفاوت‌های میان ۹۳ ژنوتیپ مختلف سیب از نظر فنل کل در نیوزیلند نشان داد ۴۶ تا ۹۷ درصد این تفاوت‌ها ناشی از تأثیر ژنتیک بود (Volz *et al*., 2011). گزارش‌های مربوط به تحقیقات قبلی نشان می‌دهد که محتوای فنل کل، آنتوسیانین و فعالیت

آنتی‌اکسیدانی در پایه‌ها و ارقام مختلف سیب تحت تأثیر فاکتورهای مختلفی از قبیل شرایط محیطی و عوامل ژنتیکی قرار می‌گیرند، بنابراین اختلاف در مقدار این ترکیبات در بین پایه‌ها و ارقام موردمطالعه را می‌توان به عوامل ژنتیکی و محیطی نسبت داد (Markowski & Plocharski, 2006; Lata, 2008).

جدول ۷. برهم‌کنش پایه و رقم بر صفات کیفی میوه

ترکیب پیوندی		محتوای فنلی ($mg.g^{-1}FW$)	آنتوسیانین ($mg.g^{-1}FW$)
گلدن دلیشز	M9	a۶۱۱/۹	ab۲۶/۷
رد دلیشز	M9	a۶۵۲/۹	a۳۵/۹
گلدن دلیشز	MM106	a۶۲۴/۲	b۲۲/۳
رد دلیشز	MM106	a۵۹۴/۱	ab۲۹/۹
گلدن دلیشز	M7	b۴۴۷/۷	b۲۲/۵
رد دلیشز	M7	a۶۰۸/۵	b۲۵/۵

حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

۳. ۵. آنتوسیانین

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنها فاکتور مؤثر بر مقدار آنتوسیانین در تیمارهای آزمایشی برهم‌کنش پایه و رقم در سطح احتمال پنج درصد بود (جدول ۴). علت رنگ قرمز سیب به‌دلیل وجود آنتوسیانین یا سیانیدین ۳- گالاکتوزید می‌باشد. پژوهش‌گران بیان کردند در شرایط پرنور به‌علت افزایش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز، تولید و تجمع سیانیدین ۳- گالاکتوزید افزایش می‌یابد و درنتیجه قرمزی رنگ پوست بیش‌تر می‌شود (Kondo *et al*., 2002). در پژوهش حاضر ارقام روی پایه M9 و "رددلیشز" روی پایه MM106 بیش‌ترین مقدار آنتوسیانین را به خود اختصاص دادند و در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۷). در مطالعه‌ای به‌منظور تأثیر سه پایه مختلف بر میزان آنتوسیانین سه رقم متفاوت نشان داده‌شده پایه M9 سبب افزایش میزان آنتوسیانین و پایه B9 سبب کاهش میزان آنتوسیانین در ارقام موردمطالعه شد (Parvaneh, 2019). بیوسنتز آنتوسیانین توسط هورمون ABA تحریک می‌شود و مشخص شده که شیره خام پایه‌های پاکوتاه دارای مقدار ABA بیش‌تری نسبت به پایه‌های پررشد می‌باشد (Kviklys *et al*., 2017). روشن است که علت تفاوت بین صفات بیوشیمیایی ارقام سیب موردمطالعه در این پژوهش، تفاوت‌های ژنتیکی میان ژنوتیپ‌های پایه و پیوندک می‌باشد (Ghorbani *et al*.,2010; Moharrami *et al*., 2011; Faramarzi *et al*., 2014).

۴. نتیجه‌گیری

بیش‌ترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، وزن، حجم، چگالی و قطر میوه در رقم "رددلیشز" گزارش شد. بیش‌ترین مقدار مواد جامد محلول در رقم "گلدن‌دلیشز" مشاهده شد از لحاظ سفتی میوه‌های روی پایه M9 در مقایسه با دو پایه دیگر از سفتی بیش‌تری برخوردار بودند. از نظر ویژگی‌های بیوشیمیایی مانند فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی دو پایه M9 و MM106 با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش مشخص شده که هر رقم و پایه درخت سیب اثر متفاوتی بر ویژگی‌های مورد اندازه‌گیری داشته که این تأثیر احتمالاً به‌دلیل ژنتیک متفاوت هر کدام و هم‌چنین تأثیرگذاری مختلف شرایط محیطی بر هر کدام باشد. لذا به‌نظر می‌رسد که باید با توجه به نیاز و اهمیت هر کدام از صفات، انتخاب مناسب پایه و رقم صورت پذیرد. با توجه به نیاز بشر به غذای سالم، استفاده از ترکیبات پیوندی با ارزش غذایی بالا و سازگار با منطقه اهمیت پیدا می‌کند و در این پژوهش ارقام روی پایه M9 و MM106 نسبت به ارقام روی پایه M7 از اهمیت بیش‌تری برخوردار بودند.

۵. تشکر و قدردانی

از آقای فهادان (مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی) به‌دلیل همکاری در تهیه نمونه‌های گیاهی موردنیاز، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع مورداستفاده

Abedi, B., Parvaneh, T., & Ardakani, E. (2019). Evaluation of physical properties of fruit, secondary metabolites, and browning index of Bekran red flesh apple genotype and some spring apple cultivars. *Journal of Horticulture Science*, *33*(4). https://doi.org/10.22067/jhorts4.v33i4.72902

Al-Hinai, Y. K., & 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*(1), 37-41. https://doi.org/10.21273/JASHS.129.1.0037

Andziak, J., & Tomala, K. (2004). Influence of rootstocks on mineral nutrition, fruit maturity and quality of 'Jonagold'apples. *Sodininkyste ir Darzininkyste*, *23*(1), 20-32.

Autio, W. R., Hayden, R. A., Micke, W. C., & Brown, G. R. (1996). Rootstock affects ripening, color, and shape of' Starkspur Supreme Delicious' apples in the 1984 NC-140 cooperative planting. *Fruit Varieties Journal (USA)*.

Autio, W. R., Schupp, J. R., Embree, C. G., & Moran, R. E. (2003). Early performance of' Cortland, Macoun, McIntosh and Pioneer Mac apple trees on various rootstocks in Maine, Massachusetts, and Nova Scotia. *Journal of the American Pomological Society*, *57*(1), 7.

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

Brown, G. R., & Wolfe, D. (1992). Rootstock affects maturity of 'Starkspur supreme Delicious' apple. *Horticultural Science*, *27*(1). 76.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, *28*(1), 25-30. https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5

Chun, I. J., Fallahi, E., Colt, W. M., Shafii, B., & Tripepi, R. R. (2002). Effects of rootstocks and microsprinkler fertigation on mineral concentrations, yield, and fruit color of 'BC-2 Fuji 'apple. *Journal of the American Pomological Society*, *56*(1), 4.

D'Abrosca, B., Pacifico, S., Cefarelli, G., Mastellone, C., & Fiorentino, A. (2007). 'Limoncella' apple, an Italian apple cultivar: Phenolic and flavonoid contents and antioxidant activity. *Food chemistry*, *104*(4), 1333-1337. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.073

Drogoudi, P. D., & Pantelidis, G. (2011). Effects of position on canopy and harvest time on fruit physico-chemical and antioxidant properties in different apple cultivars. *Scientia Horticulturae*, *129*(4), 752-760. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.05.036

Fallahi, E. (2012). Influence of rootstock and irrigation methods on water use, mineral nutrition, growth, fruit yield, and quality in 'Gala' apple. *HortTechnology*, *22*(6), 731-737. https://doi.org/10.21273/HORTTECH.22.6.731

Faramarzi, S., Yadollahi, A., Barzegar, M., Sadraei, K., Pacifico, S., & Jemric, T. (2014). Comparison of Phenolic Compounds' Content and Antioxidant Activity between Some Native Iranian Apples and Standard Cultivar 'Gala'. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *16*(7), 1601-1611. http://jast.modares.ac.ir/article-23-80-en.html

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

Ghorbani, E., & Bakhshi, D. (2012). Evaluation of content of chlorogenic acid, flavonoids and antioxidant potential of 13 native and foreign apple cultivars. *Plant Production Technology*, *3*(2), 53-62. (in Persian)

Ghorbani, E., & Bakhshi, D., Hajnajjari, H., Ghasemneghad, M., & Taghidoost, P. (2010). Phenolic compounds and antioxidant activity of some Iranian and imported apple cultivars in Karaj region. *Journal of Horticultural Sciences*, *24*(1), 83-90. (in Persian)

Goulao, L.F., & Oliveira, C. M. (2008). Cell wall modifications during fruit ripening: when a fruit is not the fruit. *Trends Food Science & Technology*, *19*(1), 4-25. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.07.002

Hasani, G., Rezaee, R., Peirasteh, Y., & Henareh, M. (2014). Evaluation of some spur-type and standard apple cultivars in the northwestern region of Iran. *International Journal of AgriScience*, *4*(6), 301-306. http://www.inacj.com/attachments/sect...

Jadczuk, E., Pietranek, A., & Sadowski, A. (2004). Influence of rootstocks on growth, yield and fruit quality of 'Redkroft' apple trees. In *VIII International Symposium on Canopy, Rootstocks and Environmental Physiology in Orchard Systems 732,* 197-202. 10.17660/ActaHortic.2007.732.26

Jensen, P. J., Makalowski, I., Altman, N., Fazio, G., Praul, C., Maximova, S. N., Crassweller, R. M., Travis, J. W., & McNellis, T. W. (2010). Rootstock-regulated gene expression patterns in apple tree scions. *Tree Genetics and Genomes, 6*, 57-72.

Kondo, S., Maeda, M., Kobayashi, S., & Honda, C. (2002). Expression of anthocyanin biosynthetic genes in *Malus sylvestris* L.'Mutsu'non-red apples. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, *77*(6), 718-723. https://doi.org/10.1080/14620316.2002.11511562

Kviklys, D., Liaudanskas, M., Janulis, V., Viškelis, P., Rubinskienė, M., Lanauskas, J., & Uselis, N. (2015). Rootstock genotype determines phenol content in apple fruits. *Plant, Soil and Environment*, *60*(5), 234-240.

Kviklys, D., Liaudanskas, M., Viškelis, J., Buskienė, L., Lanauskas, J., Uselis, N., & Janulis, V. (2017). Composition and concentration of phenolic compounds of 'Auksis' apple grown on various rootstocks. In *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences*, *71*(3), 144-149. DOI:10.1515/prolas-2017-0025

Łata, B. (2008). Apple peel antioxidant status in relation to genotype, storage type and time. *Scientia Horticulturae*, *117*(1), 45-52. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.03.011

Liaudanskas, M., Viškelis, P., Kviklys, D., Raudonis, R., & Janulis, V. (2015). A comparative study of phenolic content in apple fruits. *International Journal of Food Properties*, *18*(5), 945-953.

Mainla, L., Moor, U., Karp, K., & Pussa, T. (2011). The effect of genotype and rootstock on polyphenol composition of selected apple cultivars in Estonia. *Zemdirbyste Agriculture*, 98(1), 63-70.

Markowski, J., & Plocharski, W. (2006). Determination of phenolic compounds in apples and processed apple products. *Journal of fruit and ornamental plant research*, *14*(Suppl. 2).

Milošević, T., Milošević, N., & Mladenović, 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. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.050

Moharrami, R., Rabiei, V., Amiri, M., & Azimi, M. R. (2011). Rootstock Effects on some Charateristics of Apple cv. Delbarstival. *Seed and Plant Improvement Journal*, *27-1*(3), 323-337. (in Persian)

Parvaneh, T. (2019). *Study of the rootstock effect on the anthocyanin biosynthesis and activity of Phenylalanine ammonia lyase (PAL) enzyme in plant tissues of red flesh apple*. Ph.D.Dissertation. Ferdowsi university of Mashhad.

Rafiee, M., Naseri, L., Bakhshi, D., & Alizadeh, A. (2012). Phenolic compounds and antioxidant activity of some Iranian and commercial apple varieties in West Azarbaijan province. *Journal of Crops Improvement*, *14*(2), 44-54. 10.22059/jci.2013.29500. (In Persian)

Rabiei, V., Heydarnajad giglou, R., & Razavi, F. (2019). Study of physicochemical and antioxidant properties of some apple cultivars in Zanjan region. *Food Science and Technology*, *16*(92), 51-62. http://fsct.modares.ac.ir/article-7-21591-en.html. (In Persian).

Shaeri, M., Rabiei, V., & Taheri, M. (2014).Rootstock and Cultivar Effects on Mineral Elements Uptake Efficiency and some Quantitative and Qualitative Characteristics of Apple cvs. Golden Delicious, Fuji and Delbarestival. *Seed and Plant Production Journal*, *30-2*(4), 357-373. (In Persian)

Sotiropoulos, T. E. (2006). Performance of the apple cultivar 'Golden Delicious' grafted on five rootstocks in Northern Greece: (Anbau der Apfelsorte 'Golden Delicious' okuliert auf fünf verschiedenen Wurzelstöcken in Nord Griechenland). *Archives of Agronomy and Soil Science*, *52*(3), 347-352. https://doi.org/10.1080/03650340600612532

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. https://doi.org/10.17221/645-HORTSCI

van der Sluis, A. A., Dekker, M., de Jager, A., & Jongen, W. M. (2001). Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple: effect of cultivar, harvest year, and storage conditions. *Journal of Agricultural and food chemistry*, *49*(8), 3606-3613. https://doi.org/10.1021/jf001493u

Volz, R. K., & McGhie, T. K. (2011). Genetic variability in apple fruit polyphenol composition in Malus× domestica and Malus sieversii germplasm grown in New Zealand. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *59*(21), 11509-11521. https://doi.org/10.1021/jf202680h

Westwood, M. N., Lombard, P. B., Robbins, S., & Bjornstad, H. O. (1986). Tree size and performance of young apple trees of nine cultivars on several growth controlling rootstocks. *Horticultural Science*, 21, 1365-1367.

Wrolstad, R. E. (1976). Color and pigment analyses in fruit products. Station bulletin 624. Corvallis, OR: Agricultural Experiment Station Oregon State University.