نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال سیزدهم، شماره ۵۰، تابستان ۱۳۹۷ / صفحات: ۷۶-۶۳

ارزیابی و مقایسه خواص آنتی‌اکسیدانی برگ و صفات مورفولوژیک ارقام مختلف گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.)

زهرا جهان‌تیغ حقیقی[۱]. لیلا فهمیده[۲]. بهمن فاضلی نسب[۳]*

[۱]گروه گیاهان دارویی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

[۲]گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

[۳]گروه پژوهشی زراعت و اصلاح نباتات، پژوهشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۲٤ تاریخ پذیرش:۹۷/۵/۱۷

چکیده

گوجه‌فرنگی به علت داشتن سالیسیلات و لیکوپن دارای خاصیت ضد سرطانی بوده در نتیجه در این تحقیق سعی شد ارقام مختلف گوجه‌فرنگی بر اساس صفات فیتوشیمیایی و ریخت‌شناسی و همچنین خواص آنتی‌اکسیدانی برگی در قالب دو آزمایش جوانه‌زنی در آزمایشگاه و گلدانی در گلخانه به‌صورت کاملاً تصادفی در سه تکرار مورد ارزیابی قرار گیرند. نتایج نشان داد که ارقام مختلف گوجه‌فرنگی از لحاظ همه شاخص‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و آنتی‌اکسیدانی به‌جز صفات وزن تر و ارتفاع بوته دارای اختلاف معنی‌داری بودند. در آزمایش اول بیشترین میزان کلروفیل a (۱۸/۹۰۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)، کلروفیل b (٦/۱۱٤٥ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) و کارتنوئید (٦/٥٥٠١ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) مربوط رقم Queen2274 کشور ایران بود. در آزمایش دوم بیشترین میزان کاتالاز (۰/۰۱۹٦، ۰/۰۱۹۲ و سپس ۰/۰۱۸۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر عصاره) به ترتیب مربوط به رقم PS و فلات ۱۱۱ از آمریکا و سپس Queen2274 از ایران بوده است. بیشترین میزان گایاکول (۰/۰۲٤٤ و سپس ۰/۰۱۲۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر عصاره) به ترتیب مربوط به رقم کلوز فرانسه و رقم فلات Y ایتالیا بود. آسکوربیک پراکسیداز (۰/۰۱٤۰ و سپس ۰/۰۱۳٦ میلی‌گرم در گرم وزن تر عصاره) به ترتیب مربوط به رقم نیوتن هلند و سپس رقم کلوز فرانسه بود. پلی فنل اکسیداز (۰/۰۷۱۲ و سپس ۰/۰٦۲۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر عصاره) به ترتیب مربوط به رقم Queen2274 ایران و رقم PS آمریکا بود. بیشترین میزان فنیل آلانین (۰/۲۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر عصاره) مربوط به ارقام Queen2274 ایران و رقم PS آمریکا بود. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق پیشنهاد می‌گردد جهت به دست آوردن بهترین رقم گوجه‌فرنگی که دارای میزان بالایی از مواد آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیر آنزیمی باشد ارقام Queen2274، کلوز و PS را می‌توان به‌عنوان پایه‌های اصلاحی قرار داده و اقدام به تولید رقم برتر نمود.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، فنیل آلانین، کاتالاز، گایاکول، گوجه‌فرنگی

*نویسنده مسئول: Bfazeli@uoz.ac.ir

مقدمه

گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.) از تیره‌ی بادمجانیان (*Solanaceae*)، یک‌ساله یا چندساله، ولی اغلب به‌صورت یک‌ساله کشت می‌شود (Ghanbari and Sayyari, 2018). میوه گوجه‌فرنگی سرشار از ویتامین A، C، K و عوامل آنتی‌اکسیدانی همچون لیکوپن (ماده لیکوپن که به‌وفور در گوجه‌فرنگی و فرآورده‌های آن وجود دارد، دارای خواصی از قبیل جلوگیری از سرطان‌ها، محافظت پوست در برابر اشعه ماوراءبنفش، جلوگیری از اکسیداسیون کلسترول LDL و بسیاری از بیماری‌های گوارشی است) است (Thybo et al., 2006).

آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی مرکبات و سبزی‌ها، بازدارنده‌ی رشد بیماری‌های بالینی مهم بوده و برخی تحقیقات، رابطه بین مصرف میوه‌ها و سبزی‌ها با کاهش بیماری‌های مزمن را تائید نموده‌اند (Hayat, 2014). گرچه میوه‌ها و سبزی‌ها از نظر ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی متنوع هستند لیکن آن‌هایی که فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالا دارند معمولاً حاوی آنتی‌اکسیدان‌های بیشتری هستند (Fazeli nasab et al., 2017; Guo and Yang, 2001). از طرفی مواد آنتی‌اکسیدانی کاربردهای زیادی علاوه بر درمان و پیشگیری از بیماری‌های سرطانی و تصلب شرایین داشته مثلاً از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی طبیعی برگ زیتون جهت افزایش انبارمانی چربی‌ها و روغن‌ها، از عصاره پوست بادام‌زمینی به دلیل فعالیت آنتی‌اکسیدانی جهت نگهداری چیپس‌های سیب‌زمینی و غیره استفاده شده است (Davari et al., 2018; Rehman, 2003).

تحقیقات نشان داده منبع دریافت فنل‌ها و فلاونوئیدها در نقاط مختلف جهان به نوع رژیم غذایی مردم منطقه وابسته است. برای مثال در کشورهایی همچون ژاپن و چین مصرف چای سبز تأمین‌کننده این ترکیبات مورد نیاز بدن هست درحالی‌که این مواد در کشورهای غربی با مصرف سیب و پیاز و در کشورهای شرقی با مصرف سبزی‌ها و مواد غذایی تخمیری تأمین می‌شوند (Wach et al., 2007). در کشور ایران به‌طور جامع نوع خاص استفاده از انواع مواد حاوی آنتی‌اکسیدان وجود ندارد اما با تبلیغات مختلف کارهایی ازجمله مصرف سبزی‌ها به‌صورت خام و پخته، برگ گیاهان و درختان مختلف (به‌صورت دم‌نوش، عرقیات، اسانس، عصاره، مربا، شربت، ترشی، مواد شوینده (از جمله سدر) و حتی مصرف به‌صورت دلمه و غیره) صورت گرفته که پیرو تحقیقات مختلف باید از اندام‌های مختلف گیاهان که دارای نوع خاص مواد آنتی‌اکسیدانی بوده استفاده خاصی از آن‌ها بشود.

Mahmoodi Jaraghili و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی تنش شوری بر میزان جوانه‌زنی و بیان ژن‌های آنتی‌اکسیدان *CAT1* و *APX1* در دو رقم گیاه گوجه‌فرنگی موسوم به $CaljN_3$ و SuperstrainB به این نتیجه رسیدند که با افزایش تنش شوری، درصد و سرعت جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه و ساقه چه در هر دو رقم $CaljN_3$ و SuperstrainB کاهش پیدا کرده اما رقم $CaljN_3$ کمترین مقدار کاهش را از خود نشان داده و با افزایش سطح تنش میزان بیان ژن‌های *CAT1* و *APX1* در رقم CaljN3 به‌ترتیب حدود دو و ده برابر رقم حساس SuperstrainB بود.

Khavari-Nejad و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی برهم‌کنش متیل جاسمونات و سلنات سدیم بر میزان رشد، محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، فنل و آنتوسیانین گیاه گوجه‌فرنگی نشان دادند که غلظت کلروفیل‌های a و b در همه تیمارها کاهش اما محتوای کاروتنوئیدها در تیمار ۶۰ میکرومولار سلنات سدیم افزایش معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها داشته است. با افزودن متیل جاسمونات به محیط کشت محتوی

سلنات سدیم، محتوای فنل و آنتوسیانین گیاهان تحت تیمار در مقایسه با تیمار سلنات به‌تنهایی افزایش معنی‌داری نشان داده است.

از آنجا که گوجه‌فرنگی از مهم‌ترین محصولات زراعی دنیا است و ایران نیز بر اساس آمار سال ۲۰۱۲ فائو با تولید ٦ میلیون تن، ششمین تولید کننده برتر دنیا است (Faostat, 2012) و در سال ۲۰۱۳ به رتبه پنج صعود اما متأسفانه در سال‌های اخیر از جمله سال ۲۰۱٤ به علت خشک‌سالی‌های متعدد با کاهش یک میلیون تنی به رتبه هفتم سقود کرده است(Faostat, 2014) و از طرفی نیز با توجه به اهمیت مواد آنتی‌اکسیدانی و بالا بودن میزان این مواد در گوجه‌فرنگی در این تحقیق سعی شد ارقام مهم تجاری مورد کشت در ایران از نظر صفات مورفولوژیک، مواد فیتوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی مورد ارزیابی قرار گیرند.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی: تعداد ١٤ رقم گوجه‌فرنگی (جدول ۱) که در ایران بیشتر مورد کشت قرار می‌گیرند از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه و در آزمایشگاه گیاه‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل شناسایی رقم شدند. سپس بر اساس صفات مورفولوژیکی، میزان مواد فیتوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی در قالب دو نوع آزمایش (آزمایش اول به‌صورت پتری‌دیش (جهت بررسی وضعیت جوانه‌زنی و صفات مورفولوژیک) و آزمایش دوم به‌صورت گلدانی در گلخانه (جهت تعیین میزان مواد فیتوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی) ارزیابی شدند. هر کدام از آزمایش‌ها به‌صورت کاملاً تصادفی در سه تکرار در پژوهشکده زیست‌فناوری کشاورزی دانشگاه زابل در سال ١٣٩٦ انجام شدند.

جدول ۱: مشخصات ارقام گوجه‌فرنگی مورداستفاده

ردیف	عنوان	مشخصات ارقام	مبدأ بذر
۱	فلات y	میان رس، مقاوم به بیماری‌های فوزاریوم و ورتیسیلیوم	ایتالیا
۲	فلات chef	زود رس، نسبتاً مقاوم به نماتد مولد گره ریشه(Arbat et al., 2009)	ایتالیا
۳	us107		آمریکا
٤	B70		آمریکا
٥	فلات ۱۱۱	میان رس، مقاوم به بیماری فوزاریم و ورتیسیلوم، بسیار پر بار و سفت با میوه گرد مکعبی	آمریکا
٦	Rio Garnde	زود رس، مقاوم به بیماری فوزاریوم و ویروس موزاییک، مقاوم به گرما	هلند
۷	Roma	میوه رقم روما معمولاً کشیده و به گوجه‌فرنگی‌های آلویی و کشیده نیز معروف می‌باشند. این گوجه‌فرنگی‌ها برای کنسرو کردن (تهیه رب) یا تولید سوپ مناسب و معمولاً دارای طول ۷ تا ۹ سانتی‌متر و عرض ٤ تا ٥ سانتی‌متر می‌باشند	هلند
۸	کشیده y	گوجه با میوه کشیده، میان رس، دارای پوست ضخیم و سفت است	ایتالیا
۹	us105		آمریکا
۱۰	نیوتن	دارای رشد نامحدود، دارای بوته قوی با میان گره‌های کوتاه، بسیار پربار با توانایی تشکیل میوه در هر دو شرایط گرم و سرد، نسبتاً مقاوم به بوته میری فوزاریومی، لکه خاکستری برگ، کپک برگی، ویروس موزاییک گوجه‌فرنگی، پژمردگی ورتیسیلیومی[۲]	هلند
۱۱	Peto 86		هلند
۱۲	Queen 2274(عنبر ایرانی)		ایران
۱۳	کلوز فرانسه	در جنوب کشور مانند استان‌های هرمزگان و بوشهر قابل کشت است	فرانسه
١٤	PS	دیر رس، مقاوم به بیماری‌های قارچی	آمریکا

۲- برگرفته از http://padidesabz.com

صفات فیزیولوژیک

شاخص جوانه‌زنی: برای ارزیابی جوانه‌زنی، ۲۵ عدد بذر از هر تیمار در سه تکرار داخل پتری‌دیش‌هایی شیشه‌ای (با قطر ۹۰ میلی‌متر) روی کاغذ صافی قرار داده شد و ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به هر پتری‌دیش اضافه شد و برای جوانه‌زنی به ژرمیناتور با دمای ۲۵±۲ درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۵۰ درصد و ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی منتقل شد (Eissenstat Et al., 1999). ظهور ریشه‌چه به طول دو میلی‌متر به‌عنوان جوانه‌زدن بذر تلقی و در پایان روز هشتم بذرهای جوانه‌زده در هر تیمار شمارش شد و شاخص‌های جوانه‌زنی از قبیل تعداد جوانه‌های عادی و تعداد کل بذر جوانه‌زده، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاه‌چه (بر حسب سانتی‌متر) اندازه‌گیری شد. برای تعیین درصد جوانه‌زنی از رابطه زیر استفاده شد (Ramezani and Rezaei sokht Abandani, 2012).

(تعداد کل بذرها /تعداد بذرهای جوانه‌زده تا روز هشتم) × ۱۰۰ = درصد جوانه‌زنی

در انتها توزین گیاهچه ها به‌منظور اندازه‌گیری وزن تر با ترازوی دیجیتالی حساس با دقت ۰/۰۰۱ گرم انجام شد. برای خشک‌کردن گیاهچه‌ها از آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت استفاده شد و دوباره نمونه‌ها وزن شدند.

اندازه‌گیری کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئیدها: برای اندازه‌گیری رنگیزه‌های کلروفیلی و کارتنوئید از روش Arnon استفاده شد (Arnon, 1967). به این ترتیب که ابتدا ۰/۱ گرم برگ‌تر گیاه وزن گردید و سپس به‌تدریج با ۵ میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد سائیده شد. عمل استخراج تا حصول یک محلول بی‌رنگ ادامه یافت. پس از سانتریفیوژ ٤۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ده دقیقه، جذب نوری در طول‌موج‌های ٦٦۳ نانومتر جهت محاسبه کلروفیل a، ٦٤٦ نانومتر جهت محاسبه کلروفیل b و ٤۷۰ نانومتر جهت محاسبه کارتنوئید به‌وسیله اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. در نهایت مقدار کلروفیل برحسب میلی‌گرم در گرم بافت تر برگ از طریق رابطه زیر محاسبه شد:

کلروفیل a = $(12.25\ A_{663} - 2.79A_{646})\times D$

کلروفیل b = $(21.21A_{646} - 5.1A_{663})\times D$

کارتنوئید = $(1000A_{470} - 1.8\ chla - 85.02\ chlb)\ /198$

D = ضخامت کووت (سل) که در دستگاه جذب نوری قرار داده شدن است

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

استخراج عصاره آنزیمی: جهت عصاره‌گیری ۰/۵ گرم نمونه برگ را در ازت مایع، ابتدا کاملاً خرد می‌نماییم، سپس ۲ میلی‌لیتر بافر استخراج (برای تهیه ۵۰ میلی‌لیتر بافر استخراج، ۰/٦۰۷ گرم تریس را با ۰/۰۵ گرم PVP در ٤۰ میلی‌لیتر آب مقطر به‌خوبی حل کرده و سپس با اسیدکلریدریک pH محلول را به ۸ رسانده و بعد از آن محلول را به حجم نهایی ۵۰ میلی‌لیتر می‌رسانیم) را به آن اضافه نموده و در داخل هاون چینی کاملاً هموژنیزه می‌کنیم مخلوط حاصل را در لوله اپیندورف و به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۳۰۰۰ سانتریفیوژ نموده و پس از آن فاز بالایی جهت قرائت میزان پروتئین و فعالیت آنزیم‌ها جدا می‌گردد (Bradford, 1976).

اندازه‌گیری فعالیت گایاکول پراکسیداز (GPX): فعالیت گایاکول پراکسیداز با استفاده از گایاکول به‌عنوان سوبسترا اندازه‌گیری شد. مخلوط واکنش حاوی ۲۵ میکرو لیتر عصاره آنزیمی، ۲/۷۷ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار با اسیدیته ۷، ۱۰۰ میکرو لیتر آب‌اکسیژنه ۱٪ و ۱۰۰ میکرو لیتر گایاکول ٤٪ بود. افزایش جذب به دلیل اکسیداسیون گایاکول در طول‌موج ٤۷۰ نانومتر در مدت ۳ دقیقه اندازه‌گیری شد. هر واحد فعالیت آنزیمی به‌عنوان مقداری از آنزیم

تعریف می‌شود که باعث ۰/۰۱ تغییر در جذب می‌شود (Zhang et al., 2005).

اندازه‌گیری فعالیت آسکوربات پراکسیداز (APX): فعالیت آسکوربات پراکسیداز با استفاده از اسپکتروفتومتر و بر اساس اکسیداسیون آسکوربات اندازه‌گیری شد. مخلوط واکنش حاوی بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار، با اسیدیته ۷، آسکوربات ۰/۵ میلی‌مولار، آب‌اکسیژنه ۰/۱ مولار و ۱۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. فعالیت آنزیم APX بر اساس کاهش جذب آسکوربات در مدت ۱ دقیقه در طول موج ۲۹۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. در این روش مقدار آسکوربات اکسیدشده با مقایسه با منحنی استاندارد محاسبه گردید (Nakano and Asada, 1981).

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT): فعالیت کاتالاز با روش اسپکتروفتومتری و بر اساس کاهش جذب پر اکسید هیدروژن در مدت ۳۰ ثانیه در طول موج ۲٤۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. مخلوط واکنش حاوی بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار با اسیدیته ۷، آب‌اکسیژنه ۱۵ میلی‌مولار و ۱۰۰ میکرو لیتر عصاره آنزیمی بود. واکنش با اضافه کردن H_2O_2 آغاز شد و کاهش جذب در مدت ۳۰ ثانیه اندازه‌گیری گردید. مقدار پر اکسید هیدروژن تجزیه‌شده با مقایسه منحنی استاندارد محاسبه شد (Dhindsa et al., 1981).

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز (PPX): فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز بر اساس روش Kar و Mishra (Kar and Mishra, 1976) انجام شد. به ۲/۸ میلی‌لیتر بافر فسفات منو سدیم ۲۵ میلی‌مولار (pH برابر ۸/٦)، پیروگالل ۱۱۰ میلی‌مولار (۱۰۰ میکرو لیتر) و ۱۰۰ میکرو لیتر عصاره آنزیمی اضافه شد. فعالیت آنزیم با اضافه کردن پیروگالل به مخلوط واکنش شروع شد. محلول بلانک حاوی ۲/۹ میلی‌لیتر بافر فسفات منو سدیم ۲۵ میلی‌مولار با pH برابر ٦/۸ و ۱۰۰ میکرو لیتر عصاره آنزیمی است. فعالیت آنزیم در طول‌موج ٤۲۰ نانومتر بر اساس شدت رنگ نارنجی پیروگالین تولید شده در زمان‌های ٤۰ و ۱۰۰ ثانیه پس از افزودن پیروگالل اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL): فعالیت آنزیم PAL بر اساس مقدار تبدیل فنیل آلانین به سینامیک اسید اندازه‌گیری شد. مخلوط واکنش حاوی بافر Tric-HCl ۱۰۰ میلی‌مولار با اسیدیته ۸/۵، ۲- مرکاپتواتانول ۱ میلی‌مولار، L- فنیل آلانین ۵۰ میلی‌مولار و ۱۰۰ میکرو لیتر عصاره آنزیمی بود مخلوط واکنش به مدت ۱۵ دقیقه در ۳۰ درجه سانتی‌گراد انکوباته شد. واکنش با اضافه کردن کلریدریک اسید ٦ مولار خاتمه یافت و جذب محلول شفاف در ۲۹۰ نانومتر خوانده شد .هر واحد آنزیمی معادل مقدار آنزیمی است که باعث تبدیل یک میکرو مولار سوبسترا به سینامیک اسید در یک دقیقه می‌شود (da Cunha et al., 1987).

به‌منظور محاسبات آماری از نرم‌افزار Statistix 10 (Statistix, 2013) استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام استفاده شد.

نتایج

آزمون جوانه‌زنی و صفات موفولوژیک: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که به‌جز تعداد ساقه فرعی و وزن تر صفات درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و وزن خشک، ارتفاع بوته در سطح احتمال پنج درصد بودند (جدول ۲). آزمون تعقیبی LSD نیز نشان داد که بیشترین میزان درصد جوانه‌زنی (۱۰۰/۰۰) مربوط به ارقام فلات Y، فلات Chef، فلات ۱۱۱، نیوتن و Peto86، بیشترین میزان وزن تر (۰/۳۵۳۷ گرم) مربوط به رقم فلات Y و بیشترین میزان وزن خشک (۰/۰۱۵۲ گرم) مربوط به رقم Roma بود. همچنین

بیشترین میزان طول ساقه‌چه (۳/۲۲۶۷ سانتی‌متر) رقم نیوتن و بیشترین میزان ریشه‌چه (۹/۹۴۰۰ سانتی‌متر) رقم PS بودند. بیشترین میزان تعداد ساقه فرعی (۷/۳۳۳۳) رقم‌های Us107 و کشیده Y حاصل گردید (جدول ۳).

جدول ۲: تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک ارقام گوجه‌فرنگی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		درصد جوانه‌زنی	وزن تر	وزن خشک	طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	تعداد ساقه فرعی	ارتفاع بوته
رقم	۱۳	۴۸۱/۱۱۳**	۰/۰۱۳۰۱ns	۰/۰۰۰۰۲۰۳۸*	۰/۷۶۶۶۰**	۱۵/۵۲۶۱**	۱/۱۱۳۵۵ns	۱۳۷۹/۴۹*
خطا	۲۸	۹۸/۵۸۶	۰/۰۰۷۱۲	۰/۰۰۰۰۰۹۴۵۲	۰/۲۴۰۵۶	۱/۹۷۱۸	۱/۳۵۷۱۴	۵۸۰/۰۷
کل	۴۱							

*و** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار

جدول ۳: ارزیابی ارقام گوجه‌فرنگی بر اساس صفات مورفولوژیک

ارقام	درصد جوانه‌زنی	وزن تر	وزن خشک	طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	تعداد ساقه فرعی	ارتفاع بوته
فلات Y	۱۰۰/a	۰/۳۵۳va	۰/۰۰۹۰۰bcd	۲/۴۴۶abcd	۵/۱۴۰۰cd	۶/۰۰ab	۱۰۱/۷۶bcd
فلات Chef	۱۰۰/a	۰/۳۱۰۳abc	۰/۰۰۸۶۷cd	۲/۷۲۶۷ab	۵/۹۶۰۰cd	۶/۳۳ab	۱۱۹/۶۶abc
Us107	۶۹/۳۴d	۰/۱۳۲۲e	۰/۰۰۶۰۰d	۰/۰۰۸۷c	۱/۶۱۱۱g	۷/۳۳a	۱۳۳/۴۴abc
B70	۷۹/۶۵bcd	۰/۲۶۰۳abcde	۰/۰۱۱۸abc	۱/۶۶۶de	۳/۸۶۶۷defg	۶/۰۰ab	۱۳۳/۱۹abc
فلات ۱۱۱	۱۰۰/۰a	۰/۲۴۶۷abcde	۰/۰۱۰۷abcd	۱/۸۸۳۳abc	۵/۰۱۳۳cde	۶/۰۰ab	۱۰۳/۲۳bcd
Rio Grande	۹۳/۳۳۳ab	۰/۲۵۱۰abcde	۰/۰۱۰۳abcd	۱/۷۲۱۷cde	۵/۶۸۱۷cd	۶/۶۶ab	۱۴۰/۱۹ab
Roma	۸۶/۵۲abcC	۰/۲۱۷۵abcde	۰/۰۱۵۲a	۱/۵۶۶۷e	۲/۶۴۱۷fg	۶/۰۰ab	۹۶/۶۸۰cd
Y کشیده	۷۳/۳۳CD	۰/۱۷۵۷cde	۰/۰۰۹۶۷bcd	۱/۹۵۵bcde	۴/۶۶۶۷cdef	۷/۳۳a	۱۴۸/۱۷a
Us 105	۷۳/۰۵cd	۰/۲۰۷۷bcde	۰/۰۱۲۰abc	۱/۷۶۶cde	۲/۷۲۲efg	۵/۰۰b	۷۰/۲۴۷d
نیوتن	۱۰۰/۰a	۰/۲۷۵۰abcd	۰/۰۱۱۷abc	۳/۲۲۶a	۸/۸۴۰۰ab	۶/۰۰ab	۱۲۳/۱۴abc
Peto86	۱۰۰/۰a	۰/۲۶۹۳abcde	۰/۰۰۹۳۳bcd	۳/۳۴۱d	۶/۸۶۰۰bc	۶/۰۰ab	۱۱۶/۰۶abc
Queen2274	۶۶/۶۶d	۰/۱۶۳۷de	۰/۰۰۸۳۳cd	۲/۱۲۵bcde	۴/۸۹۱۷cdef	۵/۶۶ab	۱۲۷/۳۵abc
کلوز فرانسه	۸۶/۶۶abc	۰/۱۹۴۷cde	۰/۰۰۶۳۳d	۱/۷۰۸cde	۴/۷۰۸۳cdef	۶/۳۳ab	۱۲۷/۰۵abc
PS	۹۳/۳۳۳ab	۰/۳۴۳۷ab	۰/۰۱۴۰ab	۲/۷۶۵ab	۹/۹۴۰۰a	۶/۰۰ab	۱۴۵/۷۳a

حروف یکسان نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار است

صفات فیتوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئید، کاتالاز، گایاکول، پلی فنل اکسیداز و فنیل آلانین در سطح احتمال یک درصد و آسکوربیک پراکسیداز در

سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بودند (جدول ٤). آزمون تعقیبی LSD نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a (۱۸/۹۰۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر عصاره)، کلروفیل b (٦/۱۱٤ میلی‌گرم در گرم وزن تر عصاره) و کارتنوئید (٦/٥٥٠۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر عصاره) مربوط به رقم Queen2274 از ایران و سپس رقم کلوز فرانسه بوده است. بیشترین میزان کاتالاز (۰/۰۱۹٦، ۰/۰۱۹۲ و سپس ۰/۰۱۸۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر عصاره) به‌ترتیب مربوط به رقم PS و فلات ۱۱۱ از آمریکا و سپس Queen2274 از ایران بوده است. بیشترین میزان گایاکول (۰/۰۲٤٤ و سپس ۰/۰۱۲۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر عصاره) به‌ترتیب مربوط به رقم کلوز فرانسه و رقم فلات Y ایتالیا بود. آسکوربیک پراکسیداز (۰/۰۱٤۰ و سپس ۰/۰۱۳٦ میلی‌گرم در گرم وزن تر عصاره) به ترتیب مربوط به رقم نیوتن هلند و سپس رقم کلوز فرانسه بود. پلی فنل اکسیداز (۰/۰۷۱۲ و سپس ۰/۰٦۲۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر عصاره) به‌ترتیب مربوط به رقم Queen2274 ایران و رقم PS آمریکا بود. بیشترین میزان فنیل آلانین (۰/۲٥ میلی‌گرم در گرم وزن تر عصاره) مربوط به ارقام Queen2274 ایران و رقم PS آمریکا بود (جدول ٥).

بر اساس کشورهای تولید کننده بذر گوجه‌فرنگی؛ آزمون تعقیبی LSD نیز نشان داد بیشترین میزان کلروفیل a(۱۸/۹۰۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)، کلروفیل b (٦/۱۱٤٥ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)، کارتنوئید (٦/٥٥۰۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) مربوطه رقم گوجه‌فرنگی از کشور ایران و بیشترین میزان آنزیم کاتالاز به‌ترتیب (۰/۰۱۸٤ و ۰/۰۱۸۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) از کشور آمریکا و ایران بود. بیشترین میزان آنزیم گایاکول و آسکوربیک پراکسیداز به ترتیب با میزان (۰/۰۲۳٤ و ۰/۰۱۳٦۰ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) از کشور فرانسه و بیشترین میزان آنزیم پلی فنل اکسیداز و فنیل آلانین به‌ترتیب با میزان (۰/۰۷۱۳ و ۰/۲٥۳٤ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) از کشور ایران حاصل گردید (جدول ٦).

جدول ٤: تجزیه واریانس آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و صفات فیزیولوژیک ارقام گوجه‌فرنگی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		کلروفیل a	کلروفیل b	کارتنوئید	کاتالاز	گایاکول	آسکوربیک پراکسیداز	پلی فنل اکسیداز	فنیل آلانین
رقم	۱۳	٥٤/۰٦۷۸**	٦/۳۲٦۱۷**	٥/٥٥۸۰٦**	۰/۰۰۰٦٥۱۸**	۰/۰۰۰۱۹٥٤**	۰/۰۰٤۷٦۳*	۰/۰۰۱۳۲۱**	۰/۰۰۸۷٤٦**
خطا	۲۸	۷/٦۷۰٦	۰/۹۲۰۱۷	۰/۷۸۰٤۸	۰/۰۰۰۰٦۰۷٥	۰/۰۰۰۰۱٤۱۷	۰/۰۰۱۲٤۷	۰/۰۰۰۲٥٤۹	۰/۰۰۱٥۷۲
کل	٤۱								

*و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ٥ و ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار

تجزیه خوشه‌ای: ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات فیتوشیمیایی با استفاده از ضریب تشابه نی ولی با ترسیم دندروگرام و بر اساس روش تجزیه خوشه‌ای UPGMA با نرم‌افزار R گروه‌بندی شدند و ۱٤ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی در ۳ گروه قرار گرفتند که براساس موقعیت جغرافیایی نیز از همدیگر تفکیک نشده‌اند اما ارقام گوجه‌فرنگی ایرانی و فرانسوی در یک گروه قرار گرفته‌اند و از طرفی چون گزارش‌شده گوجه‌فرنگی از فرانسه وارد ایران شده است (Pourdavood, 1952) و در تحقیقی دیگر نیز این قضیه اثبات شده (Jahantigh-Haghighi et al., 2018). لذا نتایج تحقیق حاضر ضمن تائید بر صحت

آزمـایش مـی‌توانـد دلیلـی بـر اثبـات قضـیه واردات گوجه‌فرنگی از فرانسه به ایران باشد.

جدول ۵: ارزیابی ارقام گوجه‌فرنگی براساس صفات فیتوشیمیای

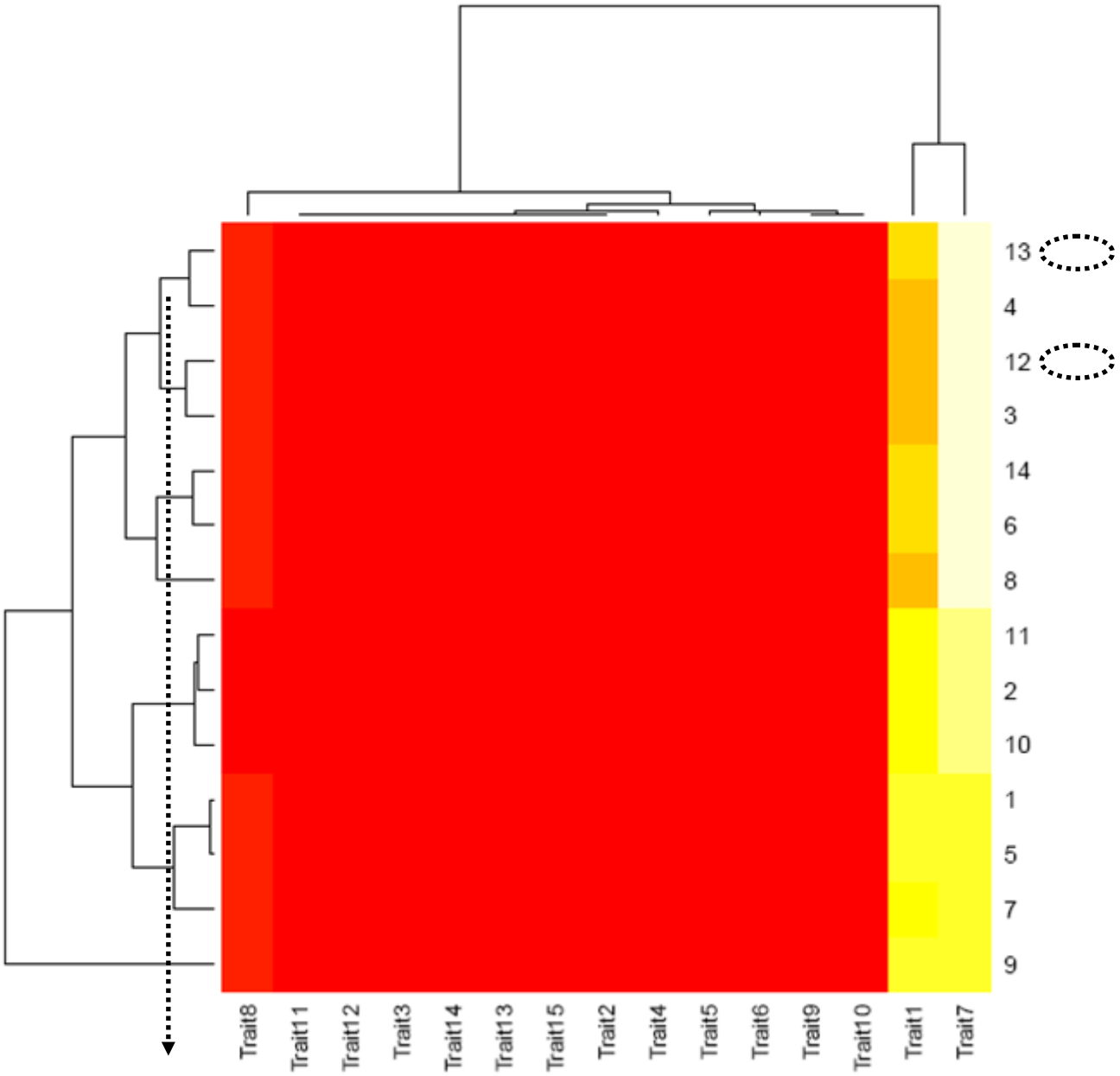
ارقام	کلروفیل a	کلروفیل b	کارتنوئید	کاتالاز	گایاکول	آسکوربیک پراکسیداز	پلی فنل اکسیداز	فنیل آلانین
فلات Y	۱۳/۷۷۵bcdef	٤/۲۷۵۳bcde	٤/۷۹۵۰bcde	۰/۰۱٤۰c	۰/۰۱۲۷ b	۰/۵۳۰def	۰/۰۵۷۱abc	۰/۱۷۰۵bc
فلات Chef	۵/۹۸۰۷g	۱/۹۲۵۵fF	۲/٤۰۹٤f	۰/۰۱٦abc	۰/۰۱۱۳bc	۰/۰۳۹۵fF	۰/۰٤۷۲bcdBCD	۰/۱۵۹۳cd
Us107	۱۲/۱۸۸cdef	۳/۸۳۸۹cde	٤/٤۱۲۹de	۰/۰۱۵۱bc	۰/۰۱۰۲bc	۰/۰٦۲۵cdef	۰/۰۲۳۷efg	۰/۱۱٦٤e
B70	۱۵/۵۹۰abc	٤/۸۵۹۲abc	۵/۵۲۷۸abc	۰/۰۱۹۰ab	۰/۰۰۸bcd	۰/۰٤۸۰ab	۰/۰۱۵۰g	۰/۱۲۳۷de
فلات 111	۱۲/۸۲۸bcdef	٤/۰۹۹۷cde	٤/۵۳۷۵cde	۰/۰۱۹۲a	۰/۰۸۹ bcd	۰/۰٤۵۰ef	۰/۰۳۵٦def	۰/۱۷۷٤bc
Rio Grande	۱۱/٦۲٦def	۳/٤۷۵۸de	٤/۰۲۹۵de	۰/۰۱۸٤ab	۰/۰۰٦bcd	۰/۰۹۰۵bcde	۰/۰۱۷٦fg	۰/۱۲٦۲de
Roma	۱٤/۷۳۷ bcd	٤/٦۹۵۷bcd	۵/۰۰۱۵bcd	۰/۰۱۸۳ab	۰/۰۰۳۱d	۰/۵۲۰def	۰/۰۲٤۱efg	۰/۱۲۷۲de
کشیده Y	۱۱/۲۲۰ef	۳/۸۲۲۳cde	٤/٦۳۲۰bcde	۰/۰۱۷abc	۰/۰۱۰ bc	۰/۱۰۵٦abc	۰/۰٤۲۷bcde	۰/۱٦۱۲cd
Us 105	۱۱/٦۹٤def	۳/۵۸۸٦cde	٤/۷۲۰۹bcde	۰/۰۱۹۱ab	۰/۰۱۲۳ bc	۰/۰۸۷۵cdef	۰/۰٤۲۳cde	۰/۱٦۰۱cd
نیوتن	۱۰/٤۱۳f	۳/۲۵۸٤e	۳/۷۵۰۳e	۰/۰۱۷abc	۰/۰۷۱ bcd	۰/۱٤۰۰a	۰/۰۳۸۷ cde	۰/۱۵٤۱cde
Peto86	۱۰/٤۱۳f	۳/۲٦۷۸e	۳/۸۷۷۰e	۰/۰۱۷abc	۰/۰۰۵cd	۰/۰۸۷۵cdef	۰/۰۳۷۰cdef	۰/۱۵٤۰cde
Queen2274	۱۸/۹۰۹a	٦/۱۱٤۵a	٦/۵۵۰۱a	۰/۰۱۸۱ab	۰/۰۰۸bcd	۰/۰۹۸۰abcd	۰/۰۷۱۳a	۰/۲۵۳٤a
کلوز فرانسه	۱٦/۰۹۸ab	۵/٤۵۵۱ab	۵/٦۲٦۳ab	۰/۰۰۸۷d	۰/۰۲۳٤a	۰/۱۳٦۰ab	۰/۰۳۷۲cdef	۰/۲۰۳٤b
PS	۱٤/۱۸bcde	٤/۷۷٦۲bc	۵/۵۰۱۳abc	۰/۰۱۹٦a	۰/۰۱۰٤bc	۰/۰٦٤۵cdef	۰/۰٦۲۸ab	۰/۲۵۸۸a

حروف مشترک یکسان نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌داری است.

جدول ٦: ارزیابی ارقام گوجه‌فرنگی بر اساس آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و صفات فیزیولوژیک

کشور	کلروفیل a	کلروفیل b	کارتنوئید	کاتالاز	گایاکول	آسکوربیک پراکسیداز	پلی فنل اکسیداز	فنیل آلانین
ایران	۱۸/۹۰۹a	٦/۱۱٤۵a	٦/۵۵۰۱a	۰/۰۱۸۱ab	۰/۰۰۸۹۳bc	۰/۰۹۸۰b	۰/۰۷۱۳a	۰/۲۵۳٤a
فرانسه	۱٦/۰۹۸ab	۵/٤۵۵۱ab	۵/٦۲٦۳ab	۰/۰۰۸۷۳c	۰/۰۲۳٤a	۰/۰۱۳٦۰a	۰/۰۳۷۲bc	۰/۲۰۳٤ab
هلند	۱۱/۷۹۹cd	۳/٦۷٤٤cd	٤/۱٦٤٦c	۰/۰۱۷۸ab	۰/۰۰۵٦۷c	۰/۰۹۲۵b	۰/۰۲۹٤cC	۰/۱٤۰٤c
ایتالیا	۱۰/۳۲۵d	۳/۳٤۱۰d	۳/۹٤۵۵c	۰/۰۱۵۷bB	۰/۰۱۱۳b	۰/۰٦٦۳c	۰/۰٤۹۰b	۰/۱٦۳٦bc
آمریکا	۱۳/۳۲٤bc	٤/۲۳۲۵bc	٤/۹٤۰۱B	۰/۰۱۸٤A	۰/۰۰۰۹۹٦	۰/۰٦۱۵c	۰/۰۳۵۹bc	۰/۱٦۷۳bc

حروف مشترک یکسان نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌داری است



شکل ۱: تجزیه خوشه‌ای ارقام و صفات مورداستفاده در این تحقیق بر اساس ماتریس نی و لی و روش UPGMA

بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که از نظر صفات فیتوشیمیایی گوجه‌فرنگی رقم ایرانی و سپس رقم فرانسه بالاترین میزان مواد آنتی‌اکسیدان را دارا بودند. از نظر صفات مورفولوژیک بیشترین میزان درصد جوانه‌زنی، ارقام فلات Y، فلات Chef، فلات ۱۱۱، نیوتن و Peto86 بودند و بیشترین میزان وزن تر رقم فلات Y و بیشترین میزان وزن خشک رقم Roma بودند. همچنین بیشترین میزان طول ساقه‌چه و ریشه‌چه به‌ترتیب ارقام نیوتن و PS بودند، بیشترین میزان تعداد ساقه فرعی رقم‌های Us107 و کشیده Y و بیشترین میزان ارتفاع بوته مربوط به رقم کشیده Y بود.

در گیاهان عالی تولید زیاد گونه‌های فعال اکسیژن، صفتی ذاتی است که در شرایط تنش ایجاد می‌شود. مکانیسم پاسخگویی به تنش به‌وسیله آنزیم‌های

آنتی‌اکسیدان تکمیل می‌گردد. گیاهان تراریخت که تولید بیشتر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (سوپراکسیددیسموتاز و گلوتاتیونردوکتاز) را دارند، تحمل به شرایط تنش بهتری دارند (Karimi Alavijeh et al., 2015). از طرفی سلول‌های گیاهی جهت مقابله با اثرات مخرب انواع اکسیژن فعال از یکسری مکانیسم‌های دفاعی برخوردارند که آن‌ها را قادر می‌سازد تا با جمع‌آوری کامل انواع اکسیژن فعال و احیاء آن‌ها به آب از آسیب به بیومولکول‌های حیاتی پیشگیری نماید. مکانیسم‌های دفاعی سلول از آنتی‌اکسیدان‌ها (نظیر آسکوربات، گلوتاتیون، توکوفرول، کارتنوئیدها) و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (نظیر سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز، گلوتاتیون پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز) تشکیل شده است (Esfandiari et al., 2008).

تجمع متابولیت‌ها و تغییر در فعالیت آنزیم‌ها از جمله کاتالاز و پراکسیداز ممکن است مربوط به پتانسیل گیاه برای مقابله با اثرات مضر تنش‌های محیطی در فرایندهای مختلف فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی باشد(Apostolova et al., 2006). گزارش شده که آنزیم‌هایی مانند سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، گلوتاتیون ردوکتاز و آنتی‌اکسیدان‌هایی از جمله آسکوربیک اسید، گلوتاتیون و نوکلئوتیدهای پیریدین به همراه ترکیبات فنولی و کارتنوئیدی و توکوفرول‌ها برای از بین بردن خاصیت سمی گونه‌های اکسیژن فعال ضروری هستند (Karimi Alavijeh et al., 2015; Prasad, 1996).

کاتالاز اولین آنزیم آنتی‌اکسیدان کشف و شناسایی شده است (Mhamdi et al., 2010) کاتالاز بالاترین و سریع‌ترین پتانسیل جهت از بین بردن پراکسید هیدروژن را در بین آنزیم‌ها دارا است ضمناً میزان پایه فعالیت آنزیم کاتالاز در گونه‌های گیاهی متفاوت است (Lukatkin, 2002). در تحقیق حاضر ارقام PS، فلات ۱۱۱ از امریکا و Queen2274 از ایران دارای بیشترین میزان کاتالاز بودند.

گایاکول پراکسیداز تعداد زیادی از ترکیبات آلی مانند فنل‌ها، آمین‌های معطر و هیدروکینون‌ها را اکسید می‌کند، اما معمول‌ترین سوبسترای مورد استفاده این آنزیم گایاکول یا پایروگالول است. این پروتئین دارای آهن، اسید ایندول استیک را تجزیه می‌کند، در سنتز لیگنین نقش دارد و در مقابله با استرس‌های محیطی به‌عنوان مصرف‌کننده پر اکسید هیدروژن عمل می‌کند. این آنزیم در سیتوپلاسم و آپوپلاست یافت می‌شود. فعالیت این آنزیم به گونه گیاه و شرایط استرس بستگی دارد (Foyer et al., 1994). در تحقیق حاضر بیشترین میزان گایاکول مربوط به ارقام کلوز فرانسه و فلات Y بوده است

اسید آسکوربیک یک مولکول کوچک فراوان در گیاهان و یک ماده کلیدی در شبکه آنتی‌اکسیدانی شامل آسکوربات، گلوتاتیون، آلفا-توکوفرول و یکسری از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان است (Ghorbanli et al., 2012) و در فیزیولوژی تنش و همچنین رشد و نمو گیاهان نقش‌های مهمی داشته و در پالایش گونه‌های فعال اکسیژن به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان کلیدی عمل می‌کند (Conklin, 2001). همچنین نشان داده شده است که اسید آسکوربیک نقش‌های متعددی در رشد گیاه ازجمله تقسیم سلولی، گسترش دیواره سلولی و سایر پدیده‌های رشدی دارد (Pignocchi and Foyer, 2003). گزارش‌های متعددی مبنی بر اثرهای مثبت اسید آسکوربیک بر جنبه‌های مختلف فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان مختلف ذکر شده است به‌طوری‌که باعث افزایش پارامترهای رشد نخود (Beltagi, 2008)، افزایش محتوی کلروفیل و کارتنوئید در آرابیدوپسیس (Huang et al., 2005) و افزایش میزان پرولین (Sheteawi, 2007) بر روی سویا را سبب می‌شود. افزایش میزان پرولین

نشان‌دهنده آن است که این گیاهان در مقایسه با گیاهانی که تحت تنش شوری قرار دارند، بردباری بیشتری در برابر شوری از خود نشان می‌دهند. در تحقیق حاضر نیوتن بیشترین میزان آسکوربیک پراکسیداز را داشتند.

فنیل پروپانوییدها از سینامیک اسید مشتق می‌شوند که این ترکیب با عمل آمین زدایی توسط آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL) روی L- فنیل آلانین حاصل می‌شود و این اولین مرحله در تولید فنیل پروپانوئیدها است (Achnine et al., 2004) این مسیر اصلی بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه در سلول است که سبب تولید متابولیت‌هایی نظیر کومارین‌ها، اسانس‌ها، فلاونوئیدها، لیگنین، تانن و سایر ترکیبات فنلی می‌شود (Taiz and Zeiger, 2006). این آنزیم یک آنزیم حد واسط بین متابولیسم اولیه و ثانویه (فنیل پروپانوئید) است (Adams, 2001) که برای اولین بار در سال ۱۹۶۱ (Koukol and Conn, 1961) شرح داده شد و به‌طور وسیعی در گیاهان موردمطالعه قرار گرفت. متابولیت‌هایی که درنتیجه فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL) به وجود می‌آیند به‌عنوان مشتقات فنلی طبقه‌بندی می‌شوند (Naderi et al., 2014). در تحقیق حاضر ارقام Queen2274 از ایران و PS از آمریکا بیشترین میزان فنیل آلانین داشتند.

از آنجایی‌که فنل آلانین نقش اساسی در تشکیل ترکیبات فنیل پروپانوئیدی دارد که سرشاخه مهم‌ترین ترکیبات آنتی‌اکسیدانی غیر آنزیمی (ترکیبات فنلی) است (Vogt, 2010) و همچنین کاتالاز به‌عنوان مهم‌ترین مواد آنتی‌اکسیدانی آنزیمی دارای بالاترین و سریع‌ترین پتانسیل جهت از بین بردن پر اکسید هیدروژن در بین سایر آنزیم‌ها نیز شناخته‌شده است (Lukatkin, 2002). بنابراین با توجه اینکه در تحقیق حاضر ارقام Queen2274 از ایران و PS از آمریکا دارای بیشترین میزان کاتالاز و فنیل آلانین بودند و همچنین رقم کلوز فرانسه نیز بعد از رقم Queen2274 ایران بیشترین میزان مواد آنتی‌اکسیدانی را داشته است لذا پیشنهاد می‌گردد جهت به دست آوردن بهترین رقم که هم دارای میزان بالایی از مواد آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیر آنزیمی باشد ارقام Queen2274، کلوز و PS را به‌عنوان پایه‌های اصلاح قرار داده و اقدام به تولید رقم برتر نمود.

نتیجه‌گیری نهایی

در کل مشخص شد که در بین ارقام مورد بررسی در این تحقیق رقم ایرانی بیشترین میزان مواد فیتوشیمیایی را به خود اختصاص داده است. ضمناً با توجه به اینکه گزارش شده گوجه‌فرنگی از فرانسه وارد ایران شده و از طرفی قرار گرفتن ارقام گوجه‌فرنگی ایران و فرانسه در کنار هم در تجزیه خوشه‌ای انجام شده، لذا تحقیق حاضر می‌تواند دلیلی بر اثبات این قضیه باشد. در کل پیشنهاد می‌گردد جهت به دست آوردن رقم برتر که دارای میزان بالایی از مواد آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیر آنزیمی باشد رقم Queen2274 ایرانی را می‌توان به‌عنوان یکی از پایه‌های اصلاحی پدری یا مادری قرار داده و با ارقام کلوز (فرانسوی) و PS (آمریکایی) که هم از لحاظ میزان مواد آنتی‌اکسیدانی در رقابت با رقم ایرانی بودند و هم کشورهای فرانسه و امریکا از لحاظ تولید در سطح بالاتری از ایران هستند تلاقی داده شود تا ضمن حفظ و افزایش میزان تولید در واحد سطح، از میزان مواد آنتی اکسیدانی آن کم نشود.

References

Achnine, L., Blancaflor, E.B., Rasmussen, S. and Dixon, R.A. (2004). Colocalization of L-phenylalanine ammonia-lyase and cinnamate 4-hydroxylase for metabolic channeling in phenylpropanoid biosynthesis. The Plant Cell. 16(11): 3098-3109.

Adams, R. P. (2001). Identification of essential oils by gas chromatography quadrupole mass spectroscopy. Allured: Carol Stream, IL. 804 pages.

Apostolova, P., Yaneva, I., Apostolova, P. and Yaneva, I. (2006). Antioxidative defence in winter wheat plants during early cold acclimation. Plant Physiology. 101-108.

Arbat, A.K., Taheri, A.H., Pahlevani, M.H. and Niknam, G.R. (2009). Evaluation of Tomato Cultivars Resistance to Root-Knot Nematode (*Meloidogyne javanica* chitwood, 1949). Journal of Plant Production. 16(1): 45-55.

Arnon, A. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal. 23: 112-121.

Beltagi, M.S. (2008). Exogenous ascorbic acid (vitamin C) induced anabolic changes for salt tolerance in chick pea (Cicer arietinum L.) plants. African Journal of Plant Science. 2(10): 118-123.

Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry. 72(1-2): 248-254.

Conklin, P. (2001). Recent advances in the role and biosynthesis of ascorbic acid in plants. Plant, Cell & Environment. 24(4): 383-394.

da Cunha, M.F., Meistrich, M.L. and Nader, S. (1987). Absence of testicular protection by a gonadotropin-releasing hormone analogue against cyclophosphamide-induced testicular cytotoxicity in the mouse. Cancer Research. 47(4): 1093-1097.

Davari, A., Solouki, M. and Fazeli-Nasab, B. (2018). Effects of jasmonic acid and titanium dioxide nanoparticles on process of changes of phytochemical and antioxidant in genotypes of *Satureja hortensis* L. Eco-Phytochemical Journal of Medicinal Plants. 5(4): 1-20.

Dhindsa, R.S., Plumb-Dhindsa, P. and Thorpe, T.A. (1981). Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. Journal of Experimental Botany. 32(1): 93-101.

Eissenstat, D., Whaley, E., Volder, A. and Wells, C. (1999). Recovery of citrus surface roots following prolonged exposure to dry soil. Journal of Experimental Botany. 50(341): 1845-1854.

Esfandiari, E., Mahboob, S.A. and Shekari, F. (2008). Destructive effect of active oxygen species, plant defense mechanisms and it's necessary, Iran, Karaj. Pp: 1-22.

Faostat, F. (2012). Disponível em:< http://faostat. fao. org>. Acesso em. 14.

Faostat, F. (2014). FAO Statistics Series (No; 205).

Fazeli nasab, B., Sirousmehr, A., Mirzaei, N. and Solimani, M. (2017). Evaluation of total phenolic, flavenoeid content and antioxidant activity of Leaf and Fruit in 14 different genotypes of *Ziziphus mauritiana* L. in south of Iran. Eco-Phytochemical Journal of Medicinal Plants. 4(4): 1-14.

Foyer, C.H., Lelandais, M. and Kunert, K.J. (1994). Photooxidative stress in plants. Physiologia Plantarum. 92(4): 696-717.

Ghanbari, F. and Sayyari, M. (2018). Controlled drought stress affects the chilling-hardening capacity of tomato seedlings as indicated by changes in phenol metabolisms, antioxidant enzymes activity, osmolytes concentration and abscisic acid accumulation. Scientia Horticulturae. 229: 167-174.

Ghorbanli, M., Ahmadi, F., Monfared, A. and Bakhshi Khaniki, G. (2012). Effect of salt stress and its interaction with ascorbate on catalase, ascorbate peroxidase activity, proline and malondialdehyde in Cuminum cyminum L.four weeks after germination. Scientific

Journal Management System. 28(1): 14-27. doi: 10.22092/ijmapr.2012.3063

Guo, C. and Yang, J. (2001). Progress in the study of antioxidant capacity of fruits and vegetables. China Public Health. 17: 87-88.

Hayat, K. (2014). Citrus: Molecular Phylogeny, Antioxidant Properties and Medicinal Uses. Nova Science Publishers. 220 Pages.

Huang, C., He, W., Guo, J., Chang, X., Su, P. and Zhang, L. (2005). Increased sensitivity to salt stress in an ascorbate-deficient Arabidopsis mutant. Journal of Experimental Botany. 56(422): 3041-3049.

Jahantigh-Haghighi, Z., Fahmideh, L. and Fazeli-Nasab, B. (2018). Genetic diversity in plant medicinal of Tomato Genotypes using RAPD and ISSR markers. Journal of Crop Breeding. In Press.

Kar, M. and Mishra, D. (1976). Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. Plant Physiology. 57(2): 315-319.

Karimi Alavijeh, M., Ebadi, A., Mousavi, S. and Salami, S. (2015). Investigation of Catalase, Proxidase and Total Protein Level in Some Cold Treated Grapevine Cultivars Cold Stress Response. Journal Of Horticulture Science. 29(1): 103-110.

Khavari-Nejad, R.A., Najafi, F. and Rahimi, E. (2015). Interaction of methyl jasmonate and sodium selenate on certain physiological parameters in Lycopersicon esculentum Mill. Journal of Plant Process and Function. 3(10): 47-58.

Koukol, J. and Conn, E.E. (1961). The metabolism of aromatic compounds in higher plants IV. Purification and properties of the phenylalanine deaminase of Hordeum vulgare. Journal of Biological Chemistry. 236(10): 2692-2698.

Lukatkin, A. (2002). Contribution of oxidative stress to the development of cold-induced damage to leaves of chilling-sensitive plants: 2. The activity of antioxidant enzymes during plant chilling. Russian Journal of Plant Physiology. 49(6): 782-788.

Mahmoodi Jaraghili, P., Mohajjel shoja, H. and Mohajjel kazemi, E. (2016). Evaluation of the effect of salinity on the germination and expression of antioxidant genes in two cultivars of tomato plant. Genetic Engineering and Biosafety Journal. 5(1): 51-59.

Mhamdi, A., Queval, G., Chaouch, S., Vanderauwera, S., Van Breusegem, F. and Noctor, G. (2010). Catalase function in plants: a focus on Arabidopsis mutants as stress-mimic models. Journal of Experimental Botany. 61(15): 4197-4220.

Naderi, S., Fakheri, B.A., Eemaeilzadeh Bahabadi, S. and Kamaladini, H. (2014). Increasing of phenyl alanine ammonia lyase (PAL) gene expression and phenylpropanoid compounds of basil (*Ocimum basilicum*) by chitosan. Crop Biotechnology. 4(6): 1-9.

Nakano, Y. and Asada, K. (1981). Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. Plant and Cell Physiology. 22(5): 867-880.

Pignocchi, C. and Foyer, C.H. (2003). Apoplastic ascorbate metabolism and its role in the regulation of cell signalling. Current Opinion in Plant Biology. 6(4): 379-389.

Pourdavood, A. (1952). Hormozdnameh. Council of french iranology in Iran press. 179-181.

Prasad, T.K. (1996). Mechanisms of chilling- induced oxidative stress injury and tolerance in developing maize seedlings: changes in antioxidant system, oxidation of proteins and lipids, and protease activities. The Plant Journal. 10(6): 1017-1026.

Ramezani, M. and Rezaei sokht Abandani, R. (2012). The effect of priming and its period on germination and seedling growth of forage sorghum (speedfeed). New Finding in Agriculture. 6(2): 127-137.

Rehman, Z.-U. (2003). Evaluation of antioxidant activity of methanolic extract from peanut hulls in fried potato chips. Plant Foods for Human Nutrition. 58(1): 75-83.

Sheteawi, S. (2007). Improving growth and yield of salt-stressed soybean by exogenous application of jasmonic acid and ascobin. International Journal of

Agriculture and Biology (Pakistan). 9(3): 473–478.

Statistix, R. (2013). Statistix 10 Analytical Software. Tallahassee, FL USA.

Taiz, L. and Zeiger, E. (2006). Fisiologia vegetal, Universitat Jaume I, Porto Alegre. 127-145 Page

Thybo, A.K., Christiansen, J., Kaack, K. and Petersen, M.A. (2006). Effect of cultivars, wound healing and storage on sensory quality and chemical components in pre-peeled potatoes. LWT-Food Science and Technology. 39(2): 166-176.

Vogt, T. (2010). Phenylpropanoid biosynthesis. Molecular plant. 3(1): 2-20.

Wach, A., Pyrzyńska, K. and Biesaga, M. (2007). Quercetin content in some food and herbal samples. Food Chemistry. 100(2): 699-704.

Zhang, Z., Pang, X., Xuewu, D., Ji, Z. and Jiang, Y. (2005). Role of peroxidase in anthocyanin degradation in litchi fruit pericarp. Food Chemistry. 90(1): 47-52.