Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 49, No 3, Autumn 2018 (813-825)
DOI: 10.22059/ijhs.2018.256940.1445

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۹، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۷ (ص ۸۲۵-۸۱۳)

اثر محلول‌پاشی قبل از برداشت فولویک اسید بر برخی ویژگی‌های کیفی و پاداکسندگی انگور رقم فخری (*Vitis vinifera* cv Fakhri)

محسن مظفری[۱]، ولی ربیعی[۲*]، فرهنگ رضوی[۳]، عزیزاله خیری[۳] و اکبر حسنی[۳]
۱، ۲ و ۳. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۱۷ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۶/۱۰)

چکیده

استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی، مشکلات زیست‌محیطی زیادی ایجاد کرده است؛ بنابراین به‌کارگیری ترکیبات ارگانیک و هیومیکی، مخصوصا فولویک اسید، در تولید محصولات باغی مورد توجه قرار گرفته است. این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر فولویک اسید بر صفات کیفی و پاداکسندگی انگور رقم فخری سفید در چهار سطح صفر، ۲/۵، ۵ و ۱۰ گرم در لیتر به‌صورت محلول‌پاشی برگی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تاک‌ها به‌صورت خزنده سنتی پرورش یافته بودند. محلول‌پاشی تاک‌ها در سه مرحله ۱- تشکیل میوه ۲- ساچمه‌ای‌شدن حبه‌ها ۳- زمان تغییر رنگ حبه‌ها انجام شد. پس از برداشت (با درجه بریکس ۲۰)، ویژگی‌های کیفی و پاداکسندگی میوه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج آزمایش نشان داد که تیمار ۲/۵ گرم در لیتر فولویک اسید به‌طور معنی‌داری مواد جامد محلول، ویتامین ث، قندهای محلول، فنل کل، ظرفیت پاداکسندگی میوه‌ها، میزان کلروفیل و پتاسیم برگ را افزایش داد و تیمار ۱۰ گرم در لیتر فولویک اسید، فقط باعث افزایش اسید قابل تیتراسیون میوه‌ها شد. با افزایش غلظت فولویک اسید، اثر آن بر صفات ارزیابی‌شده کاهش یافت؛ به‌طوری‌که تیمار ۱۰ گرم در لیتر، اثر معنی‌داری در بهبود کیفیت و ویژگی‌های پاداکسندگی میوه نداشت. همچنین تیمار فولویک اسید بر فلاونوئید کل میوه، کارتنوئید، فسفر و نیتروژن برگ مؤثر نبود. به‌عنوان نتیجه نهائی، تیمار فولویک اسید اثر مهمی بر بهبود خواص کیفی و پاداکسندگی انگور رقم فخری سفید داشت و غلظت ۲/۵ گرم در لیتر بر صفات تأثیر بیشتری داشت.

واژه‌های کلیدی: اسید قابل تیتراسیون، پتاسیم، صفات بیوشیمایی، فنل کل.

Impacts of preharvest sprays of fulvic acid on some quality and antioxidant properties of grapes the Fakhry Cultivar (*Vitis vinifera* cv Fakhri)

Mohsen Mozaffari[1], Vali Rabiei[2*], Farhang Razavi [3], Azizollah Kheiry[3] and Akbar Hassani[3]
1, 2, 3. Former M. Sc. Student, Associate Professor and Assistant Professor, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
(Received: May 7, 2018 - Accepted: Sep. 1, 2018)

ABSTRACT

The excessive use of chemical fertilizers has caused a lot of environmental problems, so the use of organic and humic compounds, especially fulvic acid, has been considered in the production of horticultural crops. This research was carried out to evaluate the effect of foliar application of fulvic acid on quality and antioxidant properties of grapevine cv. Fakhri at four levels (0, 2.5, 5 and 10 g/l) using a randomized complete block design with three replications. Grapes were cultivated in a traditional traning system. The vines were sprayed at three stages: 1- Berry formation, 2- Lag phase, 3- Veraison. After harvesting, (Brix 20) qualitative and antioxidant properties of fruits were evaluated. Results of the experiment showed that 2.5 g/l of fulvic acid significantly increased soluble solids, vitamin C, soluble sugars, total phenol, antioxidant capacity of fruits, chlorophyll and leaf potassium content while 10 g/l of fulvic acid increased only titratable acidity of fruits. With increasing fulvic acid concentration evaluated traits decreased, so that 10 g/l fulvic acid did not show significant effect on improving qualitative and antioxidant properties of fruits. Application of fulvic acid did not show significant effect on fruit flavonoid, carotenoid, phosphorus, and nitrogen contents of leaves. As final result, fulvic acid treatment had an important effect on improving the qualitative and antioxidant properties of Fakhri cultivar and 2.5 g/l had the highest effect which is recommended to be considered as a best concentration.

Keywords: Biochemical traits, potassium, titratable acidity, total phenol.

* Corresponding author E-mail: rabiei@znu.ac.ir

مقدمه

انگور با نام علمی *Vitis vinifera* L.، گیاهی از تیره Vitaceae می‌باشد. در این خانواده حدود ۱۰ جنس و بیش از ۶۰۰ گونه وجود دارد. مهم‌ترین جنس این خانواده از لحاظ اقتصادی و غذایی جنس *Vitis* می‌باشد (Jalili Marandi, 2007). کل تولید انگور در جهان در سال 2016 حدود ۷۷/۴ میلیون تن گزارش شده است و ایران با حدود ۲/۴۵ میلیون تن، رتبه نهم جهان را به خود اختصاص داده است (FAO, 2016). انگور به‌دلیل وجود فنل‌ها، فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها، تانن‌ها و ویتامین‌ها جزء میوه‌هایی با بالاترین خواص پاداکسندگی محسوب می‌شود (Ferreira *et al*., 2014). همچنین حضور اسیدهای آلی، قندها و ترکیبات معطر در گوشت میوه و روغن بذر آن موجب شده تا این گیاه اهمیت بالایی از نظر دارویی داشته باشد (Janick & James, 1996). انگور و فرآورده‌های آن اثرات سودمند بر بیماری‌های قلبی، گرفتگی عروق و برخی ناهنجاری‌های متابولیکی دارند و می‌توانند به‌دلیل اثرات پاداکسندگی از بروز سرطان جلوگیری نمایند (Vermerris & Nicholson, 2004). انگور فخری سفید از ارقام دانه‌دار به‌شمار می‌آید، محصول آن زودرس بوده، برای تازه‌خوری و تهیه مویز (کشمش دانه‌دار) مورد استفاده قرار می‌گیرد. این رقم دارای خوشه‌هایی با اندازه متوسط و تراکم بالای حبه در خوشه، اندازه حبه‌ها بزرگ به شکل بیضی کشیده و رنگ پوست، سبز روشن مایل به زرد می‌باشد (Jalili Marandi, 2007). مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی جهت افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، اثرات و پیامدهای زیست‌محیطی نامطلوبی نظیر آلودگی آب و خاک و همچنین بروز مشکلاتی در خصوص وضعیت سلامت انسان‌ها و دیگر موجودات زنده را به‌همراه داشته است (Savci, 2012). به‌همین دلیل اخیرا استفاده از انواع ترکیبات آلی برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج فراوان یافته است (Tahir *et al*., 2011) و کشاورزی ارگانیک نیز به یکی از بخش‌های مهم کشاورزی تبدیل شده است (Connell *et al*., 2012)؛ مصرف غذاهای ارگانیک در طی ده سال گذشته به‌طور گسترده در سراسر جهان افزایش چشمگیری داشته است (Rana & Paul, 2017). تغذیه برگی روشی است که جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و خطرات زیست‌محیطی آن‌ها، با توجه به سیاست کاهش مصرف کودهای شیمیایی در دنیا، مطرح شده است (Tabatabaei, 2013). گیاهان قابلیت جذب عناصر غذایی را از طریق برگ‌ها و اندام‌های هوایی دارند و درصد موفقیت جذب عناصر از طریق برگی در حدود ۹۵ و در روش جذب از طریق ریشه، بسته به شرایط شیمیایی و فیزیکی خاک، بسیار متغیر و در حدود ۱۰ درصد است (Desouky *et al*., 2009). ترکیبات آلی هوموسی، دارای دو نوع ترکیب آلی مهم به‌نام‌های هیومیک اسید و فولویک اسید می‌باشند (Samavat & Malakuti, 2005). ترکیبات هیومیکی از لحاظ اندازه ملکولی و ساختار شیمیایی متفاوت هستند (Sebahattin & Necdet, 2005). هیومیک اسید دارای درصد کربن بیش‌تری نسبت به فولویک اسید می‌باشد؛ درحالی‌که فولویک اسید میزان گروه‌های کربوکسیل و اکسیژن بیش‌تری نسبت به هیومیک اسید دارد (Samavat & Malakuti, 2005). فعالیت بیولوژیکی مواد هیومیکی به جرم ملکولی آن‌ها بستگی دارد و با کاهش جرم ملکولی، تأثیرگذاری آن‌ها افزایش می‌یابد (Muscolo *et al*., 2013). فولویک اسید از ترکیبات هیومیکی با جرم ملکولی پایین است که در حلال‌های اسیدی و بازی حل می‌شود؛ درحالی‌که هیومیک اسید فقط در حلال‌های بازی حل می‌شود؛ این یکی دیگر از تفاوت‌های فولویک اسید است که آن را از هیومیک اسید متمایز می‌کند. فولویک اسید تامپون طبیعی و کلات‌کننده مناسب با قدرت تبادل یونی بالاست که قدرت جذب عناصر معدنی در گیاهان را افزایش می‌دهد که در نتیجه مقاومت گیاه را به تنش‌های محیطی افزایش و باعث بهبود کیفیت محصول می‌گردد (Vaughan & Linehan, 2004). فولویک اسید در منابع متعددی نظیر خاک، کمپوست، ورمی‌کمپوست، پیت و زغال‌سنگ نارس وجود دارد. این ماده یک ملکول درشت از گروه‌های عاملی مانند متوکسی‌ها، کربوکسیل‌ها، کربونیل‌ها، فنل‌ها و هیدروکسیدها است (Ghosh *et al*., 2012). کمپلکس

فولویک اسید با مواد معدنی و عناصر کم‌مصرف، ۱۰۰ برابر کوچک‌تر از اندازه سلول‌های زنده است و قابلیت جذب بالایی برای سلول‌ها دارد (Elham *et al.*, 2009). هیومیک اسید به‌دلیل وزن ملکولی بالا از طریق محلول‌پاشی، جذب پایینی دارد درحالی‌که فولویک اسید به‌دلیل وزن ملکولی کم، از طریق محلول‌پاشی برگی به‌راحتی از روزنه‌های گیاهی جذب شده و باعث تحریک و باروری گیاهان می‌شود (Luciano *et al.*, 2015). همچنین فولویک اسید با تأثیر در تنظیم رشد گیاه، نقش خود را با افزایش نفوذپذیری غشای سلول، شدت فتوسنتز، جذب اکسیژن، تنفس و جذب فسفات در گیاه ایفا می‌کند و با داشتن اثرات شبه‌هورمونی باعث افزایش متابولیت‌های ثانویه و بهبود کیفیت محصولات می‌شود (Cimrin *et al.*, 2010). همچنین ارتباط نزدیکی بین فولویک اسید و برخی از آنزیم‌ها گزارش شده است. این ترکیب بر فعالیت آنزیم‌هایی که به‌ویژه با کاتالیزورهای تنفسی ارتباط دارد، تأثیر می‌گذارد و فعالیت چندین آنزیم از جمله ترانس‌آمیناز و اینورتاز را افزایش می‌دهد و با تغییر در الگوی متابولیسم کربوهیدرات منجر به انباشته‌شدن قندهای محلول می‌شود (Syltic, 1985). همچنین فولویک اسید حاوی مقادیری زیادی از پاداکسنده‌ها است و با تحریک آنزیم سوپراکسیددیسموتاز موجب خنثی‌شدن رایکال‌های آزاد می‌شود. نشان داده‌اند که مواد هیومیکی با وزن ملکولی کمتر، تعداد بیش‌تری گروهای کربوکسیل و فنلی دارند و می‌توانند اثرات پاداکسندگی بیش‌تری داشته باشند (Aiken *et al.*, 1985). فولویک اسید می‌تواند با کلات‌کردن عناصر، سبب افزایش جذب عناصر شده و تولید در گیاهان را افزیش دهد (Tahir *et al.*, 2011). نشان داده شده که جذب عناصر ماکرو (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) با تیمار فولویک اسید، در گیاه سویا افزایش چشم‌گیری داشته است (Kadam *et al.*, 2010). در یک پژوهش یکساله، محلول‌پاشی فولویک اسید در سه مرحله رشدی با غلظت (۵۰۰ ppm) در دوره مرحله رشد، یک هفته پس از تشکیل میوه و زمان ورایژن (تغییر رنگ حبه) بر انگور تامپسون بی‌دانه، موجب بهبود طول ساقه، سطح برگ، کلروفیل کل برگ، و پروتئین کل در شاخه‌های یکساله شد؛ همچنین محلول‌پاشی فولویک اسید باعث افزایش درصد عناصر نیتروژن فسفر و پتاسیم برگ، عملکرد در هر تاک، وزن خوشه، وزن حبه و محتوای مواد جامد محلول و فنل کل میوه شد (El-Kadam, 2017). در تحقیقی بر روی فلفل، گزارش کرده‌اند که محلول‌پاشی فولویک اسید میزان فعالیت پاداکسندگی، فنل کل، کربوهیدارت و کارتنوئید میوه را افزایش داده است (Aminifard *et al.*, 2012). همچنین گزارش کردند که فولویک اسید باعث افزایش کلروفیل و محتوای آب برگ در گیاه ذرت شده است (Anjum *et al.*, 2011). در آزمایشی غلظت‌های مختلف هیومیک اسید بر گیاه توت‌فرنگی محلول‌پاشی شد نتایج نشان داد که در غلظت‌های ۶۰۰ و ۹۰۰ میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش وزن خشک ساقه، ریشه، میزان ویتامین C و مواد جامد محلول میوه شده و در غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش اسید قابل تیتراسیون میوه گردید (Eshghi & Garazhian, 2015). در چند دهه اخیر، پژوهش‌های گسترده‌ای در زمینه کاربرد این ترکیبات صورت گرفته تا بتوان با استفاده از آنها کیفیت دارویی و غذایی انگور و فراورده‌های آن را از طریق افزایش ترکیبات خاص بهبود بخشید. لذا هدف از این پژوهش بهبود ویژگی‌های پاداکسندگی و کیفی انگور رقم فخری سفید با محلول‌پاشی قبل از برداشت فولویک اسید بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی، مکان، طرح آزمایشی و اعمال تیمارها

این پژوهش در یک تاکستان در استان کردستان (شهرستان قروه)، با ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا بر روی رقم فخری سفید در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و تیمار فولویک اسید (ساخت شرکت HUMINTECH آلمان) در چهار سطح (صفر، ۲/۵، ۵ و ۱۰ گرم در لیتر) و شاهد (آب مقطر) در سه تکرار در سال ۱۳۹۶ انجام شد. فولویک اسید مصرفی به‌صورت پودر و با قابلیت حل آسان در آب، حاوی ۸۰ درصد فولویک اسید و ۸/۳ درصد پتاسیم بود. تاک‌ها ۱۵ ساله و تربیت تاک‌ها به‌صورت خزنده، آبیاری به‌صورت غرقابی و عملیات هرس، مبارزه با آفات و بیماری‌ها به‌صورت یکسان انجام شد. تیمارها به‌صورت

محلول‌پاشی برگی در سه مرحله شامل ۱- زمان تشکیل میوه‌ها، ۲- ساچمه‌ای‌شدن حبه‌ها، ۳- زمان تغییر رنگ حبه‌ها انجام شد؛ به‌طوری‌که که کل سطح برگ‌ها خیس شد. برای هر تاک حدودا ۰/۵ لیتر در نوبت عصر، همراه با خیساننده (۰/۱ درصد توئین ۲۰) انجام گرفت. نمونه‌گیری از میوه‌ها در مرحله رسیدگی تجاری با درجه بریکس (۲۰) انجام شد. میوه‌ها به‌صورت تصادفی از روی بوته‌های تحت تیمار جمع‌آوری و در بسته‌های ۵۰۰ گرمی قرار داده شد و بلافاصله به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت گروه علوم باغبانی دانشگاه زنجان منتقل گردیدند و صفات مورد نظر مورد ارزیابی قرار گرفتند.

صفات اندازه‌گیری‌شده

کلروفیل و کارتنوئید برگ

بعد از برداشت میوه‌ها، برای آنالیز از تاک‌های تیمارشده برای هر واحد آزمایشی چهار برگ، به‌صورت تصادفی از کل تاک از قسمت میانی شاخه‌ها نمونه‌برداری شد. برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل کل و کارتنوئید ابتدا ۰/۱گرم از بافت تازه برگ وزن شدند و به برش‌های ظریف تقسیم و با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون کوبیده و در ۵۰۰۰ دور برای مدت زمان ۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند و مقدار جذب محلول کلروفیل در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر و مقدار کارتنوئید در طول موج‌های ۴۸۰ و ۵۱۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Specord 250 ساخت کارخانه Analytik jena) قرائت و به‌وسیله فرمول‌های زیر بر اساس میلی‌گرم برگرم وزن‌تر محاسبه شدند (Arnon, 1967).

$$\text{Total Chlorophyll} = 20.2\,(A_{645}) + 8.02\,(A_{663}) \times \frac{V}{1000 \times W} \quad (۱)$$

$$\text{Carotenoid} = 7.6\,(A_{480}) - 1.49\,(A_{510}) \times \frac{V}{1000 \times W} \quad (۲)$$

در این فرمول A نشان‌دهنده جذب عصاره، W وزن‌تر برگ‌ها به میلی‌گرم و V حجم نهایی عصاره به میلی‌لیتر می‌باشد.

مواد جامد محلول (TSS)

مواد جامد محلول با استفاده از رفراکتومتر دیجیتالی ساخت کشور ایتالیا مدل RHB32 اندازه‌گیری و بر اساس درجه بریکس گزارش شد (Jalili Marandi, 2012).

اسید قابل تیتراسیون (TA)

برای اندازه‌گیری اسید قابل تیتراسیون، تعدادی خوشه از هر واحد آزمایشی به‌صورت مجزا و به‌طور تصادفی انتخاب گردید. با استفاده از دستگاه آبمیوه‌گیری، نسبت به تهیه عصاره اقدام شد. برای هر کدام از تیمارها، عصاره با کاغذ صافی صاف گردید.۱۰ میلی‌لیتر از عصاره میوه در بشر ریخته شد و ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد. سپس ۳ قطره معرف فنل‌فتالئین اضافه گردید و با محلول هیدروکسیدسدیم ۰/۱ نرمال عیارسنجی شد و با ظهور رنگ صورتی، تیتراسیون پایان یافت و مقدار سود مصرفی ثبت گردید و اسید قابل تیتراسیون به‌صورت اسید غالب میوه انگور تارتاریک اسید) بر اساس فرمول زیر محاسبه و مقدار آن برحسب درصد بیان شد (Crisosto, 2008):

$$\text{اسید قابل تیتراسیون (٪)} = \frac{\text{حجم سود مصرفی} \times ۰/۱ \times ۰/۰۷۵ \times ۱}{\text{وزن نمونه} \times ۱۰} \times ۱۰۰ \quad (۳)$$

وزن میلی اکی‌والان اسید غالب انگور تارتاریک اسید (۰/۰۷۵)، نرمالیته سود (۰/۱)، وزن نمونه (۱۰) میلی‌لیتر فاکتور سدیم هیدروکسید (۱)

ویتامین ث

ویتامین ث به‌روش عیارسنجی با یدیدپتاسیم ۰/۱ نرمال و معرف نشاسته برگرفته از Maijedi (1994) اندازه‌گیری شد و نتایج برحسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه (mg/100 ml Fruit Juice) طبق فرمول زیر محاسبه گردید

$$A = \frac{S \times N \times F \times ۸۸/۱ \times ۱۰۰}{۱۰} \quad (۴)$$

S: مقدار محلول ید مصرف‌شده

N: ۰/۱ نرمالیته محلول ید مصرف‌شده

F: ۰/۸۸۵ فاکتور محلول ید مصرف‌شده

فنل کل میوه

برای اندازه‌گیری فنل و فلاونوئید کل و ظرفیت پاداکسندگی، مقدار ۱ گرم از بافت تازه میوه وزن شد و در هاون با اضافه‌کردن متانول ۸۰ درصد کوبیده شد و به حجم نهایی ۸ میلی‌لیتر رسانده و به‌مدت یک شبانه‌روز در دمای ۲۰ درجه در محیط تاریک قرار داده شد و بافت‌های کوبیده‌شده به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور سانتریفیوژ گردید و برای اندازه‌گیری میزان فنل و فلاونوئید کل و ظرفیت پاداکسندگی مورد استفاده قرار گرفت (Singleton & Rossi, 1965; Kaijv *et al*., 2006).

برای اندازه‌گیری میزان فنل کل از روش فولین سیوکالتو (Singleton & Rossi, 1965) استفاده شد. برای این منظور ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره همراه ۲ میلی لیتر کربنات‌سدیم Na_2CO_3 (W/V %2) در لوله آزمایش ریخته شد و به‌مدت دو دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از واکنش‌گر فولین‌سیوکالتو (۵۰ درصد) به آن اضافه شد. مخلوط واکنش به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق و در تاریکی نگه‌داری شد و سپس میزان جذب نمونه و استاندارد توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Specord 250 ساخت کارخانه Analytik jena) در طول موج ۷۲۰ نانومتر قرائت گردید و در نهایت میزان فنل کل نمونه بر حسب میلی‌گرم اسید گالیک بر۱۰۰ گرم وزن تر میوه (mg GAE/100g FW) بیان شد.

فلاونوئیدکل میوه

فلاونوئید کل میوه مطابق با روش Kaijv *et al*. (2006) اندازه‌گیری شد. برای این منظور بر روی ۰/۲۵ میلی‌لیتر از نمونه‌ها ۷۵ میکرولیتر سدیم‌نیتریت $NaNO_2$ (W/V 5%) و ۰/۱۵ میلی‌لیتر آلومینیوم‌کلرید $AlCl_3$ (W/V 10%) و ۰/۵ میلی‌لیتر سدیم‌هیدروکسید (NaOHیک مولار) اضافه شد و با آب مقطر به حجم نهایی ۲/۵ میلی‌لیتر رسید. جذب محلول پس از پنج دقیقه در طول موج ۵۰۷ نانومتر خوانده شد. از غلظت‌های مختلف محلول‌های کوئرستین به‌عنوان استاندارد استفاده شد. در نهایت مقدار فلانوئید کل بر حسب میلی‌گرم کوئرستین بر ۱۰۰ گرم وزن تر میوه (mg Q/100g FW) بیان گردید.

ظرفیت پاداکسندگی میوه

ظرفیت پاداکسندگی از طریق درصد مهار رایکال‌های آزاد DPPH[1] اندازه‌گیری و به‌صورت درصد بازدارندگی (DPPHsc%) بیان شد (Dehgan & Khoshkam, 2012). ابتدا محلول ۰/۱ میلی مولار از DPPH تهیه شد، به این ترتیب که ۳/۹۵ میلی‌گرم DPPH در ۱۰۰ میلی‌لیتر متانول مطلق حل شد. سپس۵۰ میکرولیتر از عصاره‌ها به محلول DPPH اضافه شد، به‌طوری‌که حجم نهایی یک میلی‌لیتر شد. مقدار جذب آن بعد از ۲۰ دقیقه در طول موج ۵۱۷ نانو متر خوانده شد. بر اساس درصد رادیکال جمع‌آوری شده DPPH (RSA) با استفاده از فرمول زیر، ظرفیت پاداکسندگی میوه محاسبه گردید.

$$RSA\ \% = \frac{100\,(A_C - A_S)}{A_C} \qquad (۵)$$

AS: جذب نمونه حاوی عصاره

AC: جذب شاهد.

نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ

برای اندازه‌گیری عناصر معدنی، برگ همراه با دمبرگ در آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد تا خشک‌شدن کامل نگهداری شد. بعد از خشک‌شدن، با آسیاب آزمایشگاهی کاملا پودر شد. ۰/۳ گرم پودر بدست‌آمده از نمونه برگ وزن و به روش هضم تر با اسید سولفوریک‌اسید سالیسیلیک آب‌اکسیژنه عصاره‌گیری شد. نمونه در مجاورت با اسید سولفوریک قوی آب خود را از دست می‌دهد و بیشترین قسمت مواد آلی، در حرارت نسبتاً بالا اکسیده می‌شود عمل هضم با وجود آب‌اکسیژنه در حرارت بالا کامل می‌شود. اضافه‌کردن اسید سالیسیلیک برای انجام عمل احیای نیترات است که عصاره تهیه شده در این روش جهت اندازه‌گیری عناصر غذایی نیتروژن، پتاسیم و فسفر در اجزای گیاه و کود آلی به‌کار می‌رود (Simonne *et al.*, 1993).

1. 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl

بعد از عصاره‌گیری، عنصر نیتروژن به‌روش کجلدال، پتاسیم توسط دستگاه فلیم‌فتومتر (مدل Jenway PFP7 ساخت انگلستان) و فسفر برگ به‌روش کالریمتری توسط دستگاه اسپکتروفتومتر ساخت انگلستان اندازه‌گیری شد و میزان عناصر برگ بر حسب درصد بیان شد (Emami, 1996).

قندهای محلول میوه

میزان قندهای محلول میوه با استفاده از روش فنل اسید سولفوریک (Irigoyen *et al*., 1992) اندازه‌گیری شد. در این روش ۰/۱ گرم از بافت خشک میوه به‌طور جداگانه به ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد اضافه و به‌مدت یک هفته در یخچال معمولی نگه‌داری شدند. هر روز نمونه‌ها به‌هم زده شدند تا قند محلول آن‌ها جدا گردند. پس از یک هفته محلول نمونه‌ها به‌مدت ۱۰ دقیقه با دور ۵۰۰۰ سانتریفوژ شد و بعد از سانتریفیوژ، از محلول رویی نمونه‌ها یک میلی‌لیتر برداشته و با آب مقطر به حجم دو میلی‌لیتر رسانده شدند. سپس یک میلی‌لیتر فنل پنج درصد و پنج میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ به نمونه‌ها اضافه و توسط ورتکس به‌خوبی هم زده شد و لوله‌های آزمایش به‌مدت ۲۰ دقیقه در حمام بن‌ماری در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و بعد از این مدت، نمونه‌ها را در دمای آزمایشگاه سرد کرده و نیم ساعت به حال خود رها شد و میزان جذب نمونه‌ها و استاندارد توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۸۵ نانومتر خوانده شدند. از غلظت‌های مختلف گلوگز برای تهیه منحنی استاندارد استفاده شد و میزان قند محلول با در دست داشتن وزن خشک نمونه‌ها محاسبه گردید.

تجزیه آماری

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SAS (V.9.4) و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که میزان کلروفیل کل و پتاسیم برگ، اسید قابل تیتراسیون، ویتامین ث، قندهای محلول و ظرفیت پاداکسندگی میوه در سطح احتمال یک درصد و مواد جامد محلول کل و فنل کل در سطح احتمال آماری ۵ درصد تحت تأثیر تیمار فولویک اسید قرار گرفتند. درحالی‌که این تیمار بر میزان کارتنوئید، نیتروژن و فسفر برگ و فلاونوئید کل میوه تأثیر نداشت.

کلروفیل برگ

بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها تیمارهای فولویک اسید باعث افزایش میزان کلروفیل کل شدند. تیمار ۲/۵ گرم در لیتر بیشترین اثر را بر میزان کلروفیل کل داشت. بین سایر تیمارها با شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. میزان کلروفیل کل در تیمارهای ۲/۵ و ۵ گرم در لیتر به‌ترتیب ۱/۱۳ و ۱/۰۲ میلی‌گرم برگرم وزن تر و در تیمار ۱۰ گرم در لیتر، میزان کلروفیل کل ۰/۸۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد که در مقایسه با دو تیمار قبلی کمتر بود و در تیمار شاهد، کمترین میزان کلروفیل (۰/۷۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به‌دست آمد (جدول۱). هیومیک اسید و فولویک اسید غلظت mRNA را در سلول‌های گیاهی افزایش می‌دهند و با فعال‌سازی چندین فرآیند بیوشیمیایی منجر به افزایش سنتز آنزیم‌ها از جمله رابیسکو شده، و آن باعث افزایش محتوای پروتئین‌ها در برگ می‌شود. همچنین افزایش محتوای کلروفیل با جذب اکسیژن وابسته است؛ اسیدهای فولویک اکسیژن بیش‌تری دارند که این موارد می‌تواند موجب افزایش کلروفیل برگ شود (Syltic, 1985; Haghighi *et al*., 2012). همچنین مواد هیومیکی نفوذپذیری غشای سلول را افزایش داده، ورود پتاسیم را بسیار تسهیل می‌کنند که نتیجه آن افزایش فشار تورژسانس داخل سلول است. از طرفی دیگر، افزایش انرژی در داخل سلول منجر به افزایش تولید کلروفیل و شدت فتوسنتز خواهد شد (Abul *et al*., 2007). نتایج این پژوهش با تأثیر محلول‌پاشی فولویک اسید بر افزایش میزان کلروفیل برگ‌ها در گیاه گوجه‌فرنگی (Sladky & Tichy, 1959) همخوانی دارد.

کارتنوئید برگ

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها تیمار فولویک

اسید بر میزان کارتنوئید برگ تأثیر معنی‌داری نداشت. تیمار ۲/۵ گرم در لیتر فولویک اسید بدون اختلاف معنی‌دار با سایر، بهترین تیمار در افزایش کارتنوئید برگ بود.

ویتامین ث

بیشترین میزان ویتامین ث در تیمار ۲/۵ گرم در لیتر (۲۷/۲۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی لیتر آبمیوه) و کم ترین مقدار آن در تیمار شاهد (۱۵/۵۹ میلی گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آبمیوه) اندازه‌گیری شد. در بین تیمارهای ۵ و ۲/۵ گرم در لیتر فولویک اسید اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. تیمار ۱۰ گرم در لیتر با کمترین اثر با شاهد و سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول ۱). ویتامین ث فراوان‌ترین پاداکسندگی موجود در سلول‌های گیاهی است؛ علاوه بر این نقش مهمی در بسیاری از فرآیندهای بیولوژیکی از جمله فتوسنتز، تقسیم سلولی، تنظیم رشد و پیری دارد (Smirnoff, 2011). ویتامین ث یکی از فاکتورهای مهم در سنجش کیفیت بسیاری از محصولات غذایی به‌شمار می‌آید. مقدار ویتامین ث تحت تأثیر عوامل مختلف از جمله نوع تغذیه گیاه، تفاوت‌های ژنتیکی، شرایط آب‌وهوایی قبل از برداشت، روش‌های برداشت و حمل‌ونقل و همچنین شرایط انبارمانی (دما و طول مدت انبارمانی) قرار می‌گیرد (Li *et al*., 2014). دما و نور هم به‌عنوان عوامل اصلی محیطی مؤثر در ساخته‌شدن و پایداری میزان ویتامین ث در بافت‌های گیاهی هستند (Massot *et al*., 2010). نتایج تحقیقاتی نشان داده که درجه حرارت و نور خورشید تأثیر قابل‌توجهی بر مقدار ویتامین ث در محصولات مختلف باغبانی دارند (Klein & Perry, 1982). در تحقیقی نشان داده شده که جذب طیف‌های نوری توسط مواد هیومیکی افزایش می‌یابد. کاربرد هیومیک اسید و فولویک اسید به‌عنوان ترکیبات هیومیکی موجب جذب بیشتر نور خورشید می‌شوند که می‌توانند میزان فتوسنتز خالص را افزایش دهند (Sarmadnia & Koocheki, 2001). کربوهیدرات‌هایی که در طول فتوسنتز تولید می‌شوند پیش‌ساز سنتز آسکوربیک اسید هستند (Sdiri *et al*., 2012) و احتمالاً پتاسیم جذب‌شده در اثر بکارگیری فولویک اسید در برگ از طریق تشدید فتوسنتز باعث افزایش ویتامین ث میوه شده است در پژوهشی بررسی تأثیر کود پتاسیم در درختان مرکبات، نشان داد که پتاسیم میزان ویتامین ث میوه را افزایش داده است (Nagy, 1980). در تمام گیاهان، پتاسیم بر جذب اسمزی آب توسط ریشه‌ها، کنترل تعرق و برگ و افزیش ویتامین ث در میوه‌ها اثر دارد (Huang *et al*., 2000). نتایج این تحقیق با نتایج Husein *et al*. (2015) محلول‌پاشی هیومیک و فولویک اسید بر گیاه گوجه‌فرنگی مطابقت داشت.

مواد جامد محلول کل و اسید قابل تیتراسیون (TA)

همان‌طورکه در جدول ۲ مقایسه میانگین داده‌ها نشان داده شده است، بالاترین میزان مواد جامد محلول میوه در تیمار ۲/۵ گرم در لیتر فولویک اسید (۲۵/۲۷ درجه بریکس) و کمترین آن در شاهد (۲۰/۵۶ درجه بریکس) به‌دست آمد و اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای ۵ و ۱۰ گرم در لیتر با شاهد مشاهده نشد (جدول۱). با تیمار فولویک اسید، میزان کلروفیل افزایش یافت؛ همچنین وجود پتاسیم در ترکیب با فولویک اسید، سبب بازشدن روزنه‌ها می‌شود، که هر دو این موارد باعث افزایش شدت فتوسنتز و بیشترشدن (TSS) میوه می‌گردد همچنین گزارش شده است که شدت فتوسنتز گیاهان با کاربرد ترکیبات هیومیکی افزایش پیدا می‌کند (Lopez, 1993; Haghighi *et al*., 2012). اثر محلول‌پاشی فولویک اسید بر انگور تامپسون بی‌دانه، موجب افزایش میزان کلروفیل برگ و به‌دنبال آن منجر به افزایش مواد جامد محلول در میوه گردید (El-Kadam, 2017)؛ که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. با افزایش غلظت فولویک اسید، اسید قابل تیتراسیون میوه افزایش یافت. میوه‌ها در تیمار ۱۰ گرم در لیتر دارای بیش‌ترین درصد اسیدهای آلی بودند و در بین سایر تیمارها با شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول۱). اسیدهای آلی جزء متابولیت‌های اولیه موجود در انگور هستند و غلظت این ترکیبات، مهم ترین پارمتر تأثیرگذار در کیفیت آب انگور و تعیین

ترکیب شیمیایی آنها است (Kashif *et al*., 2010). اسید تارتاریک به‌عنوان اسید غالب میوه‌های انگور می‌باشد. بیشتر اسیدهای آلی در نتیجه چرخه تارتاریک اسید به‌وجود آمده و در طی تنفس مصرف می‌شوند (Aghdam *et al*., 2012). احتمالاً تیمار فولویک اسید باعث کاهش شدت تنفس شده که موجب پایداری اسیدهای آلی شده است. در پژوهشی به این نتیجه رسیدند که میزان اسیدهای آلی در ارقام مختلف گوجه‌فرنگی‌های که با ترکیبات ارگانیک تیمار شده بودند افزایش چشمگیری داشته است (Riahi *et al*., 2009) و یا احتمالاً در این پژوهش محلول‌پاشی فولویک اسید در غلظت‌های بالا باعث دیرس شدن میوه‌ها شده است. این نتایج با گزارش‌هایی در محلول‌پاشی فولویک اسید بر فلفل همخوانی داشت (Aminifard *et al*., 2012).

قندهای محلول میوه

بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها بالاترین میزان قندهای محلول میوه در تاک‌های تیمارشده با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر فولویک اسید (۶۷/۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) به‌دست آمد و شاهد با میزان (۳۳ میلی‌گرم برگرم وزن خشک) کمترین مقدار قندهای محلول را داشت و در بین سایر تیمارها با شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). میزان قندهای محلول، تأثیر به‌سزایی در عطر و طعم و کیفیت میوه‌ها در زمان پس از برداشت دارند (Rolland *et al*., 2006). قندهای غالب در میوه انگور گلوکز و فروکتوز هستند (Koch, 2004). در طی فتوسنتز فعال در حضور نور، مقدار کربوهیداراتی که به‌صورت تریوزفسفات در برگ تولید می‌شود، بیش از میزان مورد نیاز آن برای تولید انرژی و سنتز ترکیبات می‌باشد. کربوهیدرات مازاد به ساکاروز تبدیل شده و در سایر قسمت‌های گیاه انتقال داده می‌شود تا در آن محل‌ها، در طی سوخت‌وساز مصرف شود. در اکثر گیاهان نشاسته شکل ذخیره‌ای کربوهیدارت‌ها است (Lichtenthder, 1987). در طی فرآیند رشد، نشاسته در انگور به قندهای محلول تبدیل می‌شود (Asghari & Ahadi, 2014). در این تحقیق، فولویک اسید که باعث افزایش مقدار میزان کلروفیل برگ شده، و احتمالاً بین کلروفیل کل و قندهای محلول رابطه مثبتی وجود دارد؛ که با افزایش ظرفیت فتوسنتزی، باعث افزایش مقدار قندهای محلول در میوه شده است؛ این با نتایج محلول‌پاشی هیومیک اسید بر گیاه برنج مطابقت داشت (Nardi *et al*., 2002).

فنل کل میوه

نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین مقدار فنل کل میوه در تیمار ۲/۵ گرم در لیتر فولویک (۲۹/۴۲ میلی‌گرم گالیک اسید بر صد گرم وزن تازه) به‌دست آمد و کم‌ترین مقدار آن در شاهد (۲۴/۷۳ میلی‌گرم گالیک اسید بر صد گرم وزن تازه) مشاهده گردید و همچنین تیمار ۲/۵ گرم در لیتر در مقایسه با شاهد و تیمار ۱۰ گرم در لیتر اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول۲). ترکیبات فنولیک در تعیین کیفیت میوه انگور نقش مهمی دارند و چون این ترکیبات بر ویژگی‌های مانند طعم، عطر، تلخی و گسی میوه اثر دارند. مقدار و فعالیت آنها در میوه‌های انگور بسیار مورد توجه است (Benvenuti *et al*., 2004).

جدول ۱. اثر محلول‌پاشی فولویک اسید بر میزان کلروفیل و برخی صفات کیفی میوه انگور فخری سفید

Table 1. Effect of Fulvic acid foliar application on Chlorophyll content and some qualitative traits of fruit in white grape cv. white Fakhri cultivar

Treatment (g/liter)	Total Chlorophyll (mg/gFW)	Soluble Solids (Brix)	Titratable acidity (%)	Vitamin C (mg/100ml Fruit Juice)	Soluble Sugars (mg/g^{l} DW)
Control	0.76 ^{c}	20.56 ^{b}	0.12 ^{b}	15.59 ^{c}	^{b} 33
2.5	1.13 ^{a}	25.27 ^{a}	0.12 ^{b}	^{a} 27.20	67.7 ^{a}
5	1.02 ^{b}	22.26 ^{b}	0.12 ^{b}	25.02 ^{a}	57 ^{b}
10	0.87 ^{c}	20.88 ^{b}	0.15 ^{a}	22.32 ^{b}	56 ^{b}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means, in each column, followed by similar letters are not significatly different at the %5 probability level.

فنل‌ها بزرگترین گروه از متابولیت‌های ثانویه هستند که از پنتوز فسفات و مسیر شیکمیک اسید و فنیل پروپانوئید در گیاهان تولید می‌شوند (Aberoumand & Deokule, 2008). محققین نشان داده‌اند که ترکیبات هیومیکی، از جمله فولویک اسید، باعث افزایش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز می‌شود و همچنین نتیجه گرفتند که اثرات تحریک‌کنندگی هیومیک اسید، پاسخ گیاه به شرایط محیطی است (Luciano *et al*., 2015). آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز آنزیم اصلی در بیوسنتز فنل‌ها است. در واقع افزایش قابل‌توجهی از فعالیت آنزیم PAL[1] در برگ‌های گوجه‌فرنگی تحت تیمار هیومات جداشده از ورمی‌کمپوست مشاهده شد (Olivares *et al*., 2015) و همچنین در پژوهشی دیگر نتایج مشابهی در مورد افزایش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین در گیاه کاهو گزارش کردند (Hernandez *et al*., 2015). احتمالاً افزایش مقدار فنل کل میوه تحت تأثیر فولویک اسید در اثر افزایش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز بوده است و یا شاید به‌دلیل اثر مستقیم فولویک اسید بر گیاه و تأثیر آن بر هورمون‌ها باشد. دانشمندان موفق شدند مواد شبه‌اکسینی و جیبرلینی را پس از محلول‌پاشی هیومیک اسید از گیاه استخراج کنند (Yildirim, 2007).

فلاونوئیدکل میوه

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، محلول‌پاشی فولویک اسید بر فلاونوئید کل میوه تأثیر معنی‌داری نداشت. تیمار ۲/۵ گرم در لیتر فولویک اسید، بیشترین تأثیر را بر مقدار فلاونوئید کل میوه داشت و کمترین مقدار فلاونوئید کل میوه در شاهد مشاهده گردید.

ظرفیت پاداکسندگی

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها در جدول ۲ تیمار ۲/۵ گرم در لیتر فولویک اسید بیشترین (۶۵/۷۵ درصد) ظرفیت پاداکسندگی میوه را نشان داد. کمترین مقدار (۴۹/۷۵ درصد بازدارندگی) در شاهد مشاهده شد. در بین تیمارهای ۲/۵ و ۵ گرم در لیتر فولویک اسید با شاهد اختلاف معنی‌داری وجود داشت؛ ولی تیمار ۱۰ گرم در لیتر اختلاف معنی‌داری را با شاهد نشان نداد. همچنین تیمار ۱۰ گرم در لیتر اختلافی معنی‌داری را با تیمار ۲/۵ گرم نشان داد.

مواد هیومیکی و فولویکی ویژگی‌های پاداکسندگی را از طریق گروه‌های هیدروکسیل، فنل‌ها و پلی‌فنل‌ها که در ساختار خود دارند تحریک می‌کند و به‌عنوان بازدارنده رادیکال‌های آزاد عمل می‌کنند (Smirnova *et al*., 2012). فعالیت پاداکسندگی ترکیب‌های فنلی، به‌طور عمده ناشی از ساختار شیمیایی خاص آن‌هاست که به‌علت دارا بودن گروه‌های هیدروکسیل موجود در حلقه آروماتیک، از طریق اهدای الکترون یا اتم هیدروژن، باعث مهار رادیکال‌های آزاد می‌شوند (Zhang & Tsao, 2016). فولویک اسید همچنین بر آنزیم‌های پاداکسندگی اثرگذار است. رابطه بین مواد هیومیکی و آنزیم‌های پاداکسندگی سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز، کاتالاز در گیاهان مشاهده شده است (Kaldenhoff & Fischer, 2006). محققان در پژوهشی دریافتند که مواد هیومیکی موجب افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز نسبت به شاهد شده است. همچنین دانشمندان دیگری اثرات مکانیسم دفاع آنزیمی پاداکسندگی دیگری را مشاهده کردند و تأثیر هیومیک اسید را بر افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز گزارش کردند (Pizzeghello *et al*., 2001). در ذرت نیز مواد هیومیکی منجر به تحریک آنزیم کاتالاز و خنثی‌سازی گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود (Cordeiro *et al*., 2011).

نیتروژن و فسفر برگ

بر اساس تجزیه واریانس، محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف فولویک اسید بر درصد نیتروژن و فسفر برگ اثر معنی‌داری را نشان ندادند. با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، تیمار ۲/۵ گرم در لیتر فولویک اسید با اندکی تأثیر موجب افزایش نیتروژن برگ شد و در تیمارهای دیگر، موجب کاهش نیتروژن برگ شدند (جدول ۲). احتمالاً فولویک اسید موجب کاهش فعالیت آنزیم‌هایی که در متابولیسم نیتروژن دخالت دارند، شده است.

1. Phenylalanine ammonia lyase

جدول ۲. اثر محلول‌پاشی فولویک اسید بر ظرفیت پاداکسندگی میوه و میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برگ انگور فخری سفید
Table 2. Effect of foliar application of fulvic acid on fruit antioxidant capacity and the amount of leaf nitrogen, phosphorus and potassium in white Fakhri grape cultivar

Treatment (g/liter)	Total Phenols (mg GA/100 grFW)	Antioxidant capacity (Percent)	Nitrogen (%)	Phosphorus (%)	Potassium (%)
Control	24.73 [b]	49.75 [c]	2.03 [a]	0.23 [a]	1 [b]
2.5	29.42 [a]	65.75 [a]	2.19 [a]	0.21 [a]	1.31 [a]
5	26.28 [ab]	58.25 [b]	1.92 [a]	0.19 [a]	1.09 [b]
10	24.73 [b]	53.34 [bc]	1.83 [a]	0.19 [a]	1.06 [b]

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.
Means, in each column, followed by similar letters are not significatly different at the %5 probability level.

فعالیت آنزیم‌های اصلی که در کاهش جذب نیتروژن تأثیر می‌گذارند بستگی به غلظت مواد هیومیکی دارد (Vaccaro *et al*., 2015). بیش‌ترین مقدار فسفر در شاهد و کمترین مقدار در تیمارهای ۵ و ۱۰ گرم در لیتر فولویک اسید مشاهده گردید (جدول ۲). در آزمایشی نشان دادند که محلول‌پاشی هیومیک اسید بر روی درختان سیب رقم گرانی‌اسمیت فقط موجب افزایش غلظت عنصر پتاسیم می‌گردد در حالی‌که نیتروژن و فسفر برگ تحت تأثیر هیومیک اسید قرار نگرفت (Bahrami *et al*., 2015).

پتاسیم برگ

همان‌طورکه در جدول ۲ مشاهده می‌شود تیمار ۲/۵ گرم در لیتر فولویک اسید، بیش‌ترین تأثیر را بر پتاسیم برگ با میزان ۱/۳۱ درصد داشت، و کمترین آن مربوط به تاک‌های شاهد با مقدار ۱ درصد بود. در بین سایر تیمارهای دیگر با شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. پتاسیم، از مهم‌ترین عناصر پرمصرف انگور بوده و به نام عنصر کیفیت در بین متخصصان تغذیه مشهور است و در گیاه نقش کاتالیزوری ایفا می‌کند. در واقع پتاسیم با فعال‌کردن آنزیم‌هایی که کاتالیزورهای ساخت نشاسته و پروتئین‌ها هستند، سبب بهبود کیفیت می‌شود (Khold & Islamzadeh, 2005). همچنین تأثیر تنظیم‌کننده در باز و بسته‌شدن روزنه‌ها دارد. سلول‌های محافظ روزنه در اثر وجود نور به‌علت فسفوریلاسیون نوری، ATP[1] بیش‌تری می‌سازند و انرژی لازم برای جذب فعال پتاسیم را فراهم می‌کنند. در اثر ورود این عنصر به سلول‌های محافظ، پتانسیل اسمزی منفی‌تر می‌شود و جذب آب افزایش می‌یابد و روزنه‌ها باز می‌شوند (Dogan & Demir, 2004). در تحقیقاتی نشان داده شده که هورمون سیتوکنین جذب پتاسیم را در گیاه عناب افزایش داده است (Arndt *et al*., 2001). از ویژگی‌های ترکیبات هوموسی، خواص شبه هورمونی آنهاست که در پژوهش‌های مختلف دیده شده است (Clapp *et al*., 1998). در طی مطالعاتی در چمن بنت‌گراس، وجود ترکیبات حاوی سایتوکنین را در این مواد هیومیکی گزارش کردند (Ervin & Zhang, 2004). احتمالاً اثرات شبه‌هورمونی فولویک اسید باعث افزایش پتاسیم در برگ شده است؛ احتمال دیگر افزایش پتاسیم برگ را می‌توان به‌دلیل وجود پتاسیم در ترکیب فولویک اسید به‌کار رفته و افزایش اسیدیته این محلول نیز نسبت داد؛ زیرا پتاسیم در محیط قلیایی بهتر جذب می‌شود (Sanchez *et al*., 2006). افزایش پتاسیم برگ از طریق کاربرد هیومیک اسید در کاهو (Haghighi *et al*., 2012) مشاهده شده است و همچنین این نتایج با مشاهدات Bahrami *et al*. (2015) در سیب رقم گرانی‌اسمیت همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، محلول‌پاشی فولویک اسید به‌عنوان یک کود آلی ارگانیک، باعث افزایش میزان کلروفیل برگ، مواد جامد محلول، آسکوربیک اسید، اسید قابل تیتراسیون، قندهای محلول میوه، و همچنین فنل کل، ظرفیت پاداکسندگی میوه و پتاسیم برگ شد؛ ولی کارتنوئید و عناصر معدنی نیتروژن، فسفر برگ و فلاونوئید کل میوه، تحت تأثیر تیمار فولویک اسید قرار نگرفتند. می‌توان نتیجه گرفت که محلول‌پاشی فولویک اسید در افزایش کیفیت میوه

1. Adenosine diphosphate

انگور رقم فخری و همچنین ظرفیت پاداکسندگی تأثیر به‌سزایی داشته است. با افزایش غلظت فولویک اسید تأثیر آن بر صفات مورد ارزیابی کاهش یافت. در پژوهش حاضر تیمار ۲/۵ گرم در لیتر فولویک اسید، بیشترین تأثیر را بر ویژگی‌های کیفی و پاداکسندگی میوه انگور رقم فخری نشان داد.

REFERENCES

1. Aberoumand, A. & Deokule, S. S. (2008). Comparsion of phenolic compounds of some edible plants of Iran and India. *Pakistan Journal of Nutrition*, 7(4), 582-585.
2. Abul, B., Giasuddin, A. M., Kanel, S. & Choi, H. (2007). Adsorption of humic acid onto nanoscale zerovalent iron and its effect on arsenic removal. *Environmental Science and Technology*, 41(6), 2022-2027.
3. Aghdam, M. S., Asghari, M., Farmani, B., Mohayeji, M. & Moradbeygi, H. (2012). Impact of postharvest brassinosteroids treatment on PAL activity in tomato fruit in response to chilling stress. *Scientia Horticulturae*, 144, 116-120.
4. Aiken, G. R., McKnight, D. M. & Carthy, P. (1985). *Humic substances of soil, sediment and water*. New York: Wiley-Interscience
5. Aminifard, M. H., Aroiee, H., Nemati, H., Azizi, M. & Hawa, Z. E. (2012). Fulvic acid affects pepper antioxidant activity and fruit quality. *African Journal of Biotechnology*, 11(68), 13179-13185.
6. Anjum, S. A., Wang, L., Farooq, M., Xue, L. & Ali, S. (2011). Fulvic acid application improves the maize performance under well-watered and drought conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 197(6), 409- 417
7. Arndt, S. K. K., Clifford, S. C., Wanek, W., Jones, H. G. & Popp, M. (2001). Physiological and morphological adaptations of the fruit tree Ziziphus rotundifolia in response to progressive drought stress. *Tree Physiology*, 21, 705-71
8. Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Journal Agronomy*, 23, 112-121.
9. Asghari, M. R. & Ahadi, L. (2014). Effect of postharvest application of salicylic acid and aloe vera gel on qualitative characteristics and antioxidant activity of grape fruit of Ghezel Azum cultivar. *Journal of Horticultural Science*, (27), 349-342. (in Farsi)
10. Bahrami, S., Soleimani, A. & Habibi, F. (2015). The effect of humic acid on the mineral composition leaves, yield and fruit quality apple (*Malus domestica* L. cv. Granny Smith). *Journal of Crops*, 17(2), 529-517. (in Farsi)
11. Benvenuti, S., Pellati, M., Melegari, F. & Bertelli, D. (2004). Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid and radical scavenging activity of Rubus, Ribes, and Aronia, *Journal of Food Science*, 69, 164-169.
12. Cimrin, K. M., Turkmen, O., Turan, M. & Tuncer, B. (2010). Phosphorus and humic acid application 594 alleviate salinity stress of pepper seedling. *African Journal of Biotechnology*, 9(36), 5845-5851.
13. Clapp, C. E., Liu, R., Cline, V. W., Chen, Y. & Hayes, M. H. B. (1998). *Humic substance for enhancing turfgrass growth*. pp: 227-234. In: G.Davis and E.A.Ghabbour (ed.s).Humic substances: structure, properties and uses. Royal Soc. Chem. Publi., Cambridge, U.K.
14. Connell, S., Rivard, C., Peet, M., Harlow, C. & Louws, F. (2012). High tunnel and field production of organic Heirloom tomatoes: yield, fruit quality, disease, and microclimate. *Horticulture Science*, 47, 1283-1290.
15. Cordeiro, F. C., Santa-Catarina, C., Silveira, V. & Souza, S. R. (2011). Humic acid effect on catalase activity and the generation of reactive oxygen species in corn (*Zea mays* L.). *Biosci Biotech. 404 Biochemistry*, 75 1, 70-4.
16. Crisosto, C. H. (2008). *Central valley postharvest*. Cooperative Extension University of California Kearney Agricultural Center. Vol. 17, 2
17. Dehgan, G. & Khoshkam, Z. (2012). Tin (ll)-quercetin complex: Synthesis, spectral characterization and antioxidant activity. *Food Chemistry*, 131, 422-426.
18. Desouky, I. M., Haggag, L. F., El-Migeed, M., Kishk, Y. F. & El-Hadi, E. S. (2009). Effect of boron and calcium nutrients sprays on fruit set, oil content and oil quality of some olive oil cultivars. *Agriculture Sciences*, 5, 180-185.
19. Dogan, E. & Demir, K. (2004). Determinations of yield and fruit characteristics of tomato crop grow in humic acids-added aggregate culture in greenhouse conditions. *Plant Physiology*, 84, 218-224.
20. El- Kadam, M. A. (2017). Effect of Chitosan, Salicylic Acid and Fulvic Acid on Vegetative Growth, Yield and Fruit Quality of Thompson Seedless Grapevines. *Egyptian Journal Horticulture*, 44(1), 45-59.
21. Elham, A. G. & Geoffrey, D. (2009). Spectrophotometric analysis of fulvic acid solutions a second look. *Annals of Environmental Science*, 3, 131-138.

22. Emami A. (1996). *Plant decomposition methods*. *Soil &Water Research lnstitute*. Tehran Iran. 1, 128
23. Ervin, E. H. & Zhang, X. (2004). Cytokinon-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. *Crop Science*, 44(5), 1737-1745.
24. Eshghi, S. & Garazhian, M. (2015). Improving growth, yield and fruit quality of strawberry by foliar and soil and soil drench applications of humic acid. *Iran Agricultural Research*, 34(1), 14-20. (in Farsi)
25. Ferreira, A. S., Nunes, C., Castro, A., Ferreira, P. & Coimbra, M. A. (2014). Influence of grape pomace extract incorporation on chitosan properties. *Carbohydrate Polymers*, 113, 490-499.
26. Food and Agriculture Organization. (2016). FAOSTAT, FAO March 21, 2018 Statiscal Databases. http://faostat.fao.org.
27. Ghosh, I., Das, D. K. & Da, S. K. (2012). Sanya Evaluation of humic and fulvic acid extracts of compost, oilcake, and soils on complex formation with arsenic; *Soil Research*, 50, 239-248.
28. Gomes de Melo, B. A., Lopes Motta, F. & Santana, M. H. A. (2015). Humic acids: Structural properties and multiple functionalities for novel technological developments. *Materials Science and Engineering*, 59-94.
29. Haghighi, M., Kafi, M. & Fang, P. (2012). Photosynthetic activity and N metabolism of lettuce as affected by humic acid. *International Vegetable Science*, 18, 182-18.
30. Hernandez, O. L., Garcia, A. C., Huelva, R., Martinez-Balmori, D., Guridi, F., Aguiar, N. O., Olivares, F. L. & Canellas, L. P. (2015). Humic substance from vermicompost urban lettuce production. *Agronomy for Sustainable Development*, (35), 225-232.
31. Huang, X. G., Wang, Q. & Zhao, T. C. (2000). Effect of potassium fertilizers for improving quality and production of fruit crop. *Journal of Fruit Science*, 17, 309-313.
32. Husein, M. E., Abou El Hassan, S. & Shahein, M. M. (2015). Effect of humic, Fulvic acid and calcium foliar application on growth and yield of tomato plants. *International Journal of Biosciences*, 7, 132-140.
33. Irigoyen, J. J., Emerch, D. W. & Sanchez-Diaz, M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plant. *Physiologia Plantarum*, 84, 55-60.
34. Jalili Marandi, R. (2007). *Small fruits*. Urmia University press PP: 170-180.
35. Jalili Marandi, R. (2012). *Postharvest physiology*. Urmia University Press. pp: 551.
36. Janick, J. & James, N. (1996). *Fruit Breeding: Vine and small fruit crops*. (V.2). pp: 471.
37. Kadam, R. S., Amrutsagar, M. V. & Deshpande, N. A. (2010). Influence of organic nitrogen sources with fulvic acid spray on yield and nutrient uptake of soybean on inceptisol. *Journal of Soils and Crops*, 20(1), 58-63.
38. Kaijv, M., Sheng, L. & Chao, C. (2006). Antioxidation of flavonoids of green rhizome. *Journal Food Science*, 27, 110-115.
39. Kaldenhoff, R. & Fischer, M. (2006). Functional aquaporin diversity in plants. *Biochemical Biophysical Acta*, 1758, 1134-1141.
40. Kashif, A., Maltese, F., Choi, Y. H. & Verpoorte, R. (2010). Metabolic constituents of grapevine and grape-derived products. *Phytochemistry Reviews*, 9, 357-378.
41. Khold-e-barin, B. & Islamzadeh, T. (2005). *Mineral nutrition of higher plants.* Shiraz University Press, PP: 495.
42. Klein, B. P. & Perry, A. K. (1982). Ascorbic acid and vitamin A activity in selected vegetables from different geographical areas of the United States. *Journal of Food Science*, 47, 941-945.
43. Koch, K. (2004). Sucrose metabolism: regulatory mechanisms and pivotal roles in sugar sensing and plant development. *Current Opinion in Plant Biology*, 7(3), 235-246.
44. Li, P., Zheng, X., Liu, Y. & Zhu, Y. (2014). Pre storage application of oxalic acid balleviates chilling injury in mango fruit by modulating proline metabolism and energy status under chilling stress. *Food Chemistry*, 142, 72-78.
45. Lichtenthder, H. K. (1987). Chlorophyllus & carotenoids: pigments of phorosynthetic biomembrances. *Method in Enzymolody*, 148, 350-382.
46. Lopez, A. R. (1993). Humic acid effect on the stomata conductance and leaf abscission on apple cv. Golden Delicious under tropical conditions. *Acta Horticulture*, 329, 254-254.
47. Luciano, P., Canellasa-Fabio, L., Olivaresa-Natália, O., Aguiara-Davey, L., Jonesb, A., Nebbiosoc, P. & Mazzeic, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 15-27.
48. Maijedi, M. (1994). *Methods of foods chemicals analysis*. Jahad daneshgahi press. University of Tehran. (in Farsi)

49. Massot, C., Genard, M., Stevens, R. & Gautier, H. (2010). Fluctuation in sugar contentare not determinant in explaining variations in vitamin c in tomato fruit. *Plant Physiology Biochemcal*, 48, 75-751.
50. Muscolo, A., Sidar, M. & Nardi, S. (2013). Humic substance: Relationship between structure and activity. Deeper information suggests univocal findings. *Journal of Geochemical Exploration*, 129, 57-63.
51. Nagy, S. (1980). Vitamin C contents of citrus fruit and their products: a review. *Journal Agriculture Food Chemical*, 28, 8-18.
52. Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. & Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology Biochemistry*, 34, 1527-1536.
53. Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Rosa, R. C. & Canellas, L. P. (2015). Substrate biofortification in combination with foliar sprays of plant growth promoting bacteria and humic substances boosts production of organic tomatoes. *Scientia Horticulturae*, 183, 100-108.
54. Pizzeghello, D., Nicolini, G. & Nardi, S. (2001). Hormone-like activity of humic substances in Fagus sylvatica forests. *New Phytology*, 151, 647-657.
55. Rana, J. & Paul, J. (2017). Consumer behavior and purchase intention for organic food: a review and research agenda. *Journal of Retailing & Consumer Services*, 38, 157-165.
56. Riahi, A., Hdider, C., Sanaa, M., Tarchoun, N., Khedere, M. & Guezalf, I. (2009). Effect of conventional and organic production systems on the yield and quality of field tomato cultivars grown in Tunisia. *Journal Science Food Agriculture*, 89, 2275-2282.
57. Rolland, F., Baena-Gonzalez, E. & Sheen, J. (2006). Sugar sensing and signaling in plants, conserved and novel mechanisms. *Annual Review of Plant Biology*, (57), 675-709.
58. Samavati, S. & Melkotti, M. (2005). The necessity of producing organic acids humic and fulvic for quantitative and qualitative increase of agricultural products. *Technical Journal of Soil & Water*, 4631-13.
59. Sanchez, S. A., Sanchez Andreu, J., Juarez, M., Jorda, J. & Bermudez, D. (2006). Imporvement of iron uptake in table grape by addition of humic substancecs. *Journal of Plant Nutrition*, 29(2), 259-272
60. Sarmadnia, G. H. & Koocheki, A. (2001). Crop physiology Jihad Daneshgahi Publication of scavenging activity of lignins-natural antioxidants. *Bioresource Technology*, 95, 309-317.
61. Savci, S. (2012). Investigation of effect of chemical fertilizers on environment. *International Journal of Environmental Science & Development*, 3, 1
62. Sdiri, S., Bermejo, A., Aleza, P., Navarro, P. & Salvador, A. (2012). Phenolic composition, organic acids, sugars, vitamin C and antioxidant activity in the juice of two new triploid late-season mandarins. *Food Research International*, 49, 462-468.
63. Sebahattin, A. & Necdet, C. (2005). Effects of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield components of forage Turnip (*Brassica rapa* L.). *Journal Agronomy*, 4, 130-133.
64. Simonne, E. H., Jones Jr, J. B., Mills, H. A., Smittle, D. A., & Hussey, C. G. (1993). Influence of catalyst, sample weight, and digestion conditions on Kjeldahl nitrogen. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 24(13-14), 1609-1616.
65. Singleton, V. L. & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Enology and Viticulture*, 16, 144-158.
66. Sladky, Z. & Tichy, V. (1959). Applications of humus substances to overground organs of plants. *Biology Plant*, 1, 9-15.
67. Smirnoff, N. (2011). Vitamin C the metabolism functions of ascorbic acid in plants. *Advances in Botanical Research*, 59, 109-177.
68. Smirnova, V., Efimova, I. V. & Khilko, S. L. (2012). Antioxidant and pro-oxidant activity of ascorbic and humic acids in radical-chain oxidation process. *Russian Journal of Applied Chemistry*, 85, 252-255.
69. Syltic, P. W. (1985). Effects of very small amounts of highly active biological substances on plant growth. *Biological Agriculture and Horticulture*, 2, 245-269.
70. Symonowicz, M. & Kolanek, M. (2012). Flavonoids and their properties to form chelate complexes *Biotechnology & Food Sciences*, 76, 35-41.
71. Tabatabaei, S. J. (2013). *Principles of Mineral Naturition of plant.* Tabriz University pp, 289.
72. Tahir, M. M., Khurshid, M., Khan, M. Z., Abbasi, M. K. & Kazmi, H. M. (2011). Lignite derived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils. *Soil Science Society of China Pedosphere*, 21, 124-131.
73. Vaccaro, S., Ertani, A., Nebbioso, A., Muscolo, A., Quaggiotti, S., Piccolo, A. & Nardi, S. (2015). Humic substances stimulate maize nitrogen assimilation and amino acid metabolism at physiological and molecular level. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, *2*(1), 5.
74. Vaughan, D. & Linehan, D. J. (2004). The growth of wheat plants in humic acid solutions under axenic conditions. *Plant and Soil*, 44, 445-449.
75. Vermerris, W. & Nicholson, R. (2007). *Phenolic compound biochemistry*. Springer, New York. pp: 1-32.

76. Yildirim, E. (2007). Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato. *Acta Agriculture Scandinavia*, 57, 182-186.
77. Zhang, H. & Tsao, R. (2016). Dietary polyphenols, oxidative stress and antioxidant and anti-Flammatory effects. *Current opinion in Food Science*, 8, 33-42.