مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۱ شماره ۱ صفحه های ۸۳ تا ۹۴ (۱۳۹۹)
مقاله پژوهشی

تاثیر شمار محلول‌دهی و محلول‌پاشی برگی سولفات پتاسیم بر کیفیت پس از برداشت میوه توت‌فرنگی رقم پاروس در کشت هیدروپونیک[1]

Effect of Frequency of Fertigation and Foliar Application of Potassium Sulfate on Postharvest Quality of Strawberry Fruit in Hydroponic Culture

محمدرضا ملک زاده شمس‌آباد، مجید اسماعیلی زاده*، حمیدرضا روستا و فاطمه ناظوری[2]

چکیده

در سیستم‌های هیدروپونیک در صورت عدم مدیریت صحیح کودآبیاری، ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه زیر تاثیر قرار می‌گیرند. به‌منظور بررسی کیفیت پس از برداشت میوه توت‌فرنگی در واکنش به دفعه‌های محلول‌دهی و تغذیه برگی سولفات پتاسیم آزمایشی با دو فاکتور شامل تعداد دفعه‌های محلول‌دهی در روز در سه سطح (یک، چهار و ده‌بار) و تغذیه برگی در سه سطح شاهد، یک و دو گرم بر لیتر در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان انجام شد. نتیجه‌ها نشان داد که میزان ماده‌های جامد محلول میوه و pH آب میوه در دوره انبارمانی افزایش یافتند. اسید کل، ویتامین C، سفتی، ترکیب‌های فنولی و آنتوسیانین میوه در دوره انبارمانی کاهش یافتند. در پایان دوره انبارمانی بیشترین میزان ماده‌های جامد محلول، اسید کل، ظرفیت آنتی اکسیدانی و فنول کل میوه در تیمار یک‌بار محلول‌دهی مشاهده شد و با افزایش بارها یا دفعه‌های محلول‌دهی تا چهار بار در روز میزان ویتامین C، سفتی و آنتوسیانین میوه افزایش یافت. شاخص‌های رنگ میوه و هیو کاسبرگ کاهش و درخشندگی و کروما کاسبرگ افزایش یافتند. هر دو تیمار سولفات پتاسیم منجر به ماندگاری بهتر میوه توت فرنگی نسبت به شاهد گردید.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های رنگ، کاهش وزن، ویژگی‌های کمی و کیفی، ماده‌های جامد محلول.

مقدمه

توت‌فرنگی (*Fragaria × ananassa* Duch.) میوه‌ای نافرازگرا با عطر و طعم بسیار مطلوب و منحصر به فرد است. میوه توت‌فرنگی به‌دلیل حساسیت به از دست دادن آب، آسیب مکانیکی، نرم شدن بافت و فساد، عمر پس از برداشت بسیار کوتاهی دارد (۵). ضایعات میوه‌ی توت‌فرنگی از مرحله‌ی برداشت تا رسیدن به دست مصرف‌کننده حدود ۳۰ ٪ برآورد شده است، بنابراین کاهش سرعت تخریب ویژگی‌های کمی و کیفی آن، یکی از چالش‌های مهم است. فسادپذیری، دورریز قابل توجه در مرحله پس از برداشت و پایین بودن عمر انبارمانی میوه توت‌فرنگی از عمده‌ترین موانع تولید این محصول می‌باشد (۲۲). مدیریت دقیق آبیاری برای میوه‌های ریز بسیار مهم می‌باشد. مدیریت آبیاری می‌تواند در حفظ پتانسیل آب، کوددهی، میزان و کیفیت محصول موثر باشد. برنامه‌ریزی آبیاری و مدیریت محلول‌دهی می‌تواند بر بهره‌وری آب، عملکرد و کیفیت میوه تأثیر بگذارد (۲۹). کاهش دور آبیاری برای ثابت و بهینه نگه‌داشتن محتوای آب ناحیه ریشه ممکن است که نوسان‌های غلظت عنصرهای غذایی را کاهش داده و به موجب آن، در دسترس بودن عنصرهای غذایی را برای گیاه افزایش دهد و مانع شستشوی آن‌ها از ناحیه ریشه شود. هم‌چنین، ویژگی‌های سیستم کشت و مقدار آبیاری با محلول غذایی بر جذب عنصرها به وسیله گیاه اثر می‌گذارد (۲). در بررسی اثر دفعه‌های آبیاری در گیاه گوجه فرنگی با دفعه‌های آبیاری ۱، ۲ و ۴ بار در روز در بستر پیت و پرلایت، افزایش عملکرد ناشی

۱- تاریخ دریافت: ۹۸/۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۸/۹/۳

۲ - به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار، استاد و استادیار گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (esmaeilizadeh@vru.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-24]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.1.7.1]

از افزایش وزن میوه در آبیاری ۴ بار در روز گزارش شده است (۳۲). افزایش انتقال کربوهیدرات‌ها به سمت میوه در گیاه سبب می‌شود تا آب بیشتری به سمت میوه حرکت کند و در نهایت انتقال دیگر عنصرهای معدنی به سمت میوه بیشتر می‌شود و در نهایت سبب افزایش شاخص‌های کیفی میوه می‌گردد.

پتاسیم در فرآیندهای فیزیولوژیکی و زیست شیمیایی متعددی دخالت دارد که برای رشد رویشی، تولید محصول، بهبود کیفیت و کاهش اثرهای نامناسب تنش‌ها نقش اساسی دارد و تغذیه کافی با پتاسیم سبب افزایش عملکرد، اندازه میوه، افزایش ماده‌های جامد محلول و غلظت اسید آسکوربیک، بهبود رنگ میوه، افزایش عمر انبارمانی و بالا رفتن کیفیت حمل و نقل بسیاری از محصول‌های باغبانی می‌گردد (۱۴). نتیجه‌های یک پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی سولفات پتاسیم، ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی را در درخت زیتون زیر تاثیر قرار داد و سبب افزایش میزان کلروفیل، پتاسیم برگ، آنتوسیانین و کربوهیدرات محلول میوه و افزایش هدایت روزنه‌ای گردید (۳۶). در سیستم‌های کشت بدون خاک نبود مدیریت صحیح کود آبیاری به دلیل محدود بودن حجم ریشه و ظرفیت نگهداری آب کم بستر باعث ایجاد تنش در گیاه می‌شود و ممکن است نوسانات غلظت عنصرهای غذایی را افزایش دهد. با توجه به اثرهای مهم دفعه‌های محلول‌دهی بر ثابت و بهینه نگه داشتن محتوای آب ناحیه ریشه و غلظت عنصرهای غذایی و به موجب آن افزایش دسترسی عنصرهای غذایی برای گیاه جهت بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی میوه و نقش مؤثر تغذیه برگی عنصر پتاسیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی محصولات باغبانی، آزمایشی طراحی شد که در آن تاثیر تعداد دفعه‌های محلول‌دهی و محلول‌پاشی با سولفات پتاسیم بر ماندگاری میوه توت فرنگی کشت شده در محیط هیدروپونیک بررسی گردد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت گلخانه‌ای و در سیستم کشت بدون خاک (هیدروپونیک) روی توت‌فرنگی رقم پاروس در دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل با دو فاکتور شامل تعداد دفعه‌های محلول‌دهی در روز در سه سطح (یک، چهار و ده‌بار در روز) و محلول‌پاشی با سولفات پتاسیم در سه سطح (بدون محلول‌پاشی سولفات پتاسیم، محلول‌پاشی ۱ گرم بر لیتر و محلول‌پاشی ۲ گرم بر لیتر) با سه تکرار و هر تکرار شامل چهار بوته در قالب طرح به‌طورکامل تصادفی انجام شد. نوع محلول غذایی، هوگلند تغییر یافته (جدول ۱) و حجم محلول غذایی در طول روز برای همه تیمارهای آبیاری یکسان (۳۰۰ میلی لیتر) بود، اما تعداد دفعه‌هایی که این محلول‌غذایی در اختیار گیاه قرار می‌گرفت، متفاوت بود. در تیمار یک‌بار در شبانه‌روز در ساعت ۱۰ صبح و در تیمار ۴ بار در شبانه‌روز در ساعت‌های ۶، ۱۰، ۱۴ و ۱۸ و در تیمار ۱۰ بار در شبانه‌روز در ساعت‌های ۶، ۷:۳۰، ۹،۱۰:۳۰، ۱۲، ۱۳:۳۰، ۱۵، ۱۶:۳۰، ۱۸ و ۲۴ محلول‌دهی انجام شد. عمل آب‌شویی هر ۱۰ روز یک‌بار و با مشاهده هدایت الکتریکی (EC) بالای زهکش به منظور شستشوی نمک‌های به‌جا مانده احتمالی از عنصرهای غذایی و جلوگیری از انباشت آن‌ها انجام گرفت. نوع بستر کشت کوکوپیت و پرلایت به نسبت ۷۰:۳۰ بود. محلول‌پاشی سولفات پتاسیم ۲۰ روز پس از کاشت بوته‌ها و هر هفت روز یکبار در اول صبح تا آخر دوره آزمایش انجام گردید. میوه‌ها در دوره میوه‌دهی برداشت شدند و پس از اندازه‌گیری میزان ماده‌های جامد محلول، pH، اسید کل، ویتامین C، فعالیت آنتی اکسیدانی، ترکیب‌های فنولی، آنتوسیانین و شاخص‌های رنگ میوه و کاسبرگ به سردخانه با دمای ۴ درجه سلسیوس منتقل شده و بعد از هفت روز انبارمانی پس از خروج میوه‌ها از انبار به منظور بررسی میزان تغییرهای این فراسنجه‌ها دوباره اندازه‌گیری شدند. به منظور اندازه‌گیری درصد کاهش وزن میوه، قبل از انبارمانی و پس از اتمام دوره انبارمانی وزن خالص میوه‌ها با ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد و سپس درصد کاهش وزن هر تکرار از رابطه ۱ محاسبه گردید (۶).

رابطه-۱: درصد کاهش وزن = (وزن اولیه/ وزن ثانویه-وزن اولیه)×۱۰۰

سفتی بافت میوه‌ها با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج (LU0805637, Taiwan) اندازه‌گیری و بر حسب کیلوگرم بر نیرو بیان شد. پروب مورد نظر را به دستگاه متصل کرده و هر یک از میوه‌ها زیر پروب قرار داده و با اعمال یک فشار ثابت میزان سفتی بافت اندازه‌گیری شد. درصد ماده‌های جامد محلول در مقیاس بریکس[1] با استفاده از قندسنج دستی (Refractometer) مدل

۱- Brix ۲- Chroma ۳- hue

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.1.7.1]

(PAL-1 Atago Japon) اندازه‌گیری شد. میزان pH آب میوه به‌وسیله دستگاه pH متر (WTW مدل Inolab 720) محاسبه شد. میزان اسیدیته کل (TA) میوه بر حسب سیتریک اسید که اسید غالب میوه توت‌فرنگی است، با هیدروکسید سدیم (۰/۱ نرمال) اندازه‌گیری و محاسبه شد (۴). میزان ویتامین C میوه با آب‌گیری از میوه به‌میزان سه میلی‌لیتر و رقیق کردن آن با ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر به همراه ۲ میلی‌لیتر معرف نشاسته ۱ درصد به روش تیتر با محلول ید در یدور پتاسیم تا مرحله تغییر رنگ به خاکستری انجام شد. هر ۱ سی سی ید در یدور پتاسیم مصرفی معادل ۰/۸۸ میلی‌گرم ویتامین C می‌باشد و میزان ویتامین C میوه بر حسب میلی‌گرم ویتامین C در ۱۰۰ سی سی آب میوه محاسبه شد (۱۳). فعالیت آنتی اکسیدانی با استفاده از DPPH انجام شد. بدین منظور ابتدا ۵ گرم میوه به همراه ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد با دستگاه همزن (ULTRA-TURRAX) مدل (IKT18 basic) همگن شد تا به‌صورت توده یکنواختی در آمد. سپس مخلوط حاصل به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس با دور (۴۵۰۰ rpm) سانتریفیوژ شدند. سپس مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره با ۹۰۰ میکرولیتر از محلول DPPH در اتانول آمیخته شد و به‌وسیله دستگاه ورتکس به‌شدت هم زده شد. سپس به‌مدت ۳۰ دقیقه در محیط تاریک قرار گرفت. نمونه شاهد به همین صورت تهیه شد با این تفاوت که متانول جایگزین عصاره شد. سپس میزان جذب محلول با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد. واکنش آمیخته بدون DPPH برای تصحیح ماده زمینه استفاده شد. درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد (۷):

رابطه-۲:

$$\text{فعالیت آنتی اکسیدانی} = 1 - \frac{(\text{عدد ضریب تصحیح} - \text{عدد نمونه})}{\text{عدد کنترل}} \times 100$$

اندازه‌گیری فنول با استفاده از معرف فولین سیوکالتو و استفاده از طیف‌سنج نوری در طول‌موج ۷۶۰ نانومتر انجام شد. میزان ترکیب‌های فنولی با استفاده از استاندارد گالیک اسید یک میلی‌مولار بر حسب معادل میلی‌گرم اسیدگالیک در ۱۰۰ گرم وزن تازه محاسبه گردید (۲۱).

آنتوسیانین کل با استفاده از روش تفاوت جذب در pH های مختلف اندازه‌گیری شد. سپس ۱ میلی لیتر عصاره میوه را به وسیله بافر $\frac{0.2\ N\ KCL}{0.2\ N\ HCL}$ با pH = ۱ به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. در مرحله بعد ۱۰ میلی‌لیتر دیگر از همان عصاره توسط بافر $\frac{1N\ CH_3CO_2Na}{1N\ HCL}$ با pH = ۴/۵ به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. میزان جذب این دو نمونه در طول موج ۵۱۰ نانومتر خوانده و میزان آنتوسیانین توسط فرمول زیر محاسبه شد:

رابطه-۳:

$$C^{mg}/_{l} = \left(AbS_{pH1} - AbS_{pH4.5}\right) 484.82 \times 1000/24825 \times DF$$

در این فرمول ۴۸۴/۸۲ جرم مولکولی سیانیدین-۳-گلوکوزید، ۲۴۸۲۵ جذب مولی سیانیدین-۳-گلوکوزید در pH = ۱ و DF فاکتور رقیق‌سازی است (۳۴).

شاخص رنگ میوه و کاسبرگ بعد از خروج میوه‌ها از سردخانه در سه نقطه از میوه و کاسبرگ (مدل Konica Minolta CR 400, Japan) انجام شد. شاخص‌های رنگ شامل درخشندگی (L*)، قرمز-سبز (a*) و آبی-زرد (b*) و شاخص کروما[۲] و زاویه هیو[۳] از رابطه‌های ۳ محاسبه شد.

رابطه‌های-۳:

$$\text{Chroma} = \sqrt{(a*)^2 + (b*)^2}$$

$$^{\circ}\text{hue} = \tan^{-1}\left(\frac{b*}{a*}\right)$$

واکاوی داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS (Ver.9.1 2002–2003, SAS Institute, Cary, NC, USA) و مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ ٪ توسط آزمون LSD انجام شد.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.1.7.1]

جدول ۱- غلظت عنصرهای غذایی مورد استفاده در محلول غذایی این آزمایش.

Table 1. Concentration of nutrients used in the nutrient solution of this experiment.

Micronutrient عنصرهای کم مصرف		Macronutrie عنصرهای پرمصرف	
عنصر Element	غلظت Concentration (mg L^{-1})	عنصر Element	غلظت Concentration (mg L^{-1})
Fe	5	N	128
Mn	2	P	58
Zn	0.25	K	211
B	0.7	Ca	104
Cu	0.07	Mg	40
Mo	0.05	S	54

نتایج و بحث

درصد کاهش وزن

با توجه به این‌که دوره انبارمانی صفر برابر با زمان ورود نمونه‌ها به انبار بود، بنابراین هیچ کاهش وزنی مشاهده نشد. نتیجه مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر تیمارها بر درصد کاهش وزن میوه در پایان دوره انبارمانی (شکل ۱) نشان داد که میوه گیاهانی که با تعداد دفعه‌های بیشتری محلول‌دهی شده بودند، درصد وزن بیشتری را در دوران انبارمانی از دست دادند. میوه گیاهانی که یک بار در روز محلول‌دهی شده بودند، در مقایسه با میوه گیاهانی که ۴ و ۱۰ بار در روز محلول‌دهی شده بودند، وزن کمتری را از دست دادند. میوه‌های تیمار شده با سولفات پتاسیم کاهش وزن کمتری نسبت به میوه‌های شاهد داشتند به گونه‌ای‌که کمترین درصد کاهش وزن در تیمار محلول‌پاشی سولفات پتاسیم دو گرم بر لیتر مشاهده شد، که نسبت به تیمارهای محلول‌پاشی سولفات پتاسیم ۱ گرم بر لیتر و شاهد، درصد وزن کمتری را از دست دادند. کاهش وزن میوه‌ها و سبزی‌های تازه، بیشتر به دلیل از دست دادن آب در نتیجه فرآیندهای تنفس و تعرق است (۱۱). افزایش وزن میوه‌ها در اثر افزایش میزان آبیاری به دلیل افزایش میزان تورژسانس یاخته‌ای می‌باشد (۳۵). افزایش دورهای آبیاری، وزن میوه‌ها را کاهش می‌دهد که می‌تواند به کاهش رطوبت جذب شده به وسیله گیاه نسبت داده شود. افزایش فاصله‌های آبیاری یا خشک شدن نواحی اطراف ریشه، وزن تازه و محتوای آب میوه توت فرنگی را کاهش می‌دهد (۱۸). کاهش وزن میوه توت فرنگی در مدت دوره انبارمانی به علت تنفس بالا و از دست دادن آب میوه است، ولی از دست دهی آب در مدت دوره انبارمانی در توت فرنگی را بیشتر به کاهش رطوبت نسبت می‌دهند (۲۳). این موارد می‌تواند کاهش وزن میوه‌ها را در فاصله‌های محلول‌دهی ۴ و ۱۰ بار در روز نسبت به یک بار در روز توضیح دهد.

طی پژوهشی تاثیر مدیریت آبیاری بر کیفیت پس از برداشت میوه زغال اخته مورد بررسی قرار گرفت و نشان داده شد که با افزایش میزان آبیاری، درصد کاهش وزن میوه طی دوره انبارمانی افزایش یافت (۲۰). طی پژوهشی با افزایش مدت زمان انبارمانی، میزان از دست دادن آب میوه توت فرنگی (۱۲) افزایش یافت که با نتیجه‌های این پژوهش مطابقت دارد. محلول‌پاشی میوه با پتاسیم از راه حفظ سفتی بافت میوه که به دلیل افزایش پتانسیل فشاری بافت میوه است، مانع از خروج بیشتر آب و در نتیجه حفظ آب میوه می‌گردد.

ماده‌های جامد محلول

نتیجه مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر برهم‌کنش تیمارها بر ماده‌های جامد محلول میوه (شکل ۲) نشان داد که میزان ماده‌های جامد محلول میوه در مدت دوره انبارمانی به طور معنی‌داری افزایش یافت، به‌طوری‌که در پایان دوره انبارمانی میزان ماده‌های جامد محلول میوه ۱۱/۶٪ نسبت به روز صفر افزایش یافت. نتیجه‌ها نشان داد که بیشترین مقدار قندهای محلول در پایان دوره انبارمانی در شرایط یک بار محلول‌دهی در روز مشاهده گردید که تفاوت معنی‌داری با محلول‌دهی چهاربار در روز نداشت. کمترین میزان قند محلول در گیاهان با ۱۰ بار محلول‌دهی در روز دیده شد که ۱۳/۶٪ قند کمتری نسبت به شاهد داشتند. به‌طور متوسط میوه‌های تیمار شده با سولفات پتاسیم، پنج درصد قند محلول بیشتری نسبت به تیمار شاهد داشتند.

ماده‌های جامد محلول دارای اجزای مهم به ویژه قندها و اسیدهای آلی هستند که مسئول طعم و پذیرش محصول توسط مصرف‌کننده می‌باشند. دلیل عمده تجمع ماده‌های جامد محلول افزایش از دست دهی آب در مدت انبارمانی است ولی

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.1.7.1]

حلالیت‌پذیری پلی‌یورونیدها[1] و همی‌یاختهز[2] دیواره یاخته‌ای در توت فرنگی، ممکن است به افزایش در محتوای ماده‌های جامد محلول کمک کند (۹). بالا بودن مقدار قند میوه در شرایط یک بار محلول‌دهی ارتباط نزدیکی با مقدار آب دارد. به دلیل انتقال مقدار آب کمتر به سمت میوه، به نظر می‌رسد میزان قند در میوه بیشتر باشد و در نتیجه مقدار قند نسبت به سایر شرایط بیشتر باشد. از سوی دیگر پتاسیم با تاثیر بر بارگیری کربوهیدرات‌ها و تخصیص و انتقال این ماده‌ها به سمت میوه سبب افزایش شاخص‌های کیفی میوه نیز می‌گردد (۱۷). افزایش قندهای محلول در اثر کاربرد پتاسیم روی میوه طالبی (۱۹) گزارش شده است که نتیجه‌های این پژوهش با یافته‌های دیگر پژوهشگران مطابقت دارد.

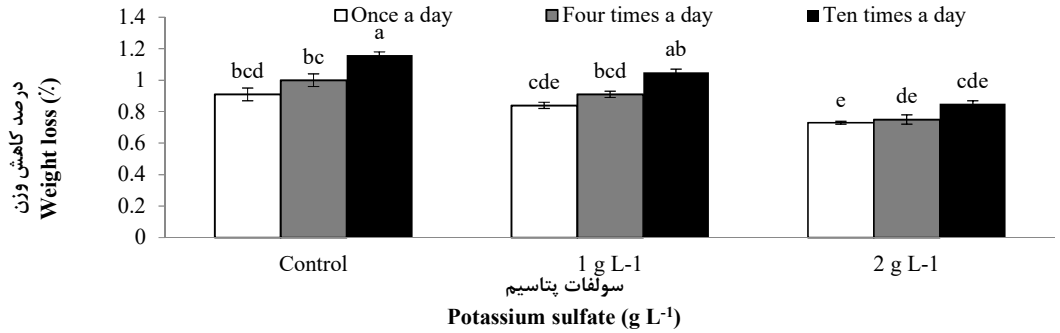

Fig. 1. Interaction effect of frequency of fertigation and foliar application of potassium sulfate on fruit weight loss percent in strawberry cv. Paros at the end of the storage period. The columns with the same letters have no significant difference at the 5% probability level using LSD test.

شکل ۱- اثر برهمکنش شمار دفعه‌های محلول‌دهی و محلول‌پاشی سولفات پتاسیم بر درصد کاهش وزن میوه توت‌فرنگی رقم پاروس در پایان دوره انبارمانی. ستون‌های دارای حرف‌های مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ ٪ آزمون LSD ندارند.

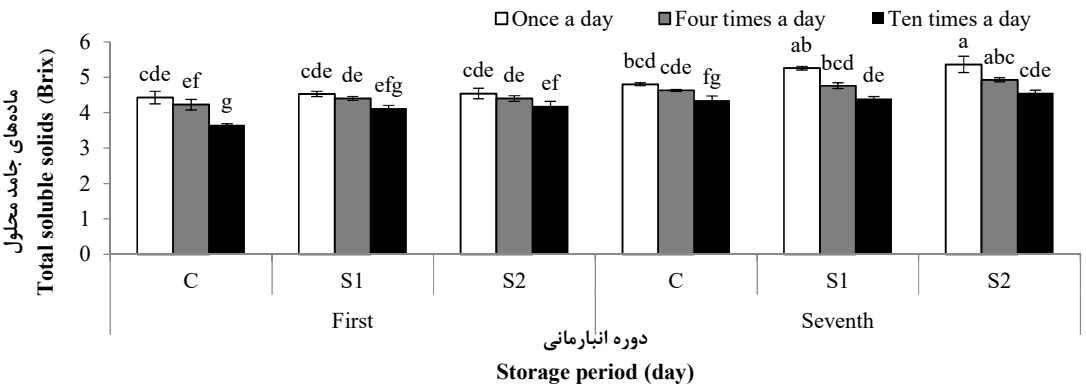

Fig. 2. Interaction effect of frequency of fertigation and foliar application of potassium sulfate and storage on total soluble solids of strawberry CV. Paros. C: Control (without potassium sulfate), S1: Potassium sulfate 1 g L^{-1}, S2: Potassium sulfate 2 g L^{-1}.The columns with the same letters have no significant difference at the 5% probability level of LSD test.

شکل ۲- اثر برهمکنش تعداد دفعه‌های محلول‌دهی، محلول‌پاشی سولفات پتاسیم و انبارمانی بر ماده‌های جامد محلول میوه توت فرنگی رقم پاروس. C: شاهد (بدون سولفات پتاسیم)، S1: سولفات پتاسیم یک گرم بر لیتر، S2: سولفات پتاسیم دو گرم بر لیتر. ستون‌های دارای حرف‌های مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD ندارند.

pH و اسید کل

نتیجه مقایسه میانگین‌های برهمکنش تیمارها بر درصد اسید کل میوه نشان داد که درصد اسید کل میوه در مدت انبارمانی به میزان ۴۱/۱٪ کاهش یافت. میوه گیاهانی که با تعداد دفعه‌های بیشتری محلول‌دهی شده بودند، اسید کل کمتری داشتند

۱- Polyureuronide
۲- Hemicellulose

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-24]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.1.7.1]

به‌طوری که تیمار محلول‌دهی یک بار در روز بیشترین میزان درصد اسید کل میوه را داشت ولی در تیمار شاهد بین دفعه‌های محلول‌دهی تفاوت معنی‌داری در روز هفتم انبارمانی وجود نداشت. نتیجه‌ها هم‌چنین نشان داد که محلول‌پاشی یک گرم بر لیتر سولفات پتاسیم بیشترین میزان درصد اسید کل میوه را داشت، که تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی سولفات پتاسیم دو گرم بر لیتر نداشت و کمترین میزان درصد اسید کل مربوط به تیمار شاهد بود. به طور کلی میوه‌های تیمار شده با سولفات پتاسیم ۳۷/۵ ٪ اسید بیشتری نسبت به میوه‌های بدون محلول‌پاشی سولفات پتاسیم داشتند. میزان pH آب میوه فقط زیر تاثیر دوره انبارمانی قرار گرفت، به طوری که در طی دوره انبارمانی میزان pH آب میوه ۳/۹۳ درصد افزایش یافت (شکل ۳). دلیل افزایش pH، مصرف اسیدهای آلی در فرآیند تنفس در مدت انبارمانی است. در طول رسیدن و پیری میوه، محتوای اسید میوه به عنوان یک ماده مهم در متابولیسم تنفس کاهش می‌یابد، در نتیجه تنفس بیشتر منجر به کاهش بیشتر در اسیدیته می‌شود، بنابراین میزان اسید میوه شاخص خوبی برای میزان تنفس است (۳۳). انباشت اسید در یاخته در شرایط آبیاری کمتر راهی برای غلبه بر کمبود آب یا تعدیل فشار اسمزی بوده و به همین دلیل آبیاری کمتر موجب افزایش اسیدیته قابل تیتر می‌گردد (۳).

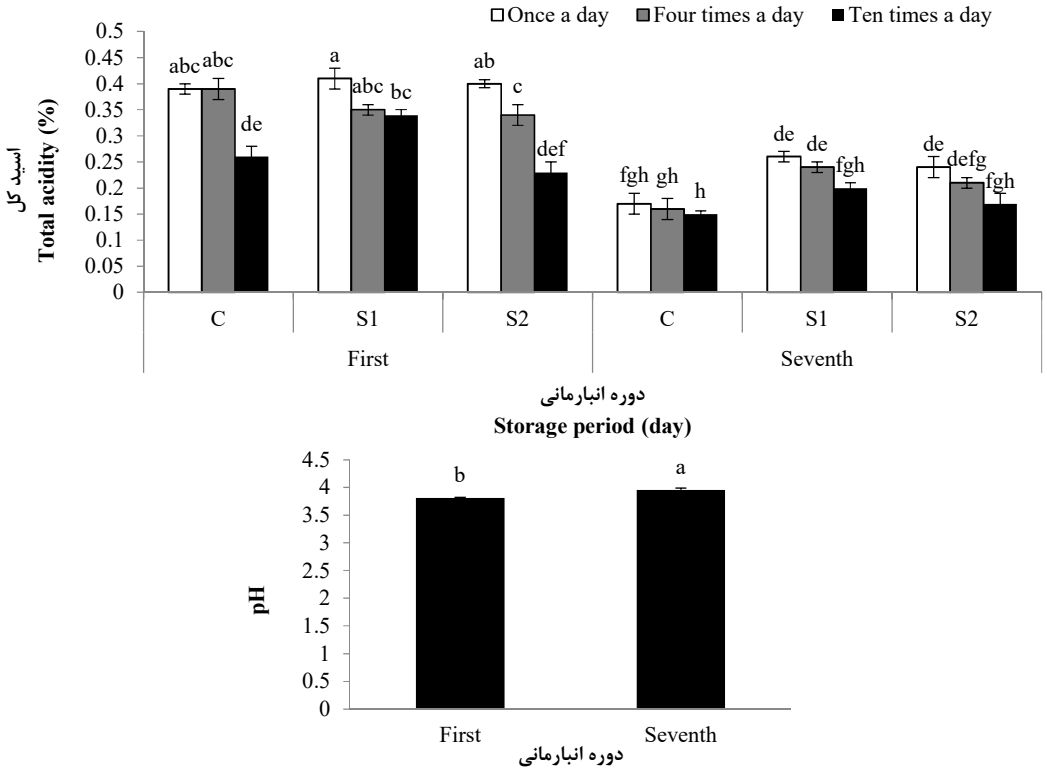

Fig. 3. Interactive effect of frequency of fertigation and foliar application of potassium sulfate and storage on total acidity as well as the effect of storage on pH of strawberry CV. Paros. C: Control (without potassium sulfate), S1: Potassium sulfate 1 g L^{-1}, S2: Potassium sulfate 2 g L^{-1}. The columns with the same letters have no significant difference at the 5% probability level of LSD test.

شکل ۳- اثر برهمکنش تعداد دفعه‌های محلول‌دهی، محلول‌پاشی سولفات پتاسیم و انبارمانی بر درصد اسید کل و اثر انبارمانی بر pH توت فرنگی رقم پاروس. C : شاهد (بدون سولفات پتاسیم)، S1: سولفات پتاسیم یک گرم بر لیتر، S2: سولفات پتاسیم دو گرم بر لیتر. ستون‌های دارای حرف‌های مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD ندارند.

ویتامین C

نتیجه‌های آزمایش نشان داد که میزان ویتامین C طی دوره انبارمانی کاهش یافت. در دوره انبارمانی بیشترین میزان ویتامین C مربوط به تیمار محلول‌دهی چهار بار در روز بود، به طوری‌که نسبت به میوه‌های گیاهان یک و ۱۰ بار محلول‌دهی شده به ترتیب ۹/۹۸ و ۱۳/۳٪ ویتامین C بیشتری داشتند. کمترین میزان ویتامین C در تیمار بدون محلول‌پاشی پتاسیم و محلول‌دهی

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-24]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.1.7.1]

۱۰ بار در روز بود و بیشترین میزان ویتامین C در میوه‌های تیمار شده با سولفات پتاسیم یک گرم بر لیتر و محلول‌دهی چهار بار در روز مشاهده گردید. بر طبق داده‌های به دست آمده، مقدار ویتامین C با گذشت زمان انبارمانی، کاهش یافته است (شکل ۴). این نتیجه‌ها با نتیجه‌های پژوهش‌های انجام شده روی میوه توت‌فرنگی مطابقت دارد (۸). کاهش میزان ویتامین C در طول دوره‌ی انبارمانی به دلیل فعالیت آنزیم آسکوربیک اسید اکسیداز است که آسکوربیک اسید را به دهیدروآسکوربیک اسید و فنول اکسیداز تبدیل می‌کند (۲۸).

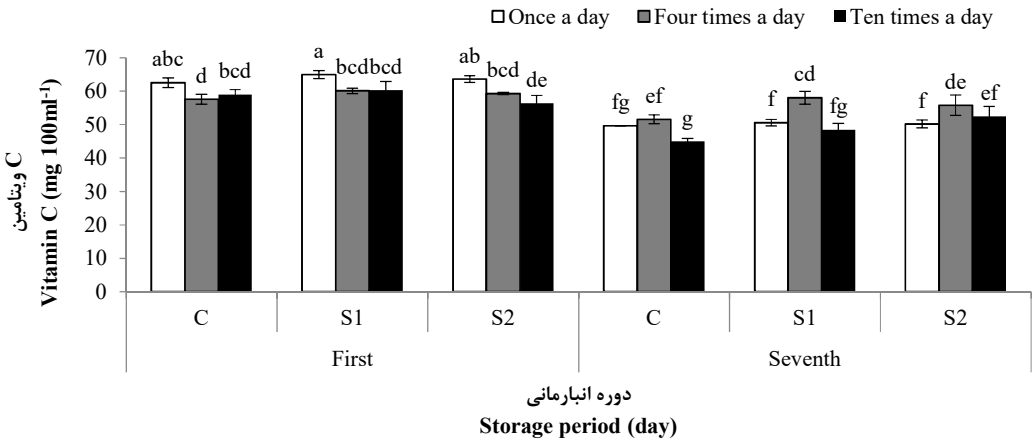

Fig. 4. Interactive effect of frequency of nutrition solution and foliar application of potassium sulfate and storage on vitamin C of strawberry CV. Paros. C: control (without potassium sulfate), S1: Potassium sulfate 1 g L^{-1}, S2: Potassium sulfate 2 g L^{-1}. The columns with the same letters have no significant difference at the 5% probability level of LSD test.

شکل ۴- اثر برهمکنش تعداد دفعه‌های محلول‌دهی، محلول‌پاشی سولفات پتاسیم و انبارمانی بر میزان ویتامین C توت فرنگی رقم پاروس. C: شاهد (بدون سولفات پتاسیم)، S1: سولفات پتاسیم یک گرم بر لیتر، S2: سولفات پتاسیم دو گرم بر لیتر. ستون‌های دارای حرف‌های مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD ندارند.

سفتی میوه

برطبق نتیجه‌های به دست آمده برهم‌کنش تیمارها بر میزان سفتی میوه معنی‌دار شد (شکل ۵). میوه‌های توت فرنگی پس از هفت روز انبارمانی سفتی آن‌ها به میزان ۱۰/۳٪ کاهش یافت. بیشترین میزان سفتی میوه مربوط به تیمارهای محلول‌پاشی شده با سولفات پتاسیم بود که به طور متوسط ۱۶/۴٪ سفتی بیشتری نسبت به شاهد داشتند. نتیجه‌ها نشان داد که محلول‌دهی چهار بار در روز در شرایط محلول‌پاشی سولفات پتاسیم سبب افزایش میزان سفتی میوه گردید که با محلول‌دهی یک بار در روز در شرایط محلول‌پاشی سولفات پتاسیم و تعداد دفعه‌های محلول‌دهی تاثیری بر میزان سفتی بافت میوه نداشتند.

میزان سفتی بافت میوه یکی از پارامترهای مهم کیفی به منظور نظارت بر فرآیند رسیدن میوه‌ها است. به نظر می‌رسد کاهش سفتی میوه در توت فرنگی می‌تواند به حلالیت پلی‌ساکاریدهای دیواره یاخته بستگی داشته باشد (۲۷). در مدت انبارمانی فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده پکتین که پروتوپکتین را به پکتین‌های محلول در آب تجزیه می‌کند، از یک سو و کاهش فشار تورژسانس یاخته‌ای که منجر به شکستن دیواره‌ی یاخته‌ای می‌شود نیز از سوی دیگر، منجر به نرم شدن میوه می‌گردند (۳۴). افزایش سفتی ناشی از محلول‌پاشی پتاسیم موجب عمر انبارمانی بیشتر میوه می‌شود که صفت مهمی برای قابلیت عرضه محصول به بازار است. افزایش سفتی بافت میوه در اثر محلول‌پاشی پتاسیم، به دلیل افزایش پتانسیل فشاری بافت میوه است. افزایش دوره محلول دهی حاکی از کاهش مقدار سفتی بود. کاهش تعداد دفعه‌های محلول دهی به دلیل تأخیر در فرآیند نرم شدن بافت میوه منجر به حفظ سفتی میوه سیب گردیده است (۲۸).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.1.7.1]

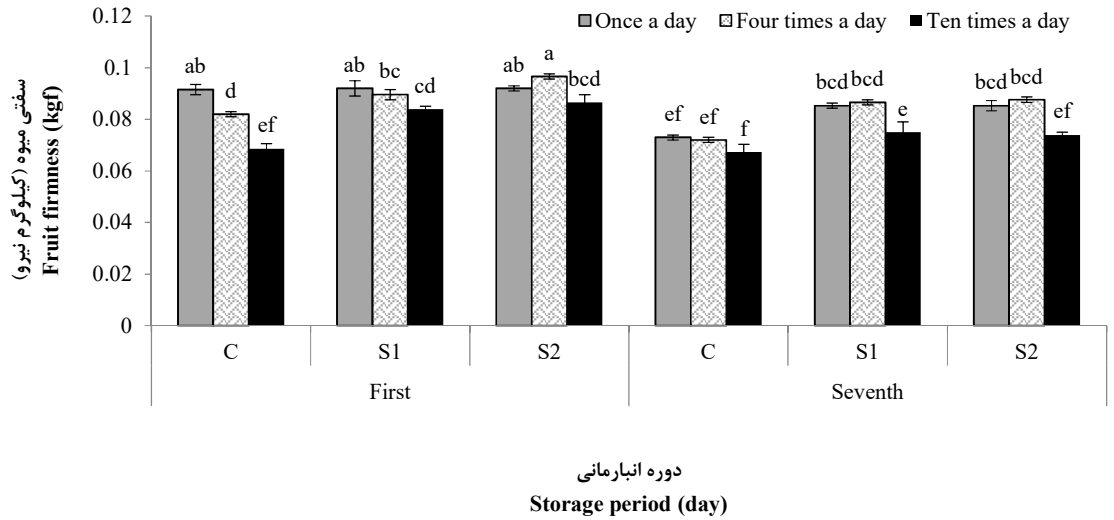

Fig. 5. Interactive effect of frequency of nutrition solution and foliar application of potassium sulfate and storage on fruit firmness of strawberry CV. Paros. C: control (without potassium sulfate), S1: Potassium sulfate 1 g L^{-1}, S2: Potassium sulfate 2 g L^{-1}. The columns with the same letters have no significant difference at the 5% probability level of LSD test.

شکل ۵- اثر برهمکنش تعداد دفعه‌های محلول‌دهی، محلول‌پاشی سولفات پتاسیم و انبارمانی بر میزان سفتی میوه توت فرنگی رقم پاروس. C: شاهد (بدون سولفات پتاسیم)، S1: سولفات پتاسیم یک گرم بر لیتر، S2: سولفات پتاسیم دو گرم بر لیتر. ستون‌های دارای حرف‌های مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD ندارند.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه طی دوره انبارمانی ۹/۵ ٪ کاهش یافت (شکل ۶). در پایان دوره انبارمانی بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار محلول‌دهی یک‌بار در روز مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با محلول‌دهی چهاربار در روز نداشت. هم‌چنین محلول‌پاشی سولفات پتاسیم سبب حفظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه گردید، به‌طوری‌که در پایان دوره انبارمانی، میوه گیاهانی که با سولفات پتاسیم تیمار شده بودند به طور متوسط ۷/۴ درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری داشتند. در مدت زمان انبارمانی میوه‌ها، فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها کاهش می‌یابد که این روند به دلیل محافظت یاخته در برابر آسیب‌های ناشی از رادیکال‌های آزاد است. کاهش آنتوسیانین و ترکیب‌های فنولی هم یکی دیگر از دلایل کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی است، زیرا این ترکیب‌ها، خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارند و با کاهش میزان آن‌ها، فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز کاهش خواهد یافت. کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌تواند به دلیل پیری و پوسیدگی در طی انبارمانی نیز اتفاق بیافتد (۳۲). طی آزمایشی کاربرد برگی پتاسیم منجر به افزایش معنی‌دار رنگدانه‌های آنتوسیانین، ترکیب‌های فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در آب میوه انار در مقایسه با شاهد شد (۳۱). هم‌چنین گزارش شده است که پتاسیم فعالیت آنتی‌اکسیدانی را در آناناس افزایش می‌دهد (۳۰).

ترکیب‌های فنولی و آنتوسیانین

ترکیب‌های فنولی و آنتوسیانین زیر تاثیر برهمکنش تیمارهای این آزمایش قرار گرفتند (شکل ۷) به‌طوری که افزایش تعداد دفعه‌های محلول‌دهی پتاسیم سبب کاهش ترکیب‌های فنولی گردید. در پایان دوره انبارمانی میوه، گیاهانی که یک‌بار در روز محلول‌دهی شده بودند، در مقایسه با میوه گیاهانی که چهار و ۱۰ بار در روز محلول‌دهی شده بودند، به ترتیب ۷/۴ و ۲۶/۶٪ ترکیب‌های فنولی بیشتری داشتند (شکل ۷). میوه هایی که با سولفات پتاسیم یک گرم بر لیتر تیمار شده بودند نسبت به میوه‌های تیمار شده با سولفات پتاسیم دو گرم بر لیتر و شاهد به ترتیب ۶/۴ و ۱۸/۶٪ ترکیب‌های فنولی بیشتری داشتند و کمترین میزان مربوط به تیمار شاهد بود. میزان آنتوسیانین میوه طی دوره انبارمانی ۳۵/۷٪ کاهش یافت. بیشترین میزان آنتوسیانین میوه در محلول‌دهی چهاربار در روز مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با محلول‌دهی ۱۰ بار در روز در میوه‌های تیمار شده با سولفات پتاسیم یک گرم بر لیتر و شاهد نداشت. هم‌چنین در تیمار محلول‌پاشی سولفات پتاسیم دو گرم بر لیتر بین

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-24]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.1.7.1]

تعداد دفعه‌های محلول‌دهی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. میوه‌های تیمار شده با پتاسیم یک گرم بر لیتر نسبت به میوه‌های تیمار شده با پتاسیم دو گرم بر لیتر و شاهد به ترتیب ۹/۷ و ۱۷/۴٪ آنتوسیانین بیشتری داشتند.

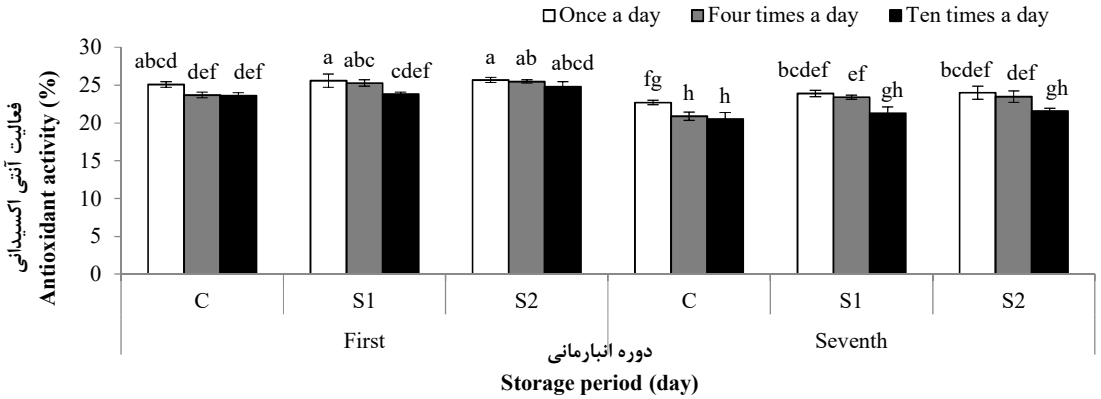

Fig. 6. Interactive effect of frequency of nutrition solution and foliar application of potassium sulfate and storage on antioxidant activity of strawberry CV. Paros. C: control (without potassium sulfate), S1: Potassium sulfate 1 g L^{-1}, S2: Potassium sulfate 2 g L^{-1}. The columns with the same letters have no significant difference at the 5% probability level of LSD test.

شکل ۶- اثر برهمکنش تعداد دفعه‌های محلول‌دهی، محلول‌پاشی سولفات پتاسیم و انبارمانی بر میزان فعالیت آنتی اکسیدانی میوه توت فرنگی رقم پاروس. C: شاهد (بدون سولفات پتاسیم)، S1: سولفات پتاسیم یک گرم بر لیتر، S2: سولفات پتاسیم دو گرم بر لیتر. ستون‌های دارای حرف‌های مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD ندارند.

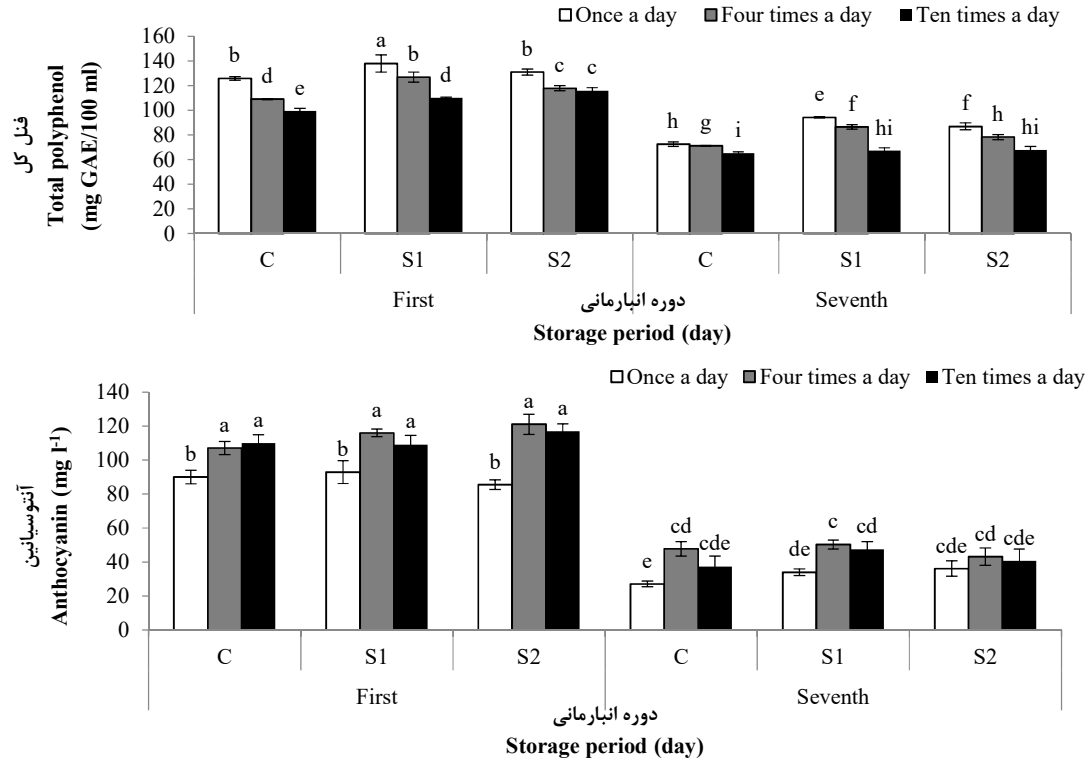

Fig. 7. Interactive effect of frequency of nutrition solution, foliar application of potassium sulfate and storage on total polyphenol and anthocyanin of strawberry CV. Paros. C: control (without potassium sulfate), S1: Potassium sulfate 1 g L^{-1}, S2: Potassium sulfate 2 g L^{-1}. The columns with the same letters have no significant difference at the 5% probability level of LSD test.

شکل ۷- اثر تیمارهای تعداد دفعه‌های محلول‌دهی، محلول‌پاشی سولفات پتاسیم و انبارمانی بر فنول کل و آنتوسیانین میوه توت فرنگی رقم پاروس. C: شاهد (بدون سولفات پتاسیم)، S1: سولفات پتاسیم یک گرم بر لیتر، S2: سولفات پتاسیم دو گرم بر لیتر. ستون‌های دارای حرف‌های مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD ندارند.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.1.7.1]

یکی از دلایل اصلی کاهش ترکیب‌های فنولی در طی انبارمانی، اکسیداسیون فنول‌ها به وسیله آنزیم‌های پلی فنول اکسیداز و پراکسیداز و تنفس بالای محصول نسبت داده شده است (۲۵). نشان داده شد که پتاسیم می‌تواند ویژگی‌های کیفی میوه را در دوره انبار به مدت بیشتری در مقایسه با شاهد بهبود بخشد و در میوه‌های تیمار شده با پتاسیم میزان فنول گوشت و پوست نسبت به شاهد بیشتر بود (۱). با وجود کاهش میزان ترکیب‌های فنولی با گذشت زمان انبارمانی، تیمار محلول‌پاشی سولفات پتاسیم منجر به حفظ سطوح بالاتر این ترکیب‌ها نسبت به شاهد گردید. در این پژوهش در مدت انبارمانی میزان آنتوسیانین میوه نسبت به زمان برداشت کاهش یافت که دلیل این کاهش می‌تواند به پیری و از بین رفتن بافت میوه و تخریب آنتوسیانین‌ها نسبت داده شود.

شاخص‌های رنگ میوه و کاسبرگ

بر اساس نتیجه‌های مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲)، شاخص‌های رنگ میوه زیر تاثیر دوره انبارمانی قرار گرفتند. در دوره انبارمانی میزان کروما (Croma) و درخشندگی (L) میوه به ترتیب ۶/۶ و ۴/۵ ٪ کاهش یافتند. شاخص هیو نیز طی دوره انبارمانی کاهش یافت. نتیجه‌های این آزمایش نشان داد که اثر انبارمانی بر شاخص‌های رنگ میوه و کاسبرگ معنی‌دار بود به‌طوری‌که شاخص‌های درخشندگی، کروما و هیو میوه در طی مدت انبارمانی کاهش یافت (جدول ۲). شاخص *L بیانگر میزان درخشندگی و شفافیت میوه‌ها است و هرچه مؤلفه *L در میوه‌ها بیشتر باشد، زمینه تیرگی بافت کمتر است. تغییر زاویه هیو نشانه تغییر رنگ میوه می‌باشد و با گذشت زمان انبارمانی، رنگ میوه توت فرنگی تغییر کرده و میوه‌ها تیره‌تر و سطح آن‌ها قهوه‌ای می‌شود (۱۱). در واقع کاهش زاویه رنگ به معنی تغییر رنگ بافت میوه از قرمز مایل به صورتی به قرمز مایل به تیره می‌باشد. دلیل تیره‌تر شدن رنگ میوه توت‌فرنگی با گذشت زمان انبارمانی، تخریب آنتوسیانین‌ها و هم‌چنین از دست دادن رطوبت میوه است (۱۰). نتیجه‌های این پژوهش نشان داد که شاخص‌های رنگ کاسبرگ زیر تاثیر دوره انبارمانی قرار گرفتند (جدول ۲). شاخص درخشندگی و کرومای کاسبرگ در دوره انبارمانی به ترتیب ۲۲ و ۱۲ ٪ افزایش یافتند و شاخص هیو کاسبرگ در طی انبارمانی کاهش یافت. بر اساس نتیجه‌های به دست آمده زاویه هیو از ۱۰۱ به ۹۳ کاهش یافت، که نشان دهنده کاهش رنگ سبز در بافت کاسبرگ می‌باشد. در مدت انبارمانی کلروفیل موجود در بافت کاسبرگ شکسته شده و میزان کلروفیل کاسبرگ کاهش می‌یابد و از میزان تیرگی بافت کاسته می‌شود. در نتیجه رنگ کاسبرگ از سبز تیره در ابتدای انبارمانی به سبز روشن در روز هفتم رسید. میزان کلروفیل با سبزینگی برگ همبستگی دارد و تغییر در میزان کلروفیل با تغییر در رنگ همراه است که نشان دهنده تغییر در کیفیت است (۲۶). افزایش میزان کروما را می‌توان به کاهش خلوص رنگ کاسبرگ که در نتیجه تخریب کلرفیل و کاهش رنگ سبز در طی انبارمانی اتفاق می‌افتد، نسبت داد. نتیجه‌های مشابهی در ارتباط با افزایش میزان درخشندگی و کاهش شاخص هیو در برگ‌های تازه اسفناج در دوره انبارمانی گزارش شده است (۱۶). هم‌چنین در بررسی تغییرهای رنگ در برگ‌های چغندر در مدت دوره انبارمانی گزارش شده است که شاخص هیو و میزان کلروفیل کل در دوره انبارمانی کاهش یافت و شاخص L افزایش پیدا کرد (۱۵).

جدول ۲- اثر دوره انبارمانی بر شاخص‌های رنگ میوه و کاسبرگ توت فرنگی رقم پاروس.

Table 2. The effect of storage period on fruit and sepal color indexes of strawberry cv. Paros.

دوره انبارمانی (روز) Storage period (day)	میوه Fruit			کاسبرگ Sepal		
	L	Croma	Hue	L	Croma	Hue
روز اول (First)	28.4[a]	34.7[a]	26[a]	21.2[b]	9.3[b]	101[a]
روز هفتم (Seventh)	27.1[b]	32.4[b]	25[b]	25.9[a]	10.5[a]	93.8[b]

Different letters in each column show significant differences at $P \leq 0.05$ (LSD).

حروف مختلف در هر ستون، اختلاف معنی داری را بر اساس آزمون LSD، در سطح احتمال ۵٪ نشان می دهد.

نتیجه گیری

براساس نتیجه‌های به‌دست آمده میوه توت‌فرنگی رقم پاروس در مدت انبارمانی دچار تغییرهایی می‌گردد. با افزایش تعداد دفعه‌های محلول‌دهی از یک بار به چهار بار در روز میزان ویتامین C، سفتی و آنتوسیانین میوه افزایش و ماده‌های جامد محلول،

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.1.7.1]

اسید کل، ظرفیت آنتی اکسیدانی و فنول کل کاهش یافت و افزایش تعداد دفعه‌های محلول‌دهی از چهار بار به ده بار در روز، سبب کاهش ویژگی‌های کیفی و انبارمانی میوه‌ها گردید. محلول‌پاشی سولفات پتاسیم یک گرم بر لیتر بیشترین تاثیر را بر میزان اسید کل، فنول و آنتوسیانین میوه‌ها در طی انبارمانی داشت و بیشترین میزان ماده‌های جامد محلول میوه و کمترین میزان درصد کاهش وزن در تیمار محلول‌پاشی سولفات پتاسیم دو گرم بر لیتر در مدت انبارمانی به‌دست آمد و به‌طور کلی محلول‌پاشی سولفات پتاسیم توانست ویژگی‌های کیفی میوه را طی مدت انبارمانی نسبت به تیمار شاهد بهبود بخشد.

منابع References

۱. حیدری، م. دستجردی، ع. و ن. مرادی. ۱۳۹۰. اثرات پرمنگنات پتاسیم و مدت انبارداری بر خصوصیات کیفی میوه انبه. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۱۳۶-۱۳۰: (۲)۲۵.

۲. روستا، ح. ۱۳۹۵. تغذیه گیاه در آبکشت (هیدروپونیک). انتشارات دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان. ۵۷۷ صفحه.

۳. کوچکی، ع.م. و م. صفری. ۱۳۷۲. روابط آب و خاک. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۶۰ صفحه.

4. Babalar, M., M. Asghari, A. Talaei, and A. Khosroshahi. 2007. Effect pre and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production fungal decay and overall quality of selva strawberry fruit. Food. Chem. 105(2): 449-453.
5. Dong, F. and X. Wang. 2017. Effects of carboxymethyl cellulose incorporated with garlic essential oil composite coatings for improving quality of strawberries. J. Biol. Macromolecules. 104: 821-826
6. Gao, P., Z. Zhu, and P. Zhang. 2013. Effect of chitosan-glucose complex coating on postharvest quality and shelf life of table grapes. Carbo. Polymers. 95: 371-378.
7. Gil, M. I., F. A. Barberan, B. Hess-Pierce, D. M. Holcroft, and A. A. Kader. 2000. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. Food. Chem. 48(10): 4581-4589.
8. Gol, N.B., P.R. Patel, and T.R. Rao. 2013. Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. Postharvest Biol. Technol. 85: 185-195.
9. Guerreiro, A.C., C.M. Gago, M.L. Faleiro, M.G. Miguel, and M.D. Antunes. 2015. The use of polysaccharide-based edible coatings enriched with essential oils to improve shelf-life of strawberries. Postharvest Biol. Technol. 110: 51-60.
10. Han, C., Y. Zhao, S.W. Leonard, and M.G. Traber. 2004. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria× ananassa* Duch.) and raspberries (*Rubus ideaus*). Postharvest Biol. Technol. 33(1): 67-78.
11. Hernandez-Munoz, P., E. Almenar, V. Del Valle, D. Velez, and R. Gavara. 2008. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria× ananassa* Duch.) quality during refrigerated storage. Food. Chem. 110(2): 428-435.
12. Hernandez-Munoz, P., E. Almenar, M.J. Ocio, and R. Gavara. 2006. Effect of calcium dips and chitosan coating on postharvest life of strawberries (*Fragaria×ananassa* Duch.). Postharvest Biol. Technol. 39: 247-253.
13. Jacobs, M. B. 1959. The chemical analysis of food and food products. D. Van. Instead (3rd ed). Princeton. New Jersey. USA.
14. Kanai, S., K. Ohkura, J.J. Adu-Gyamfi, P.K. Mohapatra, N.T. Nguyen, H. Saneoka, and K. Fujita. 2007. Depression of sink activity precedes the inhibition of biomass production in tomato plants subjected to potassium deficiency stress. J. Exp. Bot. 58: 2917-2928.
15. Kasim, M.U. and R. Kasim. 2012. Color changes of fresh-cut swiss chard leaves stored at different light intensity. Amer J. Food. Technol. 7: 13-21.
16. Kasim, M.U. and R. Kasim. 2017. Yellowing of fresh-cut spinach (*Spinacia oleracea* L.) leaves delayed by UV-B applications. Inform. Proces. Agr. 4: 214-219.
17. Liesche, J., 2015. How regulation of phloem transport could link potassium fertilization to increased growth. Tree Physiol. 36(1): 1-5.
18. Liu, F., S. Savic, C.R. Jensen, A. Shahnazari, S.E. Jacobsen, R. Stikic and M.N. Andersen. 2007. Water relations and yield of lysimeter grown strawberries under limited irrigation. Sci. Hort. 111(2): 128-132.
19. Lin, D., D. Huang and S. Wang. 2004. Effects of potassium levels on fruit quality of muskmelon in soilless medium culture. Sci. Hort. 102(1): 53-60.
20. Lobos, T.E., J.B. Retamales, S. Ortega-Farias, E.J. Hanson, R. Lopez-Olivari and M.L. Mora. 2016. Pre-harvest regulated deficit irrigation management effects onpost-harvest quality and condition of *V. corymbosum* fruits cv. Brigitta. Sci. Hort. 207: 152-159.
21. Meyers, K.J., C.B. Watkins, M.P. Pritts and R.H. Liu. 2003. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. Food Chem. 51: 6887-6892.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.1.7.1]

22. Min, S., L.J. Harris, J.H. Han and J.M. Krochta. 2005. Listeria monocytogenes inhibition by whey protein films and coatings incorporating lysozyme. J. Food. Prot. 68(11): 2317-2325.
23. Moing, A., C. Renaud, M. Gaudillere, P. Raymond, P. Roudeillac and B.D. Rothan. 2001. Biochemical changes during fruit development of four strawberry cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 124(4): 394-403.
24. Oliveira, A., D.P. Almeida and M. Pintado. 2014. Changes in phenolic compounds during storage of pasteurized strawberry. Food Biol. Technol. 7(6):1840-1846.
25. Pongener, A., B.V.C. Mahajan and H. Singh. 2011. Effect of different packaging films on storage life and quality of peach fruits under cold storage conditions. Indian J. Hort. 68: 240-245.
26. Roura, S.T., L.A. Davidovich and C. E. Valle. 2000. Quality loss in minimally processed swiss chard related to amount of damaged area. Lebensmittel Wissenscaft Technol. 33: 53-59.
27. Rosli, H.G., P.M. Civello and G.A. Martinez. 2004. Changes in cell wall composition of three *Fragaria×ananassa* cultivars with different softening rate during ripening. Plant Physiol. Biochem. 42: 823-831.
28. Robert, C.E and L. Edward. 1993. Regulated deficit irrigation may alter apple maturity, quality, and storage life. J. Hort. 28(2):141-143.
29. Said, S., L. Guangmin, L. Mingchi, J. Yanhai, H. Hongju and G. Nazim. 2018. Effect of Irrigation on growth, yield, and chemical composition of two green bean cultivars. J. Hort. 4(1): 3.
30. Soares, A.G., L.C. Trugo, N. Botrel and L.F. Souza. 2005. Reduction of internal browning of pineapple fruit (*Ananas comususL*.) by preharvest soil application of Potassium. Postharvest Biol. Technol. 35: 201-207.
31. Tehranifar, A and S. Mahmooditabar. 2009. Foliar application of potassium and Boron during pomegranate (*Punica granatum*) fruit development can improve fruit quality. Hort. Environ. Biotechnol. 3(50): 23-34.
32. Tuzel, I. H., Y. Tuzel, A. Gul, H. Altunlu and R. Z. Eltez. 2001. Effect of different irrigation schedules, substrates and substrate volimes on fruit quality and yield of greenhouse tomato. Acta Hort. 548: 285-291.
33. Valero, D., H.M. Diaz-Mula, P.J. Zapata, F. Guillen, D. Martinez-Romero, S. Castillo and M. Serrano. 2013. Effects of alginate edible coating on preserving fruit quality in four plum cultivars during postharvest storage. Postharvest Biol. Technol. 77: 1-6.
34. Wang, S. Y and H. Gao. 2013. Effect of chitosan-based edible coating on antioxidants, antioxidant enzyme system, and postharvest fruit quality of strawberries (*Fragaria x aranassa* Duch.). Food Sci. Technol. 52(2): 71-79.
35. Yuan, B. Z., J. Sun and S. Nishiyama .2003. Effect of drip irrigation on strawberry growth and yield inside a plastic green house. Bio. Systems. Eng. 87(2): 237-245.
36. Zivdar, S., K. Arzani, M.K. Souri, N. Moallemi and S.M. Seyyednejad. 2016. Physiological and biochemical response of olive (*olea europaea* l.) cultivars to foliar potassium application. J. Agr. Sci. Technol. 18: 1897-1908.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.1.7.1]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 21 (1): 83 - 94 (2020)
Research article

Effect of Frequency of Fertigation and Foliar Application of Potassium Sulfate on Postharvest Quality of Strawberry Fruit in Hydroponic Culture

M.R. Malekzadeh Shamsabad, M. Esmaeilizadeh*, H.R. Roosta and F. Nazoori[1]

In hydroponic systems, if fertigation is not managed properly, quantitative and qualitative properties of the plant will be affected. In order to investigate post-harvest quality of strawberry fruit in response to the frequency of fertigation and foliar application with potassium sulfate, an experiment was performed with two factors including the number of times per day at three levels (once, four and ten times) and foliar application at three levels (Control, 1 and 2 g L^{-1}) in a completely randomized design with three replications at Vali-e-Asr University in Rafsanjan. The results showed that the amount of soluble solids of the fruit and pH of the fruit juice increased during storage. The total acid, vitamin C, firmness, phenolic compounds and anthocyanin of the fruit reduced during storage. At the end of storage period, the highest amount of soluble solids, total acid, antioxidant capacity and total phenol of the fruit was observed in once fertigation treatment and with increasing fertigation times up to four times a day, the amount of vitamin C, firmness and anthocyanin of the fruit increased. The fruit color and sepal hue indicators reduced and sepal L* and chroma increased. Both potassium sulfate treatments resulted in better shelf life of strawberry fruit than the control.

Keywords: Color indices, Quantitative and qualitative features, Soluble solids, Weight loss.

1. Former M.Sc. Student, Associate Professor, Professor and Assistant Professor of Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Vali-e- Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran, respectively.
* Corresponding author, Email: (esmaeilizadeh@vru.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.1.7.1]