تأثیر غلظت پتاسیم محلول غذایی بر لیکوپن، ویتامین ث و ویژگی‌های کیفی گوجه‌فرنگی آلبالویی در شرایط شور

ادریس شعبانی سنگتراشانی* و سید جلال طباطبایی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۶/۱۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۴/۱۱)

چکیده

پتاسیم در بهبود کیفیت محصولات کشاورزی جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده است. به منظور ارزیابی تأثیر غلظت پتاسیم محلول غذایی بر محتوای لیکوپن، ویتامین ث و خصوصیات کیفی گوجه‌فرنگی آلبالویی در شرایط شوری کلرید سدیم، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی، با پنج تیمار و سه تکرار در سال ۱۳۸۹ در دانشگاه تبریز به اجرا در آمد. تیمارها شامل چهار غلظت پتاسیم (۰/۲، ۲، ۷ و ۱۴ میلی‌مولار) در محلول غذایی با غلظت ۶۰ میلی‌مولار شوری کلرید سدیم بودند. یک تیمار محلول غذایی بدون شوری نیز به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. آزمایش در گلخانه و به صورت هیدروپونیک انجام شد. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت پتاسیم، محتوای لیکوپن میوه افزایش یافت. محتوای لیکوپن در تیمار شاهد در مقایسه با تیمار شوری اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال ۱٪ نشان داد. با افزایش غلظت پتاسیم (به جز غلظت ۱۴ میلی‌مولار)، بر مقدار ویتامین ث افزوده شد، ولی تفاوت معنی‌داری را به لحاظ آماری نشان ندادند. در شرایط تیمار شوری نیز مقدار ویتامین ث بیشتر از تیمار شاهد بود، ولی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. افزایش غلظت پتاسیم در محلول غذایی سبب بهبود عملکرد و افزایش پارامترهای کیفیت مانند درصد ماده خشک، مواد جامد محلول و هدایت الکتریکی عصاره میوه شد. چون در شرایط شور، ویژگی‌های کیفی میوه گوجه‌فرنگی در غلظت ۷ میلی‌مولار پتاسیم در بهترین وضعیت بودند، بنابراین استفاده از این غلظت توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: خصوصیات کیفی، عملکرد، کلرید سدیم، محلول غذایی، هیدروپونیک

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: edris.shabani@gmail.com

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-08-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.12.1]

مقدمه

گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculeutum*) از سبزی‌های میوه‌ای مهمی است که به لحاظ داشتن ویتامین‌های آ و ث و سایر ترکیبات معدنی، نقش مهمی را در سلامت جامعه ایفا می‌کند. در گوجه‌فرنگی نیز مانند سایر گیاهان، رشد بهینه و عملکرد مطلوب از نظر کمی و کیفی تحت تأثیر شرایط تغذیه‌ای قرار دارد و نقش پتاسیم از این نظر نقش ویژه‌ای است (۵). امروزه به دلیل کمبود منابع آب و یا وجود منابع آب با کیفیت نامطلوب (آب‌های شور)، مدیریت تولید سبزی‌ها تحت شرایط شوری بسیار مورد توجه قرار گرفته است (۲۳). پتاسیم در بهبود کیفیت محصولات کشاورزی جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده است. به طوری که از این عنصر به نام عنصر کیفیت نام برده می‌شود. پتاسیم یکی از عناصر اصلی و معدنی گیاه گوجه‌فرنگی می‌باشد و حد بهینه آن در حدود ۲/۵ تا ۵ درصد وزن خشک گیاهی است. غلظت پتاسیم در ابتدا زیاد است (بیشتر از ۵٪)؛ اما بعداً با افزایش سن بوته گوجه‌فرنگی، کاهش می‌یابد (۵). ملکوتی و همکاران (۲۲) گزارش کردند که میزان کل مواد جامد محلول، قندها، اسیدها، کاروتن، لیکوپن و خاصیت انباری در میوه‌های گوجه‌فرنگی که از تغذیه پتاسیم بهره‌مند باشند، بیشتر است. هارتز و همکاران (۱۳) بیان کردند که پتاسیم شدت فتوسنتز کلروپلاست و سرعت انتقال مواد فتوسنتزی از طریق آوند آبکش به بافت‌های ذخیره‌ای را افزایش می‌دهد که به موجب آن عملکرد و کیفیت میوه بهبود می‌یابد.

مهم‌ترین آثار ظاهری صدمات شوری به گیاه، کاهش رشد است که دو عامل اساسی باعث آن می‌شود: اول به هم خوردن توازن یونی ناشی از کاهش جذب یون‌های ضروری و انباشتگی یون‌های مضر، و دوم، کمبود آب ناشی از کاهش جذب آب که با کاهش سنتز پروتئین، تعرق، انتقال یون‌ها و در نهایت کاهش محصول همراه است (۱۱). پتاسیم در مقادیر زیاد موجب کاهش تأثیرات منفی شوری بر رشد رویشی گیاه و عملکرد میوه‌ها می‌شود (۲۵).

با توجه به اینکه پتاسیم سبب تعدیل و کاهش آثار شوری بر عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی می‌شود، در این آزمایش، تأثیر غلظت پتاسیم محلول غذایی بر محتوای لیکوپن و ویتامین ث به عنوان مهم‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های گوجه فرنگی آلبالویی و برخی ویژگی‌های کیفی میوه در شرایط گلخانه‌ای و سیستم هیدروپونیک مورد بررسی قرار گرفت. در این آزمایش، گوجه‌فرنگی آلبالویی به علت داشتن شکل و مزه خاص، ظاهر بازارپسند و شیوه‌های متفاوت مصرف، انتخاب گردیده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز به صورت هیدروپونیک در فروردین سال ۱۳۸۹ شروع گردید. بذرهای گوجه‌فرنگی آلبالویی، رقم Guindo RZ(74-108 RZ)، محصول شرکت رکزوان هلند، پس از جوانه‌دار کردن در شرایط آزمایشگاه، در اوایل اردیبهشت ۱۳۸۹ به بستر کشت اصلی انتقال داده شدند. آزمایش در مخلوطی از پرلیت و ورمیکولیت (با نسبت حجمی ۷۵٪ پرلیت و ۲۵٪ ورمیکولیت) در گلدان‌های کیسه‌ای مشکی با قطر دهانه ۳۲ و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر انجام شد. گیاهان در محیط کنترل شده گلخانه و تحت شرایط نور طبیعی رشد کردند. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار (در هر تکرار ۴ گیاه) به اجرا در آمد. فاصله بوته‌ها ۳۰ سانتی‌متر، فاصله ردیف‌ها ۱/۲ متر و تراکم بوته حدود ۲/۴ بوته در متر مربع بود. تیمارها شامل غلظت‌های مختلف پتاسیم (۰/۲، ۲، ۷ و ۱۴ میلی‌مولار) در محلول غذایی با غلظت ۶۰ میلی‌مولار شوری (کلرید سدیم) بودند. تیمار محلول غذایی ۷ میلی‌مولار بدون شوری نیز به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. در این آزمایش، از محلول غذایی تغییر یافته هوگلند استفاده شد. غلظت‌های مختلف پتاسیم در شرایط شوری ۶۰ میلی‌مولار به‌طور جداگانه تحلیل شدند. سطح استاندارد پتاسیم در محلول هوگلند (۷ میلی‌مولار)

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-08-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.12.1]

جدول ۱. EC (دسی‌زیمنس بر متر) و غلظت عناصر (میلی‌گرم در لیتر) در محلول‌های غذایی (تیمارها)

تیمار	EC	N	K	Ca	P	S	Mg	Fe	Cl	B	Mn	Zn	Cu	Mo	Na
$K_{0.2}$	۶/۷	۱۴۰	۷/۸	۱۶۰	۳۰	۳۳/۲	۲۴	۱/۵	۲۱۳۰	۰/۳۲	۱/۶	۰/۲۷	۰/۱۸	۰/۰۱	۱۴۷۲
K_2	۷/۳	۱۴۰	۷۸	۱۶۰	۳۰	۳۳/۲	۲۴	۱/۵	۲۱۳۰	۰/۳۲	۱/۶	۰/۲۷	۰/۱۸	۰/۰۱	۱۴۷۲
K_7	۷/۶	۱۴۰	۲۷۳	۱۶۰	۳۰	۳۳/۲	۲۴	۱/۵	۲۱۳۰	۰/۳۲	۱/۶	۰/۲۷	۰/۱۸	۰/۰۱	۱۴۷۲
K_{14}	۸/۷	۱۴۰	۵۴۶	۱۶۰	۳۰	۳۳/۲	۲۴	۱/۵	۲۱۳۰	۰/۳۲	۱/۶	۰/۲۷	۰/۱۸	۰/۰۱	۱۴۷۲
K_7 بدون شوری	۲/۱	۱۴۰	۲۷۳	۱۶۰	۳۰	۳۳/۲	۲۴	۱/۵	۱/۷	۰/۳۲	۱/۶	۰/۲۷	۰/۱۸	۰/۰۱	۰

در دو شرایط شور و بدون شوری به‌طور جداگانه مورد تجزیه و آنالیز قرار گرفت. ترکیب تیمارها در جدول ۱ ارائه شده است. روزانه ۵ بار محلول‌دهی توسط پمپ‌های زیر آبی انجام گرفت. در تمام تیمارها، pH در محدوده ۶/۵ تنظیم شد. مقدار هدایت الکتریکی (EC) و pH در طول دوره آزمایش به‌طور مداوم کنترل شد. به منظور جلوگیری از تجمع نمک‌ها در بستر کشت و تنظیم EC و pH، هر هفته یکبار عملیات آبشویی توسط آب معمولی انجام شد.

برای اندازه‌گیری محتوای لیکوپن از روش فیش و همکاران (۱۲) استفاده شد. بدین منظور ابتدا ۰/۶ گرم بافت تازه میوه در مخلوط‌کن له و عصاره آن تهیه گردید. پس از اضافه نمودن بوتیلات هیدروکسی تولوئن (Butylated hydroxytoluene)، استون و هگزان به عصاره، لوله‌های حاوی عصاره به مدت ۱۵ دقیقه روی همزن قرار گرفتند و سپس سه قطره آب مقطر به آن اضافه گردید. در مرحله بعد، نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه روی دستگاه لرزاننده (Shaker) قرار گرفتند. پس از قرارگیری نمونه‌ها در فضای آزمایشگاه (۵ دقیقه)، دو فاز رنگی تشکیل گردید که فاز زرد رنگ بالایی جدا گردید و میزان جذب نور در طول موج ۵۰۳ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر یادداشت شد. سپس با استفاده از فرمول (گرم بافت میوه/31.2 × A_{503}) غلظت لیکوپن بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر میوه محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری ویتامین ث میوه از روش تیتراسیون با محلول ۲-۶-دی‌کلروفنول ایندوفنول ۰/۰۲۵ درصد استفاده شد (۱۶). درصد مواد جامد محلول (Total soluble solids, TSS) میوه و دمبرگ توسط دستگاه رفراکتومتر دیجیتالی (Atago, Pal1, Japan) سنجیده شد. سفتی پوست و گوشت میوه توسط دستگاه سفتی‌سنج اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری pH و EC عصاره میوه، به ازای هر بوته چهار میوه انتخاب شد و ۱۰ گرم از گوشت میوه به طور کامل در هاون له گردید. سپس با آب مقطر به نسبت یک به ۵۰ رقیق شدند. سپس pH عصاره با استفاده از دستگاه pH متر وEC عصاره نیز با استفاده ازEC متر اندازه‌گیری شد. اسیدیته قابل تیتراسیون نیز با استفاده از محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال اندازه‌گیری شد (۳۲). اولین برداشت در حدود ۷۵ روز بعد از کاشت بذرها انجام و تا پایان آزمایش (۵ ماه) ادامه داشت. وزن تر و خشک میوه با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ اندازه‌گیری شد. درصد ماده خشک از تقسیم وزن تر بر وزن خشک ضربدر ۱۰۰ به‌دست آمد. پتاسیم برگ و میوه به روش نشر شعله‌ای و توسط دستگاه فلیم فتومتر و کلسیم میوه توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌های فوق توسط نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۰۱ مورد تجزیه آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ انجام شد. نمودارها با استفاده ازنرم‌افزار Excel ترسیم گردید.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-08-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.12.1]

نتایج و بحث

وزن تر و خشک و درصد ماده خشک میوه

با افزایش غلظت پتاسیم تا سطح استاندارد هوگلند (۷ میلی‌مولار)، عملکرد میوه در بوته افزایش و در بیشترین غلظت (۱۴ میلی‌مولار) به دلیل حد سمیت یون پتاسیم و تداخل در جذب سایر عناصر، دوباره کاهش یافت (شکل ۱). تیمار شوری در مقایسه با شاهد، عملکرد بوته را به میزان ۲۷٪ کاهش داد (شکل ۲). همچنین با افزایش غلظت پتاسیم، درصد ماده خشک میوه افزایش معنی‌داری را در سطح احتمال ۱٪ نشان داد. در تیمار شوری نیز درصد ماده خشک میوه بیشتر از تیمار شاهد بوده و افزایش معنی‌داری را در سطح احتمال ۱٪ نشان داد (جدول ۲).

غلظت پتاسیم برگ و کلسیم برگ و میوه

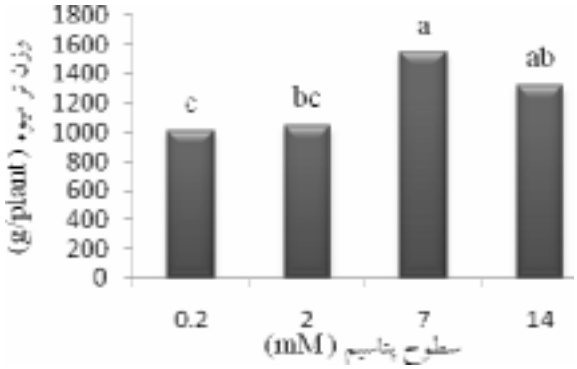
با افزایش غلظت پتاسیم، در شرایط شوری ۶۰ میلی‌مولار، میزان پتاسیم برگ گوجه‌فرنگی آلبالویی افزایش معنی‌داری را در سطح احتمال ۱٪ نشان داد. میزان پتاسیم در تیمار شاهد در مقایسه با تیمار شوری اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۲). با افزایش غلظت پتاسیم، غلظت کلسیم برگ و میوه کاهش معنی‌داری را نشان داد ($P \leq 0.01$) (جدول ۲ و شکل ۳). میزان کلسیم برگ و میوه در تیمار شاهد بیشتر از تیمار شوری بود و به ترتیب در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ معنی‌دار گردید (جدول ۲ و شکل ۴).

افزایش محتوای پتاسیم برگ، درصد ماده خشک طالبی‌های رشد یافته در گلخانه را افزایش داد (۳). ویت کهلر و همکاران (۳۴) گزارش کردند که گوجه‌فرنگی‌هایی که تحت تیمار شوری قرار گرفته‌اند، جذب آب در آنها به سبب وقوع پدیده‌ای به نام خشکی اسمزی (Osmotic drought) کاهش می‌یابد. این محدودیت در جذب آب سبب افزایش قندها، اسیدها و نشاسته در میوه‌های تحت تیمار می‌شود و افزایش در ماده خشک را به دنبال دارد. مهم‌ترین تفاوت بین گیاهان تحت تیمار شوری و گیاهان شاهد، افزایش تجمع نشاسته در میوه‌های گیاهان تحت تیمار شوری می‌باشد (۲۶). حفظ سطوح مناسبی از پتاسیم برای ادامه حیات گیاه در مکان‌های شور ضروری است. بسیاری از پژوهش‌های انجام شده روی طیف گسترده‌ای از محصولات باغی، ثابت می‌کند که غلظت پتاسیم در بافت گیاه و عمدتاً بر اساس ماده خشک در مقایسه با تیمار شاهد، با افزایش میزان سدیم و یا افزایش نسبت یون سدیم به کلسیم حاصل از شوری در محیط ریشه کاهش پیدا می‌کند. کاهش پتاسیم می‌تواند به دلیل رقابت سدیم بر سر مکان‌های اتصال به ناقل‌های غشاء پلاسمایی و یا نشت پتاسیم به دلیل عدم ثبات غشاء پلاسمایی باشد (۲۸). شوری ۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم سبب کاهش غلظت پتاسیم در برگ‌ها در مقایسه با شاهد شد. ولی با فراهم-آوری کودهای پتاسیمی، غلظت پتاسیم در برگ‌های گوجه-فرنگی آلبالویی افزایش یافت. نتایج مشابه توسط کایا و همکاران (۱۷) در اسفناج گزارش شد. آنها نشان دادند که با افزایش غلظت پتاسیم در شرایط شور، میزان پتاسیم در برگ افزایش می‌یابد. روبیو و همکاران (۲۹) بیان داشتند که غلظت کم پتاسیم در شرایط شور سبب افزایش جذب و انتقال کلسیم در برگ و میوه فلفل می‌شود که با یافته‌های این پژوهش (شکل ۳) مطابقت می‌کند. در کمترین غلظت پتاسیم، بیشترین مقدار کلسیم برگ و میوه مشاهده گردید. هو و همکاران (۱۵) گزارش کردند که غلظت کم پتاسیم سبب تولید گیاهانی با سطح برگ کم می‌شود و در نتیجه رقابت بین برگ و میوه جهت کلسیم قابل دسترس کاهش پیدا می‌کند. کاهش مقدار کلسیم درغلظت زیاد پتاسیم به دلیل انتقال بسیار کند آن می‌باشد (۲۱).

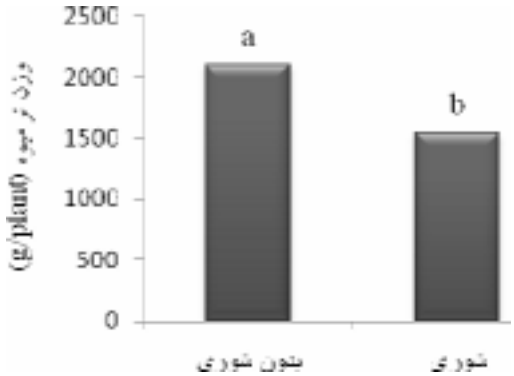
غلظت کلسیم میوه گوجه‌فرنگی آلبالویی کمتر از برگ بود (جدول ۲ و شکل ۳)، که دلایل مختلفی برای آن قابل ذکر است. بماداک و همکاران (۴) در گزارشی به این مطلب اشاره کرده و بیان داشتند که غلظت کلسیم میوه (یک میلی‌گرم در گرم ماده خشک) کمتر از غلظت کلسیم برگ (۴۵ میلی‌گرم در گرم ماده خشک) است. نتایج مشابه توسط آدامز و هولدر (۱) در گیاه گوجه‌فرنگی گزارش شده است. این کاهش به علت

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-08-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.12.1]



شکل ۱. تأثیر غلظت‌های مختلف پتاسیم محلول غذایی بر عملکرد تک بوته گوجه‌فرنگی آلبالویی شکل



شکل ۲. تأثیر شوری (۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) بر عملکرد تک بوته گوجه‌فرنگی آلبالویی

جدول ۲. تأثیر غلظت پتاسیم محلول غذایی بر خصوصیات کیفی میوه و غلظت عناصر معدنی برگ و میوه گوجه‌فرنگی آلبالویی در شرایط شور

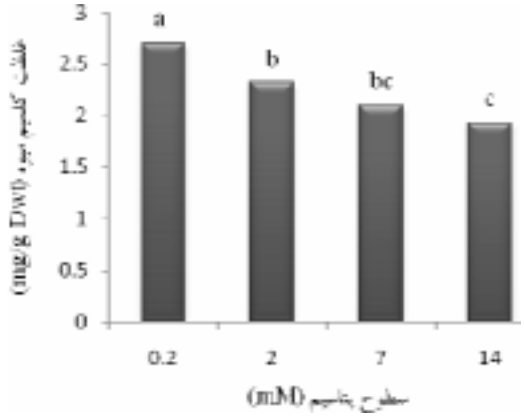
صفات / غلظت پتاسیم (mM)	وزن خشک میوه (g)	ماده خشک میوه (٪)	پتاسیم برگ (mg/gDwt)	کلسیم برگ (mg/gDwt)
$K_{0.2}$	۱۳۲/۶۳ b	۱۳/۱۷ b	۱۴/۱۳ c	۱۵/۳۷ a
K_{2}	۱۴۱/۷۷ b	۱۳/۶۰ b	۱۶/۹۶ bc	۱۴/۳۳ b
K_{7}	۲۱۷/۳۰ a	۱۴/۱۰ a	۲۵/۹۶ b	۹/۰۴ c
K_{14}	۱۴۹/۸۳ ab	۱۱/۳۷ c	۴۸/۸۳ a	۷/۳۶ d
بدون شوری	۱۳۲/۵۷ b	۱۰/۱۶ b	۳۳/۶۶	۱۵/۱۲ a
شوری	۲۱۷/۳۰ a	۱۴/۱۰ a	۲۵/۹۶	۹/۰۴ b
تیمار	---	معنی‌داری	---	---
بدون شوری در مقابل شوری	**	**	ns	**
تیمارهای پتاسیم	*	**	**	**

**، *و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و غیر معنی‌دار

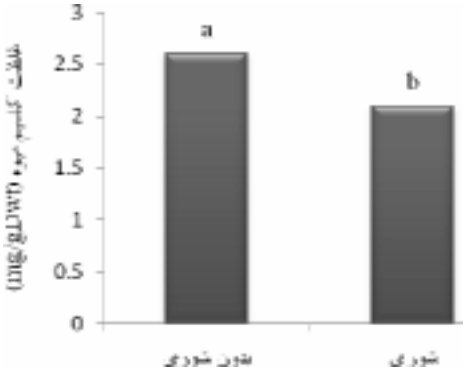
اختلاف سرعت تعرق بین گل‌ها و میوه‌ها با برگ می‌باشد که سبب می‌شود جریان آوند چوبی مستقیماً به سمت برگ‌ها باشد (۳۳). یکی از اثرهای بارز شوری، کاهش مقدار کلسیم در اندام‌های هوایی است. با افزایش شوری، نسبت Ca^{2+} به Na^{+} در اندام‌های مختلف گیاهان کاهش می‌یابد و همین امر سبب اختلال در نفوذ پذیری غشاء سلولی می‌شود (۸). شوری سبب افزایش مقاومت هیدرولیکی در مسیر بین ساقه و میوه شده و سبب می‌شود انتقال آب و کلسیم به میوه با سرعت کمتری صورت گیرد؛ در نتیجه، میزان کلسیم میوه در شرایط شور کاهش می‌یابد (۲۴).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-08-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.12.1]



شکل ۳. تأثیر غلظت پتاسیم محلول غذایی بر غلظت کلسیم میوه گوجه‌فرنگی آلبالویی



شکل ۴. تأثیر شوری (۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) بر غلظت کلسیم میوه گوجه‌فرنگی آلبالویی

مواد جامد محلول میوه و دمبرگ

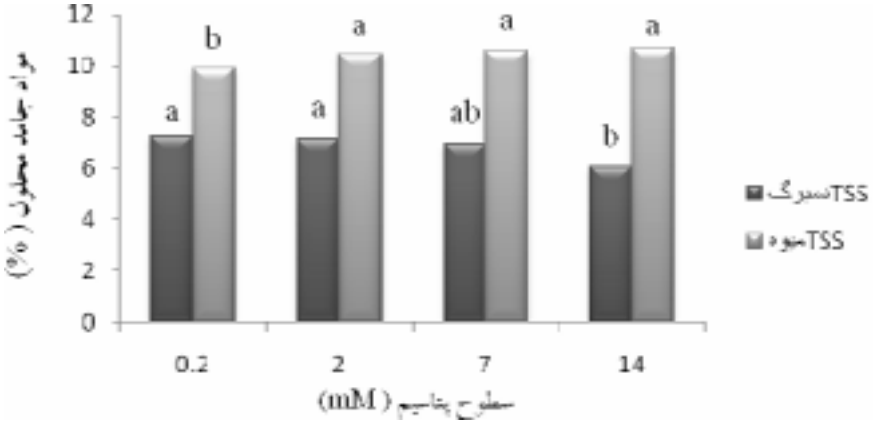
در شکل ۵ اثر غلظت‌های مختلف پتاسیم بر TSS میوه و دمبرگ نشان داده شده است. همان طور که این شکل نشان می‌دهد، با افزایش غلظت پتاسیم، TSS میوه افزایش ولی TSS دمبرگ کاهش یافت. میزان TSS دمبرگ علی‌رغم اینکه در تیمار شاهد بیشتر از تیمار شوری بود، ولی اختلاف معنی‌داری را به لحاظ آماری نشان نداد (جدول ۳). مواد جامد محلول میوه در تیمار شاهد نسبت به تیمار شوری به میزان ۱۶٪ کاهش یافت. افزایش غلظت پتاسیم سبب افزایش مواد جامد محلول در فلفل دلمه‌ای می‌شود (۲۹)، که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. در تیمارهای پتاسیم، با افزایش TSS میوه، غلظت کلسیم برگ و میوه نیز کاهش پیدا کرد، که احتمالاً به دلیل رسوب کلسیم به صورت اگزالات یا فسفات کلسیم در واکوئل می‌باشد (۳۲). لین و همکاران (۲۰) نشان دادند که غلظت ۲۴۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم سبب افزایش تجمع قند در میوه طالبی شد، که احتمالاً به دلیل افزایش فعالیت آنزیم متابولیز کننده ساکارز و تجمع ATP می‌باشد. مشاهدات هپاکسوی و همکاران (۱۴) نیز نشان داد که شوری، میزان TSS را در انگور افزایش می‌دهد. به نظر می‌رسد کاهش جذب عناصر غذایی از جمله پتاسیم، در شرایط شوری می‌تواند بر متابولیسم کربوهیدرات‌ها و تولید اسیدهای آلی اثر گذار باشد (۲۷).

pH، EC و اسیدیته قابل تیتراسیون میوه

مقایسه میانگین pH میوه تحت تأثیر غلظت پتاسیم (جدول ۳) نشان می‌دهد که افزایش پتاسیم تأثیر معنی‌داری بر pH میوه نداشته است؛ ولی تأثیر آن بر EC میوه معنی‌دار بوده است ($P\leq0.01$). در تیمار شاهد، نسبت به تیمار شوری، EC میوه به میزان ۱۳٪ کاهش نشان داد. همچنین با افزایش سطوح پتاسیم، TA افزایش یافت، ولی اختلاف معنی‌داری نشان نداد. در تیمار شاهد نیز در مقایسه با تیمار شوری، TA و pH میوه اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۳). یورتسون و همکاران (۳۶) گزارش کردند که کاربرد پتاسیم هیچ تأثیری بر pH گوجه‌فرنگی نداشت. به نظر می‌رسد در شرایط شور، کاهش مقادیر آب میوه به دلیل پتانسیل کم آب در گیاه و برگ و افزایش غلظت برخی عناصر مانند سدیم و کلر، نقش مهمی را در افزایش هدایت الکتریکی عصاره دارد (۹). بارآکیوا (۲) افزایش اسیدیته پرتقال والنسیا را با اعمال تیمارهای پتاسیم گزارش کرد. در گوجه‌فرنگی نیز افزایش اسیدتیه در شرایط شور گزارش شده است (۲۶)، که در تأیید نتایج حاضر می‌باشد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-08-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.12.1]



شکل ۵. تأثیر غلظت‌های مختلف پتاسیم محلول غذایی بر TSS میوه و دمبرگ گوجه‌فرنگی آلبالویی

جدول ۳. تأثیر غلظت پتاسیم محلول غذایی بر برخی خصوصیات کیفی میوه گوجه‌فرنگی آلبالویی در شرایط شور

صفات / غلظت پتاسیم (mM)	EC میوه (dSm^{-1})	pH میوه	TA ($meq\ g^{-1}$)
$K_{0.2}$	۰/۷۵ b	۴/۲۶	۴/۲۶
K_{2}	۰/۸۰ b	۴/۳۰	۴/۷۳
K_{7}	۰/۸۱ b	۴/۳۳	۴/۵۳
K_{14}	۰/۹۰ a	۴/۳۶	۵/۳۳
بدون شوری	۰/۷۱ b	۴/۴۳	۳/۹۳
شوری	۰/۸۱ a	۴/۳۳	۴/۵۳
تیمارها	معنی‌داری	---	---
بدون شوری در مقابل شوری	*	ns	ns
تیمارهای پتاسیم	**	ns	ns

**، *و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و غیر معنی‌دار

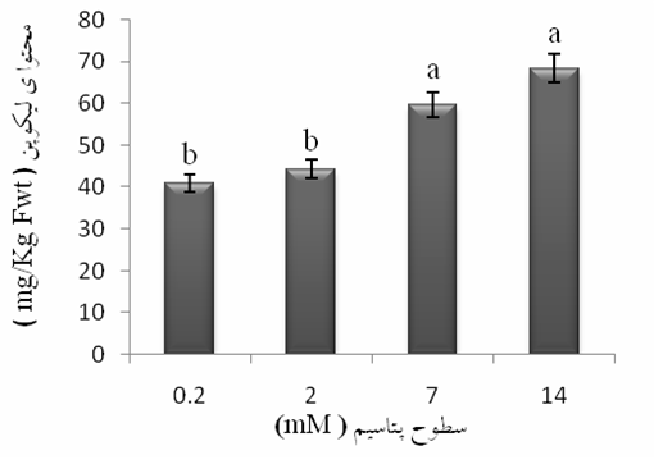
غلظت K^+ در میوه به طور مثبت با اسیدیته میوه مرتبط بوده و ارتباطی آشکار با متابولیسم کربوهیدرات‌ها دارد (۱۸).

محتوای لیکوپن و ویتامین ث میوه

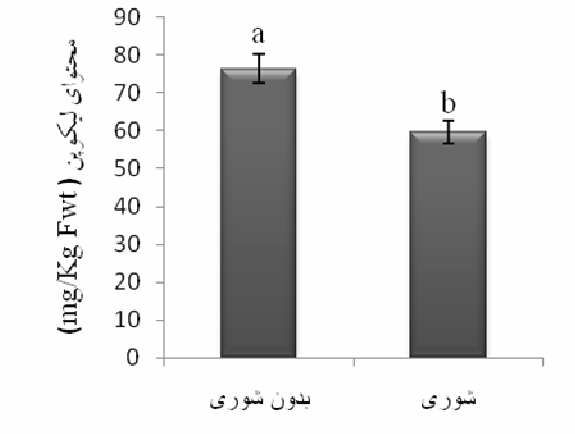
با افزایش غلظت پتاسیم، محتوای لیکوپن در تمام غلظت‌های پتاسیم افزایش معنی‌داری را در سطح احتمال ۱٪ نشان داد (شکل ۶). در تیمار شاهد نیز محتوای لیکوپن به میزان ۲۲٪ بیشتر از تیمار شوری ۶۰ میلی‌مولار بوده است (شکل ۷). با افزایش غلظت پتاسیم، مقدار ویتامین ث افزایش یافت (بجز سطح ۱۴ میلی‌مولار)؛ ولی اختلاف معنی‌داری را به لحاظ آماری نشان نداد. مقدار ویتامین ث در شرایط شور نیز علی‌رغم اینکه بیشتر از تیمار شاهد بود، ولی اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۴). با افزایش پتاسیم، محتوای ویتامین ث افزایش یافت؛ ولی تأثیر آن معنی‌دار نبوده است. یک مکانیسم متحمل برای مقاومت انگیخته شده توسط پتاسیم، فعالیت آنتی‌اکسیدانی از طریق افزایش اسید آسکوربیک می‌باشد (۱۹). افزایش شوری

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-08-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.12.1]



شکل ۶. تأثیر غلظت‌های مختلف پتاسیم محلول غذایی بر محتوای لیکوپن گوجه‌فرنگی آلبالویی



شکل ۷. اثر شوری (۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) بر محتوای لیکوپن گوجه‌فرنگی آلبالویی

جدول ۴. تأثیر غلظت پتاسیم محلول غذایی بر برخی خصوصیات کیفی میوه گوجه فرنگی آلبالویی در شرایط شور

صفات / غلظت های پتاسیم (mM)	ویتامین C (mg^{-1}100 g Fwt)	سفتی پوست (kg/cm^{-2})	سفتی گوشت (kg/cm^{-2})
$K_{0.2}$	۱۱/۳۳	۴/۵۰	۱/۸۵
K_{2}	۱۲/۳۳	۴/۴۸	۱/۷۳
K_{7}	۱۴/۳۵	۴/۴۶	۱/۶۳
K_{14}	۱۳/۳۳	۴/۲۰	۱/۵۶
بدون شوری	۱۳/۳۵	۴/۸۵	۱/۷۳
شوری	۱۴/۳۵	۴/۴۶	۱/۶۳
تیمار ها	معنی داری	---	---
بدون شوری در مقابل شوری	ns	ns	ns
تیمارهای پتاسیم	ns	ns	ns

ns: غیر معنی‌دار

در محلول‌های غذایی سبب افزایش میزان ویتامین ث در میوه‌های گوجه‌فرنگی می‌شود، که این امر نتیجه کاهش مقادیر آب میوه به دنبال کاهش پتانسیل آب گیاه است (۲۳). مصرف پتاسیم سبب افزایش لیکوپن و کاهش کلروفیل می‌شود. ترکیبات گوجه‌فرنگی مانند لیکوپن و ویتامین‌های E و C مسئول ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوجه‌فرنگی خام و فرآوری شده می‌باشند (۷). لیکوپن یک آنتی‌اکسیدان قوی جهت جلوگیری از شروع یا انتشار واکنش زنجیره‌ای اکسید کننده می‌باشد (۳۵). شاید دلیل افزایش لیکوپن و ویتامین ث، خنثی‌سازی ترکیبات اکسیدان در شرایط شوری کلرید سدیم باشد. وو و کوبوتا (۳۵)

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-08-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.12.1]

افزایش لیکوپن را در شرایط شور گزارش کرده‌اند که با نتایج این پژوهش سازگار نمی‌باشد.

سفتی پوست و گوشت میوه

با افزایش غلظت پتاسیم در شرایط شور، سفتی پوست و گوشت میوه گوجه‌فرنگی آلبالویی کاهش یافت. ولی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین سفتی پوست و گوشت میوه در بیشترین غلظت پتاسیم مشاهده گردید. در تیمار شاهد، علی‌رغم اینکه سفتی پوست و گوشت میوه بیشتر از تیمار شوری ۶۰ میلی‌مولار بود، ولی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۴). سافتنر و همکاران (۳۰) عنوان کردند که یون کلسیم با افزایش ثبات غشا و افزایش فشار تورژسانس سلولی سبب افزایش سفتی بافت می‌شود. در تیمارهای پتاسیم، با افزایش غلظت پتاسیم، غلظت کلسیم میوه کاهش پیدا کرد. به همین دلیل از سفتی پوست و گوشت میوه کاسته شد (جدول ۴). توره و همکاران (۳۳) گزارش کردند که افزایش غلظت پتاسیم خارج سلولی، سبب برداشته شدن یون‌های کلسیم از سطح بیرونی غشای پلاسما می‌شود و همین امر سبب سستی در ساختار غشای پلاسما و کاهش سفتی بافت میوه می‌شود. یافته‌های بماداک و همکاران (۴) در مورد خربزه نیز نتایج فوق را تأیید می‌کند.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که غلظت‌های مختلف پتاسیم در محلول غذایی حتی در شرایط شور هم سبب افزایش عملکرد و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی آلبالویی شدند. محتوای لیکوپن، TSS، EC و درصد ماده خشک، که از پارامترهای مهم تعیین کیفیت در محصولات باغبانی محسوب می‌شوند، با افزایش غلظت پتاسیم افزایش یافتند. غلظت ۷ میلی‌مولار (سطح استاندارد محلول هوگلند) در بین سایر غلظت‌ها بهترین وضعیت را ایجاد کرد. بنابراین توصیه می‌شود در مناطق با شوری ۶۰ میلی‌مولار از این غلظت پتاسیم استفاده شود.

منابع مورد استفاده

1. Adams, P. and R. Holder. 1992. Effects of humidity, Ca and salinity on the accumulation of dry matter and Ca by the leaves and fruits of tomato (*Lycopersicum esculentum*). *Journal of Horticultural Science* 67: 137-142.
2. Bar-Akiva, A. 1975. Effect of potassium nutrition on fruit splitting in 'Valencia' oranges. *Horticultural Science* 50: 85-89.
3. Bar-Yosef, B. 1996. Greenhouse muskmelon response to K concentration in water and irrigation rate. Proceeding of the 9th International Congress on Soilless Culture, Wageningen, The Netherlands, pp. 35-50.
4. Bemadac, A., I. J. Baptiste, G. Bertoni and P. Morard. 1996. Changes in calcium contents during melon (*Cucumis melo* L.) fruit development. *Scientia Horticulturae* 66: 181-189.
5. Benton Jones, Jr., J. 2008. Tomato Plant Culture: In the Field, Greenhouse and Home Garden. CRC Press, USA.
6. Besford, R. T. and G. A. Maw. 1975. Effects of potassium nutrition on tomato plant growth and fruit development. *Plant and Soil* 42: 395-412.
7. Beutner, S., B. Bloedorn, S. Frixel, I. H. Blanco, T. Hoffmann, H. D. Martin, et al. 2001. Quantitative assessment of antioxidant properties of natural colorants and phytochemicals: Carotenoids, flavonoids, phenols and indigoids. The role of β-carotene in antioxidant functions. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81: 559-568.
8. Cramer, G. R., A. Lauchli and E. Epstein. 1986. Effects of NaCl and $CaCl_2$ on ion activities in complex nutrient solution and root growth of cotton. *Plant Physiology* 81: 792-797.
9. Depascale, S., A. Maggio, G. Angelino, G. Graziani, C. R. Trisaia and S. S. Jonicakm. 2003. Effect of salt stress on water relations and antioxidant activity in tomato. *Acta Horticulturae* 613: 39-46.
10. Dorais, M., A. P. Papadopulos and A. Gosselin. 2001. Influence of electrical conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality. *Agronomie* 21: 367-383.
11. Eslamzadeh, T. and B. Khaldebarin. 1991. The role of plant growth regulators on establishing salt tolerance in barley and bean (*Phaseolus vulgaris*) plants. *Journal of Zeitoun* 12: 10-20. (In Farsi).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-08-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.12.1]

12. Fish, W. W., P. Perkins-Veazie and J. K. J. Collins. 2002. Tomato lycopene measuring by butylate hydroxyl toluene. *Journal of Food Composition and Analysis* 15: 309-317.
13. Hartz, H. K., G. Miyao and R. J. Mullen. 1999. Potassium requirements for maximum yield and fruit quality of processing tomato. *Horticultural Science* 124(2): 199-204.
14. Hepaksoy, S., J. Ben-Asher, Y. De Malach, I. David, M. Sagih and B. Bravdo. 2006. Grapevine irrigation with saline water: Effect of rootstocks on quality and yield of cabernet sauvignon. *Journal of Plant Nutrition* 29: 783-795.
15. Ho, L. C., R. Belda, M. Brown, J. Andrews and P. Adams. 1993. Uptake and transport of calcium and the possible causes of blossom-end rot in tomato. *Journal of Experimental Botany* 44: 509-518.
16. Husseini, Z. 1994. Common Methods in Food Analysis. Second edition, Shiraz University Press, Shiraz. (In Farsi).
17. Kaya, C., D. Higgs and H. Kirnak. 2001. The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. *Journal of Plant Physiology* 27: 47-59.
18. Khayyat, M., E. Tafazoli, S. Eshghi, M. Rahemi and S. Rajaee. 2007. Salinity supplementary calcium and potassium effect on fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). *Agricultural and Environmental Sciences* 2(5): 539-544.
19. Lester, E. G., J. L. Jifon and G. Rogers. 2005. Supplemental foliar potassium application to muskmelon (*Cucumis melo* L.) during fruit growth improves quality and content of human wellness components. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 130(4): 649-653.
20. Lin, D., D. Hu and Sh.Wang. 2004. Effects of potassium levels on fruit quality of muskmelon in soilless medium culture. *Scientia Horticulturae* 102: 53-60.
21. Malakouti, M. J. and S. J. Tabatabaei. 1999. Proper nutrition to enhance performance and achieve better quality of fruit trees for horticultural products in calcareous soils of Iran. Dissemination of Agricultural Education, Tehran. (In Farsi).
22. Malakouti, M. J., S. J. Tabatabaei and A. Bybordi. 2004. Optimal use of fertilizers, effective step to increase yield, improve quality and reduce contaminants in vegetable crops and promoting community health. Applied Agricultural Science Publication, Tehran. (In Farsi).
23. Malash, N., A. Ghaibeh, A. Yeo, R. Ragab and J. Cuartero. 2002. Effect of irrigation water salinity on yield and fruit quality of tomato. *Acta Horticulturae* 573: 415-423.
24. Malon, M. and J. Andrews. 2001. The distribution of xylem hydraulic resistance in the fruiting truss of tomato. *Plant Cell and Environment* 24: 565-570.
25. Mengel, K. 1991. Ernahrung und Stoffwechsel der Pflanze. Academic Press, Giessen.
26. Mitchell, J. P., C. Shenan and S. R. Gratton. 1991. Tomato fruit yields and quality under water deficit and salinity. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 116: 215-221.
27. Mizrahi, Y., E. Taleisnik, V. Kagan-Zur, Y. Zonar, R. Offenbach, E. Matan and R. Golan. 1988. A saline irrigation for improving tomato fruit quality without reducing yield. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 13: 202-205.
28. Oraei, M., S. J. Tabatabaei, E. Fallahi and A. Imani. 2010. The effects of salinity stress and rootstock on the growth, photosynthetic rate, nutrient and sodium concentrations of almond (*Prunus dulcis* Mill.). *Iranian Journal of Horticultural Sciences* 23: 131-140. (In Farsi).
29. Rubio, J. S., F. Garcia-Sanchez, F. Rubio and V. Martinez. 2009. Yield, blossom-end rot incidence, and fruit quality in pepper plants under moderate salinity are affected by K^+ and Ca^{2+} fertilization. *Scientia Horticulturae* 119: 79-87.
30. Saftner, R. A., J. Bai, J. A. Abbott and Y. S. Lee. 2003. Sanitary dips with calcium propionate, calcium chloride, or a calcium amino acid chelate maintain quality and shelf stability of fresh-cut honeydew chunks. *Journal of Postharvest Biology and Technology* 29: 257-269.
31. Szczerba, M. W., D. T. Britto and H. J. Kronzucker. 2008. K^+ transport in plants. *Physiology and Molecular Biology* 166: 447-466.
32. Tabatabaei, S. J. 2009. Principles of Mineral Nutrition of Plants. Kharazmi Press. (In Farsi).
33. Torre, S., T. Fjeld and H. R. Gislerod. 2001. Effect of air humidity and K/Ca ratio in the nutrient supply on growth and postharvest characteristics of cut roses. *Scientia Horticulturae* 90: 291-304.
34. Veit-Kohler, V., A. Krumbein and H. Kosegarten. 1999. Effect of different water supply on plant growth and fruit quality of (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 162: 583-588.
35. Wu, M. and C. Kubota. 2008. Effects of high electrical conductivity of nutrient solution and its application timing on lycopene, chlorophyll and sugar concentrations of hydroponic tomatoes during ripening. *Scientia Horticulturae* 116: 122-129.
36. Yurtseven, E., G. D. Kesmez and A. Unlukara. 2005. The effects of water salinity and potassium levels on yield, fruit quality and water consumption of a native central Anatolian tomato species (*Lycopersicon esculentum*). *Agricultural Water Manag*ement 78: 128-135.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-08-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.7.12.1]