تأثیر محلول‌پاشی پتاسیم وکلسیم بر کمیت و کیفیت توت فرنگی (*Fragaria x ananassa* Duch cv. Selva)

موسی ارشد*، محمد جواد نظری دلجو و مسعود حق شناس

گروه مهندسی تولیدات گیاهی و علوم باغبانی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۰۵، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۰۸/۰۳)

چکیده

این آزمایش به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم (۱/۵ و ۱، ۰/۵) بر پارامترهای رشد و نموی، عملکرد و کیفیت میوه توت فرنگی رقم سلوا در سیستم بدون خاک بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید. نتایج آزمایش بیانگر تأثیر معنی‌دار محلول‌پاشی نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم بر ظرفیت فتوسنتزی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیرآنزیمی و عملکرد بوته بود. برهمین اساس بیشترین ظرفیت فتوسنتزی شامل سطح برگ (۲۰۶۰ سانتی متر مربع در بوته)، هدایت روزنه‌ای (۴۰۵/۷ میلی مول بر متر مربع در ثانیه) و محتوای کلروفیل (۱۸/۰۴ میکرو گرم بر گرم وزن تر) و همچنین عملکرد بوته (۹۲/۶ گرم در بوته) در تیمار ۱/۵ (حاوی پتاسیم بیشتر) در مقایسه با تیمارهای شاهد (محلول‌پاشی آب مقطر) و تیمارهای ۰/۵ و ۱ مشاهده گردید. همچنین بیشترین ظرفیت آنتی اکسیدانی آنزیمی (پروکسیداز و کاتالاز) و غیر آنزیمی (فنل کل، ویتامین ث)، مواد جامد محلول در تیمار ۱/۵ و کمترین کاهش وزن میوه در تیمارهای حاوی کلسیم بیشتر در مقایسه با پتاسیم حاصل گردید. براساس نتایج آزمایش، با توجه به تأثیر مثبت محلول‌پاشی نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم بر صفات کمی و کیفی توت فرنگی (سلوا)، ضمن بررسی آزمایشات تکمیلی طی مراحل مختلف رشد و نموی توت فرنگی تحت تأثیر تیمارهای مورد بررسی، محلول‌پاشی حاوی نسبت بهینه عناصر پتاسیم و کلسیم به‌عنوان تغذیه تکمیلی در کشت‌های گلخانه‌ای بویژه در صورت بروز مشکلات عدم یا کاهش جذب عناصر از بستر کشت توصیه می‌گردد.

کلمات کلیدی: تعادل عناصر معدنی، تغذیه برگی، توت فرنگی، کیفیت محصول

مقدمه

توت فرنگی یکی از مهمترین منابع با ارزش و سرشار از ترکیبات مهم آنتی اکسیدانی، ترکیبات فنولی، اسیدهای آلی، مواد معدنی، ویتامین ث و آنتوسیانین می‌باشد (Mandave *et al.*, 2014). کیفیت میوه توت فرنگی بخصوص بیوسنتز ترکیبات مذکور به عوامل متعددی از قبیل ژنوتیپ، مراحل رشدی و نموی و بویژه تغذیه عناصر معدنی بستگی دارد (Fanasca *et al.*, 2006 و Gunduz and Ozdemir, 2014). مدیریت عناصر معدنی محلول غذایی نقش تعیین کننده‌ی در کیفیت و کمیت محصولات گلخانه‌ای بویژه توت فرنگی دارد (Caruso *et al.*, 2011; Trejo-Tellez and Gomes-Merino, 2012). کمبود عناصر غذایی سبب تولید پایین و کاهش کیفیت محصول (Fageria, 2008) و بیشبود عناصر غذایی نیز مشکلاتی از قبیل سمیت در محلول غذایی را باعث می‌شود (Barker and Pilbeam, 2015). بنابراین تغذیه بهینه و دسترسی گیاه به عناصر غذایی ضروری علاوه بر بهبود

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: mo_arshad2002@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.3.5]

رشدونمو، نقش مؤثری بر رشد جوانه‌های گل، تعداد گل، تعداد مادگی، کیفیت مادگی، پرچم‌ها، طول عمر تخمک، تشکیل میوه و طولانی شدن دوره میوه دهی دارد (Abdi *et al.*, 2006; Eshghi and Tafazoili, 2007). کشت هیدروپونیک یه راه مؤثر برای افزایش تولید در واحد سطح می‌باشد (Lopez *et al.*, 2013)، اما با توجه به برخی مشکلات موجود در بسترهای کشت در سیستم‌های بدون خاک بدلیل خاصیت بافری ضعیف از قبیل تغییرات واکنش بستر (pH) و تجمع عناصر غذایی در بستر (شوری) و در نتیجه کاهش جذب عناصر غذایی توسط ریشه (Jones Jr, 2016)، تغذیه برگی یک روش مؤثر جهت رفع مشکلات مذکور و افزایش دسترسی گیاه به عناصر مختلف و جهت دستیابی به عملکرد توأم با کیفیت بالای محصولات گلخانه‌ای بویژه در سیستم بدون خاک می‌باشد (Yarnia *et al.*, 2007). تحقیقات متعددی در خصوص تأثیر مثبت تغذیه برگی در افزایش کمیت و کیفیت محصول، مقاومت به بیماری‌ها و آفات و بهبود مقاومت به تنش شوری ارایه گردیده است (El-Fouly *et al*., 2002; Zhang *et al.*, 2009)؛ لیکن عمده تحقیقات مذکور مربوط به یک یا چند عنصر خاص بویژه ریزمغذی‌ها محدود گردیده، بویژه اطلاعات خیلی زیادی در خصوص تأثیر نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم همان‌گونه که در روش محلول‌دهی در بستر بررسی گردیده، به روش محلول‌پاشی در دسترس نمی‌باشد. به‌طور معمول ترکیب کودی مورد استفاده در تغذیه برگی بر اساس مرحله رشدی گیاه یا میوه و محدودیت‌های جذب توسط گیاه تنظیم می‌شود. بطور کلی در فرآیند تغذیه گیاه، بایستی هر عنصر به اندازه کافی در دسترس گیاه قرار گیرد؛ در این بین علاوه بر غلظت هر عنصر نسبت بین آن عنصر با سایر عناصر در محلول غذایی بویژه درخصوص عناصر پرمصرف از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد (طباطبایی، ۱۳۸۸).

پتاسیم به‌عنوان یک عنصر ضروری نقش بسزایی در فتوسنتز (Marschner, 2012)، تنظیم اسمزی (Malakuoti, 2000)، هدایت روزنه‌ای (Heng, 2011) و همچنین کیفیت و عطر و طعم محصولات مختلف (Rodas *et al.*, 2013) بخصوص میوه توت فرنگی دارد (Morgan, 2006). همچنین کلسیم یک عنصر غذایی حیاتی و ضروری برای رشد ونمو گیاه می‌باشد (خوش‌گفتارمنش، ۱۳۸٦) به دلیل غیر فعال بودن این عنصر در گیاه روش محلول‌پاشی قبل از برداشت این عنصر تأثیر زیادی بر عملکرد و کیفیت بویژه سفتی بافت و کاهش تلفات پس ازبرداشت بدلیل نقش مثبت بر اتصال پلی ساکاریدها و پروتئین‌های تشکیل دهنده دیواره سلولی دارد (جلیلی مرندی، ۱۳۹۱). محققین در بررسی‌های خود بر روی گوجه فرنگی مشاهده کردند که تغذیه برگی کلسیم عملکرد و رشد محصول در گوجه فرنگی را افزایش داد (Hao and Papadopoulos, 2003).

همان‌طوریکه اشاره گردید علاوه بر غلظت عناصر، نسبت بین عناصر از قبیل نسبت ازت به پتاسیم، نسبت نیترات به آمونیوم و نسبت پتاسیم به کلسیم نیز نقش مؤثری در فرایندهای رشد و نموی و جذب سایر عناصر توسط گیاه دارد (نجفی و همکاران، ۱۳۸۹؛ کیانی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Seeapiglia *et al.*, 2008). تعادل در بین عناصر معدنی و تغذیه متعادل یک راه مؤثر در رسیدن به کیفیت، عملکرد و تولید تجاری محصول می‌باشد (Barker and Pilbeam, 2015; Mitra, 2015). نسبت مناسب عناصر K:Ca نقش مهمی در گیاه ایفاء می‌کند مصرف بیش از حد پتاسیم اثرات منفی بر جذب سایر عناصر به خصوص کلسیم توسط گیاه داشته و رشد کیفیت محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد (طباطبایی، ۱۳۸۸). همچنین در غلظت‌های بالای کلسیم جذب پتاسیم توسط گیاه کاهش می‌یابد (Lester and Jifon, 2007). Zamaniyan و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی تأثیر نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم محلول غذایی در شیکوره مشاهده کردند که افزایش نسبت پتاسیم به کلسیم تا ٦:۳ منجر به افزایش عملکرد شیکوره و با افزایش بیشتر این نسبت، عملکرد کاهش معنی‌داری می‌یابد. با توجه به تحقیقات مذکور و همچنین اطلاعات اندک در خصوص نسبت های مختلف پتاسیم به کلسیم در روش محلول‌پاشی، مهمترین هدف این تحقیق بررسی تأثیر نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.3.5]

(پتاسیم بیشتر از کلسیم، کلسیم بیشتر از پتاسیم و نسبت برابر کلسیم و پتاسیم) بروش محلول‌پاشی بر صفات کمی و کیفی توت فرنگی بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و تیمارهای مورد بررسی: به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم بر کمیت و کیفیت توت فرنگی، آزمایشی در سال ۱۳۹۳ در شرایط گلخانه هیدروپونیک با پوشش پلی اتیلنی با ۱۰ ساعت دوره نوری، دمای روزانه ۳± ۲۵ درجه سانتیگراد، دمای شب ۲±۱۸ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۵ ±۶۰ درصد، در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سیستم باز، همراه با بستر مواد جامد (Substrate Culture) در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه آزاد مهاباد اجرا شد. بوته‌های توت فرنگی رقم سلوا قبل از کشت با قارچ کش بنومیل ضدعفونی شده، سپس به گلدان‌های ٤ لیتری حاوی بستر پرلیت و پیت (۷۰:۳۰) منتقل گردید. تیمارهای آزمایشی شامل تیمار شاهد (آب مقطر) و نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم ۱۰۰:۵۰، ۱۰۰:۱۰۰ و ۱۰۰:۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر، یک هفته پس از استقرار نشاءهای توت فرنگی بعد از تنظیم pH محلول در حدود ٦/٥ (به صورت هفته‌ای) اعمال گردید.

ظرفیت فتوسنتزی (سطح برگ، رنگیزه های فتوسنتزی و هدایت روزنه‌ای): جهت بررسی تأثیر تیمارها بر فرایندهای رشد و نموی، برخی پارامترهای رشد و نموی مورد بررسی قرار گرفت. به منظور اندازه‌گیری سطح برگ توت‌فرنگی ابتدا برگ‌های سه برگچه‌ای شستشو، و میزان سطوح برگ‌ها توسط دستگاه سطح برگ سنج (Licor, 7 Li-1300; USA) اندازه‌گیری شد.

جهت سنجش رنگیزه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a، b، کلروفیل کل از برگ‌های کاملاً توسعه یافته بالغ نمونه‌برداری و پس از هضم توسط استون ۸۰ درصد و سانتریفوژ نمودن نمونه‌ها، مقدار جذب هر نمونه با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Perkin Elmer, UV/VIS Lambda25) در طول موج‌های ٦٤٦/٨ و ٦٦٣/٢ نانومتر به ترتیب برای کلروفیل a و b قرائت و براساس روابط (۱، ۲ و۳) مقادیر رنگیزه‌ها برحسب میکروگرم بر گرم وزن‌تر محاسبه گردید (Lichtenthaler and Wellburn, 1985).

Chlorophyll a= (12.25 X $A_{663.2}$) - (2.79 X $A_{646.8}$) (رابطه ۱)

Chlorophyll b= (21.21 X$A_{646.8}$) - (5.1X $A_{663.2}$) (رابطه ۲)

Total Chlorophyll (a+b)= (7.15 X $A_{663.2}$ + 18.71 X $A_{646.8}$) (رابطه ۳)

همچنین هدایت روزنه‌ای برگ (قسمت تحتانی برگ) طی ساعات اولیه صبح با استفاده از دستگاه پرومیتر (Leaf Porometer,SN:LP2402,Decagon, US) اندازه‌گیری شد.

عملکرد (وزن میوه برداشت شده در بوته): برای تعیین عملکرد تمامی میوه‌های برداشت شده از هر بوته طی دوره رشدی شمارش و توزین ونهایتاً در پایان به عنوان عملکرد بر اساس گرم در بوته محاسبه شد.

ظرفیت آنتی اکسیدانی آنزیمی (کاتالاز و پراکسیداز): برای سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز میوه، ۰/۵ گرم از بافت نگهداری شده در ازت مایع میوه به همراه ۳ میلی‌لیتر بافر استخراج تریس– اسید کلریدریک ۵۰ میلی مولار (pH=۷) محتوی ۳ میلی مولار کلرید منیزیم، ۱ میلی مولار EDTA سدیم در هاون سرد ساییده شد. هموژنات حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۱۰۰۰۰دور سانتریفیوژ (Hermle Z216 MK, Germany)، گردید. سپس محلول رویی در فریزر ۸۰– درجه سانتیگراد جهت سنجش فعالیت آنزیمی نگهداری شد (Dhindsa, 1981).

جهت سنجش فعالیت آنزیمCAT، مخلوط واکنش که شامل ۲/۵ میلی لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی مولار(pH=۷) محتوی ۰/۲ میلی لیتر پراکسید هیدروژن یک درصد و ۰/۳ میلی لیتر عصاره استخراجی بود، به صورت کاهش در جذب طی یک دقیقه در طول موج ۲٤۰ نانومتر بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (UV/VIS Lambda25 Perkin Elmer) محاسبه شد. برای سنجش میزان فعالیت از ضریب خاموشی (۰/۰٤۳٦mM-1cm-1) و رابطه (٤) استفاده شد (Aebi, 1984).

$$\text{Units(Mm/min)}=\frac{\frac{\text{doD}}{\text{min(slop)}}*\text{Vol.of assay(0.0003)}}{\text{Extinction cofficient(0.0436)}}$$ (رابطه ٤)

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.3.5]

به‌منظور سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز، مخلوط واکنش شامل ۲/۵ میلی لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی مولار (pH=۷) محتوی ۱ میلی لیتر گایاکول یک درصد، ۱ میلی لیتر پراکسید هیدروژن یک درصد و ۰/۱ میلی لیتر عصاره استخراجی بود، به صورت افزایشی در جذب طی یک دقیقه در طول موج ٤۲۰ نانومتر بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (UV/VIS Lambda25 perkin elmer) محاسبه شد. برای سنجش میزان فعالیت از ضریب خاموشی (۲٦/٦mM-1cm-1) و رابطه (۵) استفاده شد (Upadhyaya, 1985).

$$\text{Units(Mm/min)}=\frac{\frac{\text{doD}}{\text{min(slop)}}*\text{Vol.of assay}(0.0001)}{\text{Extinction coefficient}(26.6)}$$ (رابطه ۵)

همچنین برخی پارامترهای کیفی میوه شامل EC و مواد جامد محلول کل (TSS) میوه با استفاده از رفراکتومتر دستی (Atago, Japan) اندازه‌گیری شد. جهت تعیین کاهش وزن میوه در طول دوره انبارداری، میوه‌های هم اندازه و هم شکل از تیمارهای مختلف انتخاب و در دمای ٤ درجه سانتیگراد نگهداری و تغییرات وزنی هر میوه روزانه کنترل و ثبت گردید.

ظرفیت آنتی اکسیدانی غیر آنزیمی (فنل کل و ویتامین ث): سنجش محتوای فنول کل به روش Velioglu و همکاران (۱۹۹۸) انجام گرفت. به‌طور خلاصه، ۰/۱ گرم از بافت میوه تازه (مرحله رسیدن) با ۵ میلی لیتر متانول ۸۰ درصد حاوی اسید کلریدریک ۱٪ سائیده و به مدت ۲ ساعت در دمای اتاق شیک (51 rpm, steplessly adjustable) و سپس با دور ۳۰۰۰ دور به مدت ۱۰دقیقه سانتریفوژ گردید. برای سنجش فنول کل ۱۰۰ میکرولیتر از محلول رویی با ۷۵۰ میکرولیتر معرف فولین مخلوط و ترکیب حاصل به مدت ۵ دقیقه در دمای اتاق نگهداری شد. سپس ۷۵۰ میکرولیتر کربنات سدیم ٦ درصد به آن اضافه و پس از۹۰ دقیقه جذب هر نمونه درطول موج ۷۲۵ نانومتر قرائت گردید. برای محاسبه فنول کل از منحنی استاندارد اسید گالیک استفاده گردید. محتوای فنل کل بر حسب میلی‌گرم اسید گالیک بر گرم وزن تر گزارش گردید.

تعیین ویتامین ث میوه‌های رسیده با استفاده از HPLC (Unicam-cristal-200, UK) صورت پذیرفت (Nisperos-Carriedo *et al.*, 1992). به‌طور خلاصه، ۱ گرم بافت میوه تازه در ٤۰ میلی بافر حاوی اسید اگزالیک و استات سدیم هموژن و سانتریفوژ شده و پس از جدا کردن مایع روئی به آن فسفات پتاسیم ۲٪ درصد اضافه گردید. در ادامه از هر تکرار یک نمونه جهت تزریق به دستگاه HPLC (به ترتیب با قطر داخلی و طول ستون ٤/٦ و ۲۵ میلی متر از نوع Supelcosil LC-18؛ با حلال شستشوی ستون دی‌هیدروژن پتاسیم فسفات با سرعت ۰/۵ میلی لیتر بر دقیقه و دتکتور ماورای بنفش در ۲٦۰ نانومتر) استفاده و مقدار ویتامین ث بر اساس زمان بازداری پیک خروجی و سطح زیر منحنی و مقایسه با نمونه‌های استاندارد تعیین گردید.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزاری آماری SAS و آزمون مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از روش دانکن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

ظرفیت فتوسنتزی: با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۱)، محلول‌پاشی نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم تأثیر معنی‌داری بر ظرفیت فتوسنتزی (سطح برگ، کلروفیل a (P<0.01)، کلروفیل b، کلروفیل کل و هدایت روزنه‌ای (P<0.05) داشت.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین سطح برگ، کلروفیل a، کلروفیل کل و هدایت روزنه‌ای، مربوط به تیمار پتاسیم به کلسیم ۱۰۰:۱۵۰ بود که به ترتیب نسبت به تیمار شاهد افزایش ۲٦/۵۰، ۵٦/۳۵، ۵۰/۰٦ و ۲۰/۰۵ درصدی و معنی‌داری داشتند. بالاترین مقدار کلروفیل b نیز با کاربرد نسبت‌های ۱۰۰ به ۱۰۰ و ۱۵۰ به ۱۰۰ پتاسیم به کلسیم بدست آمد (جدول۲).

نقش پتاسیم در فتوسنتز و همچنین سطح برگ توسط محققین متعددی گزارش گردیده است (Ebelhar and Varsa, 2000; El-Bassiony *et al.*, 2012). همان‌گونه که براساس نتایج این تحقیق ذکر گردید بیشترین هدایت روزنه‌ای برگ مربوط به نسبت‌های برابر و ۱۵۰ به ۱۰۰ پتاسیم به کلسیم حاصل گردید، که با نتایج سایر محققین مبنی بر تأثیرمستقیم پتاسیم بر باز و بسته شدن روزنه‌ها،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.3.5]

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تأثیر نسبت‌های مختلف K^+/Ca^{++} بر ظرفیت فتوسنتزی و عملکرد میوه توت‌فرنگی رقم سلوا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		سطح برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	هدایت روزنه‌ای	عملکرد
نسبت‌های مختلف K/Ca	۳	۱۵۶۰۰/۷**	۲۹/۰۹ **	۲/۸۸ *	٤۰/۸۸*	٤۷۵۵/۷۱*	۵۰۰/۲*
خطای آزمایش	۸	۱۲۲٦٦/٦	۲/۵۱	۰/۸۲٤	۵/٦۸۸	۷٦۹/۳۱۲	۱۱۳/۵
ضریب تغییرات (CV%)		٦/۱	۱۸/۱۲	۱۹/۳۵	۱۷/۵۸	۷/٦۷	۱٤/٤

***و** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد**

جدول ۲- مقایسه میانگین تأثیر محلول پاشی نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم بر ظرفیت فتوسنتزی توت فرنگی رقم سلوا

نسبت K^+: Ca^{++} (ppm)	ظرفیت فتوسنتزی				
	سطح برگ (cm^2/plant)	کلروفیل a (µg/g Fw)	کلروفیل b (µg/g Fw)	کلروفیل کل (µg/g Fw)	هدایت روزنه‌ای ($mmol(H_2o)/m^2.s^{-1}$)
شاهد	۱۵۱٤±۵۱/۱^{c†}	۵/٤۳±۱/۵۱ ^{c}	۳/٤۹±۰/٦۸^{b}	۹/۰۱±۲/۲۱^{b}	۳٤۲/۳±۲٤/٤۵^{b}
۵۰:۱۰۰	۱۹۰۰±۱۸۰/۳^{ab}	۱۰/۰۳±۰/۵٤ ^{ab}	٤/۲۹±۰/۳۳^{ab}	۱۳/۷۷±۱/۵۵^{a}	۳۳۱/۷±۷/۷٦^{b}
۱۰۰:۱۰۰	۱۸۱۸/۳±٦۲/۹^{b}	۷/۰۹±۰/۸۵^{bc}	۵/۵۵±۰/۷۱^{a}	۱۳/٤۳±۰/٤۵^{ab}	۳٤۸/٦±۱۱/۷۳^{a}
۱۵۰:۱۰۰	۲۰٦۰±۱۰۰$^{\dagger\dagger a}$	۱۲/٤۵±۰/۲٦^{a}	۵/٤٤±۰/۱۲^{a}	۱۸/۰٤±۰/۳۱^{a}	٤۰۵/۷±۵/۱٦^{a}

†میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد است.

†† بیانگر خطای استاندارد (Mean ±SE) می‌باشد.

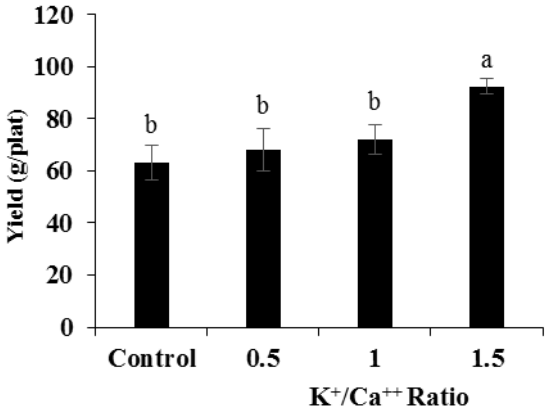
بهبود هدایت روزنه‌ای و جذب دی اکسیدکربن و در نتیجه فتوسنتز خالص (Marschner, 2012) مطابقت دارد. همچنین افزایش هدایت روزنه‌ای تحت تأثیر نسبت بالای پتاسیم به کلسیم بر گل رز نیز توسط دیگر محققین گزارش گردیده است (Torre, *et al.*, 2001).

عملکرد: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، عملکرد میوه توت فرنگی به‌طور معنی‌داری ($P<0.05$) تحت تأثیر نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم قرار گرفت (جدول۱). برهمین اساس بیشترین عملکرد میوه در بوته مربوط به نسبت ۱۵۰ به ۱۰۰ پتاسیم به کلسیم بود که نسبت به تیمار شاهد افزایش ۳۱/۷٦ درصدی نشان داد. (شکل ۱).

افزایش عملکرد تحت تیمار پتاسیم قبلاً توسط محققین دیگری نیز گزارش شده است (Ahmad, 2014)، که با پژوهش حاضر مطابقت دارد. محققین دیگری نیز بیان کردند استفاده از پتاسیم منجر به افزایش تولید گل و میوه و در نتیجه عملکرد در توت فرنگی شد (Bradfield, 1975). افزایش عملکرد تحت تأثیر نسبت بالای پتاسیم به کلسیم می‌تواند به دلیل بهبود ظرفیت فتوسنتزی شامل هدایت روزنه‌ای، کلروفیل و سطح برگ تحت تأثیر نسبت بالای پتاسیم در مقایسه با کلسیم (جدول ۲) و در نتیجه افزایش عملکرد در بوته‌ها باشد که با نتایج برخی محققین مبنی بر تأثیر مثبت غلظت های پتاسیم در عملکرد محصولات باغبانی از قبیل گوجه فرنگی (Al-Karaki, 2000)، بادمجان (Fawzy, *et al.*, 2007) و خربزه (Lester, *et al.*, 2006) مطابقت دارد. لازم به ذکر است با توجه به تحقیقات اندک در خصوص سایر مکانیزم‌های احتمالی تأثیر محلول‌پاشی نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم بر عملکرد محصولات باغبانی، بررسی‌های بیشتر از قبیل بررسی جذب سایر عناصر معدنی توسط گیاه و همچنین تقسیم‌بندی و توزیع مواد هیدروکربنی و متابولیت‌ها تحت تأثیر نسبت‌های بالای پتاسیم به کلسیم ضروری می‌باشد. چرا که پتاسیم به عنوان عنصری مؤثر منجر به بهبود راندمان فتوسنتزی، به ویژه انتقال مواد هیدروکربنی در گیاه عمل می‌نماید (Barker and Pilbeam, 2015).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.3.5]



شکل۱- اثر محلول‌پاشی نسبت‌های مختلف K^+/Ca^{++} بر عملکرد میوه توت فرنگی رقم سلوا. (حروف غیر مشابه و میله‌های روی هر ستون (Error Bars) به‌ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (P<0.05) و خطای استاندارد (Mean ±SE) می‌باشد)

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تأثیر نسبت‌های مختلف K^+/Ca^{++} بر ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و کیفیت میوه توت‌فرنگی رقم سلوا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		کاتالاز	پراکسیداز	فنول کل	ویتامین ث	TSS	EC	کاهش وزن
نسبت‌های مختلف K/Ca	۳	۱/۳۳ **	۰/٤۳۳ **	۸۲/۸۸ *	۳٤/۳٤۰ **	۰/٥٦۰ *	۰/۱٤۷ **	۰/۰۰۰٦ **
خطای آزمایش	۸	۰/۰٦۳	۰/۰٤۹	۱۹/٦۸	۰/۹۳٥	۰/۰۹۷	۰/۰۱٦	۰/۰۰۰۰۷
ضریب تغییرات (CV%)		۱۰/۳۷	۱۳/٥۳	۳/۷٤	٥/٦٦	٤/۱۲	۲/۸۲	۸/۹٥

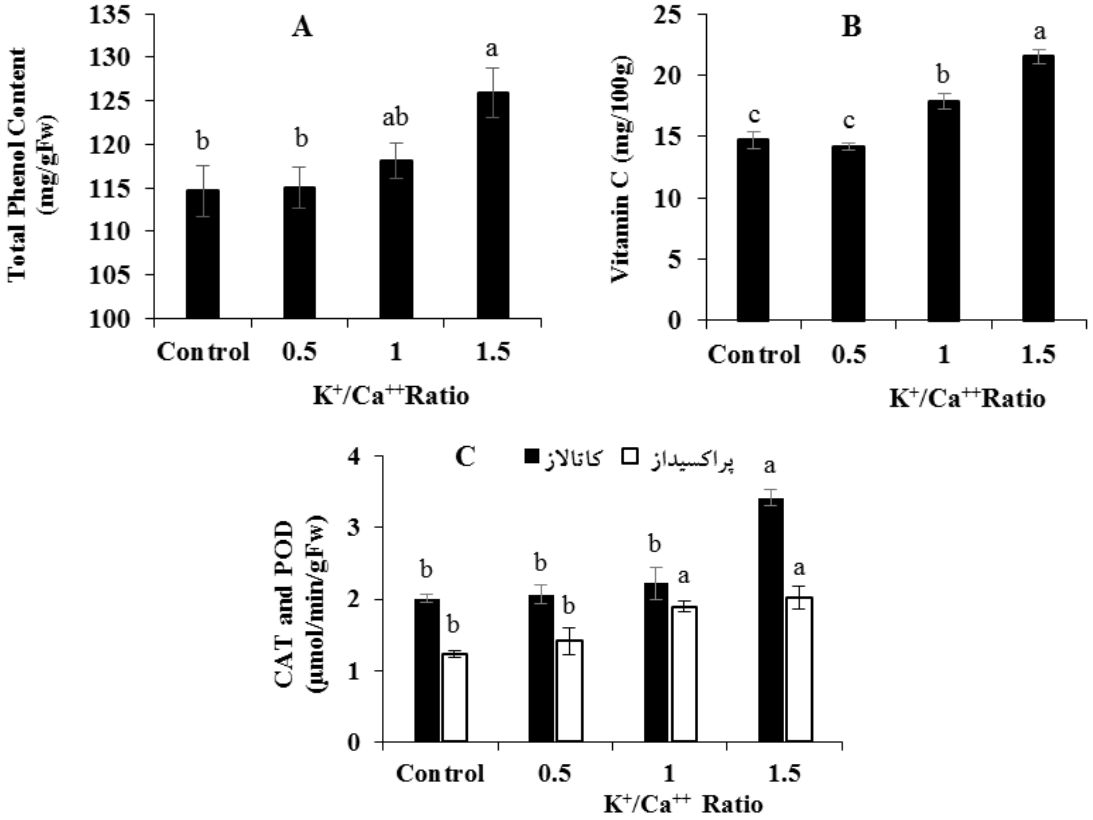
***و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد**

ظرفیت آنتی اکسیدانی آنزیمی: ظرفیت آنتی اکسیدانی آنزیمی شامل فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز به‌طور معنی‌داری (P<0.05) تحت تأثیر نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم قرار گرفتند (جدول۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز و پرکسیداز مربوط به کاربرد ۱۵۰ به ۱۰۰ پتاسیم به کلسیم بود که به ترتیب نسبت به تیمار شاهد افزایش ٤۱/۲۸ و ۳۹/۱۹ درصدی و معنی‌داری داشتند (شکل C ۲).

فعالیت بسیاری از آنزیم‌ها یا به‌طور کامل به پتاسیم بستگی دارد یا توسط پتاسیم تشدید می‌شود. پتاسیم و سایر کاتیون‌های تک ظرفیتی با ایجاد تغییراتی در پروتئین، آنزیم‌ها را فعال می‌کنند. این تغییرات سرعت واکنش‌های کاتالیتیک (V_{max}) و در برخی از مواقع، تمایل برای ماده اولیه (K_m) را افزایش می‌دهد (Uchida, 2000)، اما غلظت زیاد کلسیم با اینکه در آپوپلاست دیواره سلولی بصورت اکسالات کلسیم می‌باشد اما در سیتوپلاسم، مانع فعالیت برخی آنزیم‌های مهم گیاه می‌شود (Hepler, 2005)؛ که می‌تواند بیانگر چگونگی واکنش این آنزیم‌های تحت تأثیر تیمارهای مورد بررسی در این تحقیق باشد. برهمین اساس همان‌گونه که در شکل(۲C) مشاهده می‌گردد در نسبت بالای کلسیم و تیمار شاهد دارای کمترین فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی ولی با افزایش نسبت پتاسیم به کلسیم (۱۵۰:۱۰۰) در محلول‌پاشی فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

ظرفیت آنتی اکسیدانی غیر آنزیمی: با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳)، نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم تأثیر معنی‌داری بر ظرفیت آنتی اکسیدانی غیرآنزیمی شامل فنول کل (P<0.05) و ویتامین ث (P<0.05)، داشتند. بیشترین محتوای فنل کل و مقدار ویتامین ث مربوط به نسبت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.3.5]



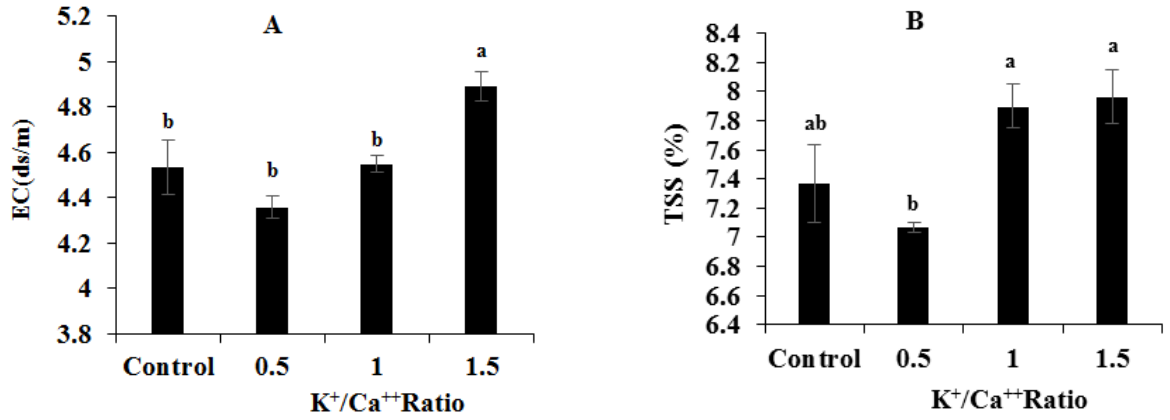
شکل ۲- اثر محلول‌پاشی نسبت‌های مختلف K^+: Ca^{++} بر محتوای فنول کل (A) و ویتامین ث (B) و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی (C) توت فرنگی رقم سلوا. (حروف غیر مشابه و میله‌های روی هر ستون (Error Bars) به‌ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P<0.05$) و خطای استاندارد (Mean ±SE) می‌باشد)

۱۵۰ به ۱۰۰ پتاسیم به کلسیم بود که اختلاف معنی‌داری از نظر آماری با نسبت ۱۰۰ به ۱۰۰ پتاسیم به کلسیم نداشتند ولی نسبت به تیمار شاهد به ترتیب افزایش ۹ و ۳۱/۶۲ درصدی و معنی‌داری داشتند (شکل ۲ A و B). نتایج گزارشات متعدد بیانگر ارتباط بین وضعیت تغذیه‌ای و عناصر معدنی گیاه با ترکیبات فنولی و ویتامین موجود در گیاهان وجود دارد (Sharafzadeh *et al.*, 2011). لیکن جهت بررسی مکانیزم اثر دقیق تأثیر نسبت بین پتاسیم به کلسیم در ترکیبات فنلی و ویتامین‌ها نیازمند تحقیقات تکمیلی می‌باشد. با این‌حال در بررسی‌هایی که بر روی گوجه فرنگی و فلفل انجام گردید، افزایش محتوای ویتامین ث با کاربرد مقادیر بالای پتاسیم و همچنین مقادیر بالای پتاسیم به کلسیم به دلیل بیوسنتز ویتامین‌ها تحت تأثیر پتاسیم گزارش گردیده است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸٤).

کیفیت میوه: کیفیت میوه شامل مواد جامد محلول کل و EC **($P<0.05$)** به طور معنی‌داری تحت تأثیر محلول‌پاشی نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم قرار گرفت (جدول ۳). به‌طوریکه کاربرد نسبت ۱۵۰ به ۱۰۰ پتاسیم به کلسیم دارای بیشترین EC میوه بود که نسبت به تیمار شاهد افزایش ۷/۲۲ درصدی نشان داد. بین سایر نسبت‌های پتاسیم با کلسیم با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نگردید (شکل ۳ A). همچنین بیشترین محتوای مواد جامد محلول کل نیز متعلق به نسبت ۱۵۰ به ۱۰۰ پتاسیم به کلسیم بود که اختلاف معنی‌داری از نظر آماری با نسبت ۱۰۰ به ۱۰۰ و تیمار شاهد نداشت. ولی نسبت به کابرد ۵۰ به ۱۰۰ پتاسیم به کلسیم افزایش ۱۱/۲۹ درصدی و معنی‌داری داشت (شکل ۳ B).

محققین در بررسی‌های خود مشاهده کردند که کاربرد خاکی و برگی پتاسیم در طول نمو میوه خربزه سبب بهبود

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.3.5]



شکل ۳- اثر محلول‌پاشی نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم بر EC (A) و مواد جامد محلول کل (B) میوه توت فرنگی رقم سلوا. (حروف غیر مشابه و میله‌های روی هر ستون (Error Bars) به ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن(P<0.05) و خطای استاندارد (Mean ±SE) می‌باشد)

کیفیت میوه، افزایش مقدار قند و اسید آسکوربیک شد (Lester, *et al.*, 2006). در بررسی دیگری محققین اثرغلظت‌های مختلف پتاسیم محلول غذایی را بر روی کیفیت میوه طالبی در محیط بدون خاک تحت شرایط گلخانه‌ای بررسی کرده و دریافتند که افزایش پتاسیم در محلول غذایی موجب افزایش غلظت مواد جامد محلول در گوشت میوه می‌شود (Lin *et al.*, 2004). همچنین طی آزمایشاتی محققین نتیجه گرفتند که افزودن کلسیم در محلول غذایی توت فرنگی نیز با تأخیر انداختن رسیدگی میوه کیفیت آن را بهبود می‌بخشد (Keutgen and Pawelzic, 2008). و بر اساس نتایج این بررسی نسبت برابر و بیشتر پتاسیم به کلسیم (۱۰۰:۱۵۰) دارای بالاترین مقدار مواد جامد محلول کل بود (شکل B ۳). بنابراین بهبود کیفیت میوه شامل افزایش فنول، کربوهیدرات‌ها و مواد جامد محلول کل بود که می‌تواند به واسطه توسعه شرایط رشدی تحت تأثیر نسبت بالاتر پتاسیم به کلسیم باشد.

اتلاف وزن پس ازبرداشت: با توجه به نتایج تجزیه واریانس، کاهش وزن میوه به‌طور معنی‌داری (P<0.01) تحت تأثیر محلول‌پاشی نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم قرار گرفت (جدول ۳).

کمترین کاهش وزن میوه مربوط به نسبت ۱۰۰:۵۰ پتاسیم به کلسیم بود که اختلاف معنی‌داری از نظر آماری با نسبت ۱۰۰ به ۱۰۰ نداشت. بیشترین کاهش وزن میوه به ترتیب مربوط به تیمار شاهد و نسبت ۱۵۰ به ۱۰۰ پتاسیم به کلسیم بود (شکل ٤).

با توجه به نتایج این بررسی افزایش نسبت کلسیم محلول غذایی در کاهش اتلاف وزن میوه‌های توت فرنگی نسبتبه مقدار کاهش کلسیم در محلول غذایی مؤثرتر است، که با نتایج سایر پژوهشگران در آلو (Serrano *et al.*, 2004) مطابقت دارد. در پژوهشی دیگر محققین اثر محلول پاشی کلرید کلسیم را بر روی میوه کیوی مورد بررسی قرار دادند، آنها نتیجه گرفتند که محلول‌پاشی کلسیم سبب حفظ استحکام و افزایش ویتامین ث میوه خیار طی انبارداری گردید (Kazemi, 2011). کاهش وزن در طی دهیدراته شدن میوه به خاطر تغییراتی است که در مقاومت به انتقال فشار بخار آب از سطح میوه در هنگام تنفس روی می‌دهد. افزایش میزان غلظت کلسیم بافت میوه در عملکرد و حفظ یکپارچگی غشاءها از طریق استحکام پیوند فسفو لیپیدها و پروتئین‌ها و کم نمودن تراوشات یونی مؤثر می‌باشد (Davis and Volkenburg, 1995; Wiedenhoeft and Hopkins, 2006).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که تیمار محلول‌پاشی حاوی نسبت بالای پتاسیم در مقایسه با کلسیم و تیمار شاهد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.3.5]

منجر به بهبود ظرفیت فتوسنتزی، عملکرد، و برخی فاکتورهـای کیفی میوه و در مقابل نسبت بالای کلسیم به پتاسـیم منجـر بـه کاهش اتلاف وزن میوه طی دوره انبارداری می‌گردد.

منابع

جلیلی مرندی، ر. (۱۳۹۱) میوه‌های دانه ریز. چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه.

خوش‌گفتارمنش، ا. (۱۳۸٦) مبانی تغذیه گیاهی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان ٤: ۲۹۹-۲۹٦.

طباطبایی، س. ج. (۱۳۸۸) اصول تغذیه معدنی گیاهان. انتشارات خوارزمی، تبریز، ایران.

کیانی، ش.، ملکوتی، م. ج. و میرزاشاهی، ک. (۱۳۹۰) تأثیر سطوح مختلف پتاسیم و کلسیم بر رشد، عناصر غذایی و عملکرد گل بریده رز(*Rosa Hybrida* L.) رقم وندتا. تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی) ۲٤: ۲۵-۱۵.

ملکوتی، م. ج.، شهابی ع. ا. و بازرگان، ک. (۱۳۸٤) پتاسیم در کشاورزی ایران. تهران. انتشارات سنا.

نجفی، ن. ا.، پارسازاده، م.، طباطبایی، س. ج. و اوستان، ش. (۱۳۸۹) تأثیر شکل نیتروژن و pH محلول غذایی بر جذب و غلظت پتاسیم، کلسیم، منیزیم و سدیم در ریشه و بخش هوایی اسفناج. مجله دانش آب و خاک. ۲۰: ۱۳۰-۱۱۱.

Abdi, Gh., Khosh-Khui, M. and Eshghi, S. (2006) Effects of natural zeolite on growth and flowering of Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch). International Journal Agricultural Research 1: 384-389.

Aebi, H. (1984) Catalase in vitro. Methods in Enzymology 105: 121–126.

Ahmad, H., Sajid, M., Ullah, M., Hayat, S. and Shahab, M. (2014) Dose Optimization of potassium (k) for yield and quality increment of strawberry (*Fragaria ×ananassa* Duch) chandler. Experimental Agriculture 4: 1526-1535.

Al-Karaki, G. N. (2000) Growth, sodium and potassium uptake and translocation in salt streeed tomato. Journal of Plant Nutrition 23: 369-379.

Barker, A. V. and Pilbeam, D. J. (2015) Handbook of plant nutrition. CRC press. USA.

Bradfield, E. G., Bonatsos, D. and Stickland, J. F. (1975) Potassium nutrition of the Strawberry plant. Effect of potassium treatment and of the rooting media on components of yield and critical leaf potassium concentration. Journal Food and Agriculture Sciences 26: 669-674.

Caruso, G., Villari, G., Melchionna, G. and Conti, S. (2011) Effects of cultural cycles and nutrient solutions on plant growth, yield and fruit quality of alpine strawberry (*Fragaria vesca* L.) grown in hydroponics. Scientia Horticulturae 129: 479-485.

Davis, W. J. and Volkenburg, E. (1995) The influence of water deficit on the factors controlling the daily patern of growth of Bean. Journal Experimental Botany 54: 987-999.

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

Ebelhar, S. A. and Varsa, E. C. (2000) Tillage and potassium placement effects on potassium utilization by corn and soybean. Communications in Soil Science and Plant Analysis 31: 2367-2377.

El-Bassiony, A. M., Fawzy, Z. F., Abd El-Samad, E. H. and Riad, G. S. (2012) Growth yield and fruit quality of sweet pepper plant (*Capsicum annum* L.) as affected by potassium fertilization. International Journal of Agricultural and Environmental 6:722-729.

El-Fouly M. M., Mobarak, Z. M. and Salama, Z. A. (2002) Micronutrient foliar application increases salt tolerance of tomato seedlings. Acta Horticulturae 573: 467-474.

Eshghi, S. and Tafazoili, E. (2007) Changes in mineral Nutrition levels during floral transition in Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch). International Journal of Agricultural Researchs 2: 180-184.

Fageria, N. K. (2008) The use of nutrients in crop plants. CRC press.

Fanasca, S., Colla, G., Maiani, G., Venneria, E., Rouphael, Y. and Azzini, E. (2006) Changes in antioxidant content of tomato fruits in response to cultivar and nutrient solution composition. Journal of Agriculture Food Chemistry 54: 4319-4325.

Fawzy, Z. F., El-Nemr, M. A. and Saleh, S. A. (2007) Influence of levels and methods of potassium fertilizer application on growth and yield of eggplant. Journal of Applied Sciences Research 3: 42-49.

Gunduz, k. and Ozdemir, E. (2014) The effects of genotype and growing conditions on antioxidant capacity, phenolic compounds, organic acid and individual sugars of strawberry. Journal of Food Chemistry 155: 298-303.

Hao, X. and Papadopoulos, A. P. (2003) Effect of calcium and magnesium on growth, fruit yield and quality in a fall greenhouse tomato crop grown on rockwool. Canada Journal Plant Science 83: 903-912.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.3.5]

Heng, J., Huang, Q., Li, Q., Zheng, S., Wu, S., Wang, J., Liu, H. and Chen, M. (2011) Effects of potassium supply on limitations of photosynthesis by mesophyll diffusion conductance in *Carya cathayensis*. Tree Physiology 31: 1142-1151.

Hepler, P. K. (2005) Calcium: A central regulator of plant growth and development. Plant Cell 17: 2142-2155.

Jones Jr, J. B. (2016) Hydroponics: a practical guide for the soilless grower. CRC press, USA.

Kazemi, M. (2011) Response of cucumber plants to foliar application of calcium chloride and paclobutrazol under greenhouse conditions. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences 2: 15-18.

Keutgen, A. and Pawelzic, E. (2008) Quality and nutritional value of strawberry fruit under long salt stress. Journal of Agriculture Food Chemistry 107: 1413-1420.

Lester, G. E., Jifon, J. L. and Makus, D. J. (2006) Supplemental foliar potassium applications with or without a surfactant can enhance netted muskmelon quality. Horticulture Science 41: 741-744.

Lester, G. E. and Jifon, J. L. (2007) Foliar applied potassium: Effects on cantaloupe quality. Acta Horticulturae 731: 115-119.

Lichtenthaler, H. K. and Wellburn, A. R. (1985) Determination of total carotenoids and chlorophylls A and B of leaf in different solvents. Biochemistry Society Trans 11: 591-592.

Lin, D., Huang, D. and Wang, S. H. (2004) Effects of potassium levels on fruit quality of muskmelon in soilless, medium culture. Sciences Horticulture 102: 53-60.

Lopez, A., Fenoll, J., Hellin, P. and Flores, P. (2013) Physical characteristics and mineral composition of two pepper cultivars under organic, conventional and soilless cultivation. Scientia Horticulturae 150: 259–266.

Malakuoti, M. J. (2000) General Diagnosis Method and Essentiality of Optimum Fertilizers Application. 5thEd. Tarbiat Modaress University Press.

Mandave, P. C., Pawar, P. K., Rijekar, P. K., Mantri. N. and Kuvalekar, A. A. (2014) Comprehensive evaluation of in vitro antioxidant activity, total phenols and chemical profiles of two commercially important strawberry varieties. Sciences Horticulture 172: 124-134.

Marschner, P. (2012) Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London, UK.

Mitra, G. N. (2015) Regulation of Nutrient Uptake by Plants. Springer.

Morgan, L. (2006) Hydroponic strawberry: A technical guide to the hydroponic production of strawberries. Suntec (NZ).

Nisperos-Carriedo, M. O., Buslig, B. S. and Shaw, P. E. (1992) Simultaneous detection of dehydroascorbic, ascorbic, and some organic acids in fruits and vegetables by HPLC. Food Chemistry 40: 1127-1130.

Rodas, C. L., Pereira da Silva, I., Toledo-Coelho, V. A., Guimaraes-Ferreira, D. M., de Souza, R. J. and Guedes de Carvalho, J. (2013) Chemical properties and rates of external color of strawberry fruits grown using nitrogen and potassium fertigation. IDESIA (Chile) 31: 53-58.

Seeapiglia, J. S., Minocha, R. and Minocha, S. C. (2008) Changes in polyamines, inorganic ions and glutamine synthetase activity in response to nitrogen availability and form in red spruce (*Picea rubens*). Tree Physiology 28: 1793-1803.

Serrano, M., martinz-Romero, D., Castillo, S., Cuillen, F. and Valero, D. (2004) Role of Calcium and treatment in alleviatin, physiological chang induced by mechanical damage inplum. Postharvest Biology of Technology 34:155-167.

Sharafzadeh, S., Esmaeili, M., Mohammadi, M. and Abdol, H. (2011) Interaction effects of nitrogen, phosphorus and potassium on growth, essential oil and total phenolic content of Sweet basil. Advances in Environmental Biology 5: 1285-1289.

Torre, S., Fjeld, T. and Gislerod, H. R. (2001) Effects of air humidity and K/Ca ratio in the nutrient supply on growth and postharvest characteristics of cut roses. Sciences Horticulture 90: 291-304.

Trejo-Tellez, L. I. and Gomez-Merino, F. C. (2012) Nutrient solutions for hydroponic systems. Hydroponics–a standard methodology for plant. Biological Researches 1-2.

Uchida, R. (2000) Essential nutrients for plant growth: nutrient functions and deficiency symptoms, In: Plant Nutrient Management in Hawaii s Soils, Approaches for Tropical and Subtropical Agriculture, (eds. Silva, J. A. and Uchida, R.) Pp: 31-55. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at manoa.

Upadhyaya, A., Sankhla, D., Davis, T. D., Sankhla, N. and Smidth, B. N. (1985) Effect of paclobutrazol on the activities of some enzymes of activated oxygen metabolism and lipid peroxidation in senescing soybean leaves'. Plant Physiology 121: 453-461.

Velioglu, Y. S., Mazza, G., Gao, L. and Oomah, B. D. (1998) Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. Journal Agriculture Food Chemistry 46: 4113-4117.

Wiedenhoeft, A. C. and Hopkins, W. G. (2006) Plant Nutrition. Chelsea House Publishers.

Yarnia, M., Faraj-Zadeh, A. and Nobari, N. (2007) Methods of evaluating the performance of micro mono germ beet rassol cultivar. 10th National Soil Science Congress. Karaj, Iran.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.3.5]

Zamaniyan, M., Panahandeh, J., Tabatabaei, S. J. and Motallebie-Azar, A. (2012) Effects of different ratios of K:Ca in nutrient solution on growth, yield and chicon quality of witloof chicory (*Cichorium intybus* L.). International Journal of Agriculture Science 2: 1137-1142.

Zhang, Z., Yang, F. and Tian, X. (2009) Coronatine-induced lateral formation in cotton (*Gossypium hirsutum*) seedlings under potassium-sufficient and –deficient conditions in relation to auxin. Journal Plant Nutrtion. Soil Science 172: 435-444.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.3.5]