

## تأثیر سطوح مختلف پتاسیم در محلول غذایی بر کیفیت میوه فلفل دلمه‌ای

### Effects of Different Potassium Levels in Nutrient Solution on the Fruit Quality in Bell Pepper

صدیقه مردانلو<sup>۱</sup> و محمد کاظم سوری<sup>۲\*</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۶/۲۹

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۲۴

#### چکیده

فلفل دلمه‌ای به سبب ارزش تغذیه‌ای بالایی که دارد امروزه از مهمترین سبزیجات مصرفی در سراسر دنیا است و همواره جایگاه ویژه‌ای در رژیم‌های غذایی جوامع مختلف دارد. تأمین بهینه عناصر غذایی از جمله پتاسیم، در کشت‌های بدون خاک نقش مهمی در بهبود کیفیت محصولات کشاورزی دارد. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر سطوح پتاسیم (۱۵۰، ۲۳۵، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر محلول غذایی) بر کیفیت میوه فلفل دلمه‌ای تحت سیستم کشت هیدروپونیک انجام گردید. براساس نتایج به دست آمده از این آزمایش، اثر غلظت‌های مختلف پتاسیم محلول غذایی بر طول میوه، سفتی بافت میوه و فاکتورهای بیوشیمیایی معنی‌دار، ولی بر قطر میوه غیرمعنی‌دار بود. از نظر طول میوه و سفتی بافت میوه، بیشترین مقادیر به ترتیب در میوه گیاهان تحت تیمار ۴۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم مشاهده شد. بیشترین مقدار مواد جامد محلول و پی‌اچ آب میوه نیز در غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر این عنصر به دست آمد، ولی بیشترین اسیدیته قابل تیتراسیون و همچنین ویتامین ث میوه در گیاهان تحت تیمار غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که برای دستیابی به کیفیت بهتر میوه فلفل دلمه‌ای در سیستم کشت هیدروپونیک بایستی مقادیر بیشتری پتاسیم (۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر) نسبت به غلظت‌های معمول (حدود ۲۳۵ میلی‌گرم در لیتر) مصرف شود.

واژه‌های کلیدی: هیدروپونیک، سفتی بافت، اسیدیته قابل تیتراسیون، ویتامین ث

۱ و ۲. به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد و استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

\* نویسنده مسئول Email: mk.souri@modares.ac.ir

## مقدمه

لفل دلمه‌ای یا فلفل سبز (*Capsicum annuum* L.) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین سبزیجات میوه‌ای از خانواده بادمجانیان (Solanaceae) بوده و به سبب ارزش بالای تغذیه‌ای و تنوع مصرفی، تمایل به کشت‌وکار و مصرف آن در جوامع مختلف رو به افزایش است. فلفل یک سبزی فصل گرم است که به دماهای نسبتاً بالا برای رشد و نمو نیاز دارد. اهمیت این سبزی در جهان براساس خاصیت اشتهاآوری، کمک به هضم غذا و ترکیبات ضد سرطانی آن می‌باشد (پیوست، ۱۳۸۴). میوه فلفل منبعی غنی از رنگ‌های طبیعی و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی متنوع مانند ترکیبات فنولی، ویتامین‌های C، A، E و کارتنوئیدها می‌باشد (توپوز<sup>۱</sup>، ۲۰۰۷). استفاده از این ترکیبات در رژیم غذایی در حفظ سلامتی انسان بسیار مفید است (هاورد<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۰). فلفل در درمان بسیاری از بیماری‌ها مانند آسم، سینه درد و سرفه نقش دارد و برای بهبود روماتیسم، سوء هاضمه و ناراحتی‌های اعصاب به‌عنوان یکی از مهم‌ترین داروها مؤثر می‌باشد (پیوست، ۱۳۸۴).

امروزه استفاده از کشت بدون خاک به‌عنوان نوعی فناوری و سیستم تولید گیاهان که موجب افزایش کمیت و کیفیت محصولات باغبانی می‌شود، در حال گسترش یافته است. به نظر می‌رسد با توسعه صنعت و زندگی شهر نشینی، تولید هیدروپونیک محصولات به یک روش معمول در تأمین مواد غذایی مردم در آینده تبدیل شود. این روش به دلیل وجود مزایایی نظیر کنترل تغذیه گیاه، امکان افزایش تراکم کاشت، کاهش بروز بیماری‌ها، آفات و افزایش کمیت و کیفیت محصول می‌تواند جایگزین مناسبی برای سیستم کشت سنتی و خاکی باشد (مسیحا و همکاران، ۱۳۷۸).

تأمین بهینه عناصر غذایی از جمله پتاسیم در کشت‌های بدون خاک نقش مهمی در بهبود کمیت و کیفیت محصول تولیدی و عمر انباری محصولات برداشت شده دارد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). پتاسیم بعد از نیتروژن، مهم‌ترین عنصر ضروری برای رشد و نمو گیاهی است که بسیاری از جنبه‌های رشد و نمو، عملکرد و کیفیت محصولات مختلف را به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم تحت تأثیر قرار می‌دهد (مارشسر<sup>۳</sup>، ۱۹۹۵؛ گرو<sup>۴</sup>، ۲۰۰۵). این عنصر علاوه بر وظایف فیزیولوژیک بسیار مهمی که در گیاه بر عهده دارد، در بهبود کیفیت محصولات کشاورزی نیز جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده است،

به‌طوری‌که در بسیاری موارد به‌عنوان عنصر کیفیت شناخته می‌شود و همواره در کنار عناصر دیگر مانند نیتروژن و کلسیم یک فاکتور بسیار مهم در کیفیت محصولات و میوه‌ها محسوب می‌گردد (هارتز<sup>۵</sup> و همکاران، ۱۹۹۹). پتاسیم همچنین موجب بهبود ترکیبات شیمیایی از طریق افزایش پروتئین، مقدار نشاسته، مواد جامد کل و آسکوربیک اسید میوه شده و عمر انباری آن را افزایش می‌دهد (خیاط<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۰۷). در تحقیقی دیگر با افزایش مقدار پتاسیم محلول غذایی هوگلند از یک تا ۱۲ میلی‌مولار، زیست‌توده کل، تعداد میوه و وزن گیاه با افزایش پتاسیم به‌طور خطی افزایش یافتند، درحالی‌که بهترین غلظت برای عملکرد ۶ میلی‌مولار بود (جانسون‌دکوتو<sup>۷</sup>، ۱۹۹۶). همچنین به‌طور مشابهی آرانکون<sup>۸</sup> و همکاران (۲۰۰۶) بیان داشتند که کاربرد خاکی یا برگ‌پاشی پتاسیم در گیاه فلفل منجر به افزایش عملکرد و کیفیت میوه می‌گردد. همچنین افزایش اسیدیته میوه و عمر انباری میوه فلفل دلمه‌ای در اثر کاربرد پتاسیم گزارش شده است (روبیو<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۱۰). در تحقیقی دیگر مردانلو و همکاران (۱۳۹۳) با کاربرد سطوح مختلف پتاسیم محلول غذایی در گیاه فلفل قلمی نشان دادند که بیشترین عملکرد و صفات کیفی میوه به‌ترتیب در تیمار ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم محلول غذایی به‌دست آمد.

با توجه به نقش بارز پتاسیم در رشد و نمو و همچنین کیفیت محصولات تولیدی، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف پتاسیم محلول غذایی بر ویژگی‌های کیفی میوه فلفل دلمه‌ای تحت سیستم کشت هیدروپونیک انجام شد.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور مطالعه تأثیر غلظت‌های مختلف پتاسیم محلول غذایی بر ویژگی‌های کیفی میوه در فلفل دلمه‌ای رقم کالیفرنیا واندرا<sup>۱۰</sup>، آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس طی سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ انجام گرفت. در طی این پژوهش دمای گلخانه حدود  $28 \pm 4$  و رطوبت نسبی حدود ۷۵ درصد بود. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تیمار (سطح پتاسیم ۱۵۰، ۲۳۵، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و پنج تکرار تحت سیستم کشت هیدروپونیک صورت گرفت. غلظت ۲۳۵ میلی‌گرم در

5. Hartz

6. Khayyat

7. Johnson and Decoteau

8. Arancon

9. Robio

10. C. *annuum* "California Wonder"

1. Topuz

2. Haward

3. Marschner

4. Gruda

M1: وزن اولیه نمونه (قبل از رقیق شدن)

M2: وزن نمونه بعد از رقیق شدن

برای اندازه‌گیری پی اچ از دستگاه پی اچ متر مدل ۷۴۴ Metrohm (ساخت شرکت Metrohm سوئیس) استفاده شد. برای اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون عصاره میوه از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به پی اچ ۸/۱، استفاده شد. برای این منظور ابتدا ۱۰ میلی‌لیتر از آب میوه صاف شده را با ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق کرده و سپس به‌وسیله سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به پی اچ برابر ۸/۱ تیترا شده و حجم سود مصرفی یادداشت شد. از رابطه (۲) برای محاسبه میزان TA (اسید سیتریک) برحسب میلی‌گرم اسید سیتریک در ۱۰۰ گرم بافت تازه میوه استفاده گردید (جهان‌بین، ۱۳۷۸).

رابطه (۲)

$$TA\% = \frac{\text{میلی اکی والان وزنی اسید سیتریک} \times 0.1 \times \text{فاکتور رقت} \times \text{میلی لیتر سود مصرفی}}{\text{حجم نمونه}}$$

ویتامین ث عصاره میوه با استفاده از روش یدومتريک اندازه‌گیری شد. بدین منظور ۲۰ میلی‌لیتر از عصاره میوه با ۱۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر، ۵ میلی‌لیتر یدید پتاسیم، ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک و ۱ میلی‌لیتر معرف نشاسته درون یک بشر ریخته شد و با استفاده از یدات پتاسیم تیترا گردید. عمل تیتراسیون تا ظهور اولین نشانه‌های تغییر رنگ (آبی تیره) در محلول درون بشر ادامه یافت. سپس با استفاده از حجم یدات مصرفی مقدار ویتامین ث (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) محاسبه گردید (جلیلی‌مرندی، ۱۳۷۸).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ و EXCEL نسخه ۲۰۰۷ انجام شد و میانگین‌ها توسط آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

لیتر پتاسیم که غلظت محلول اصلی هوگلند می‌باشد، به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. ترکیب محلول غذایی مورد استفاده، فورمولاسیون محلول غذایی هوگلند (هوگلند و آرنون، ۱۹۵۰) با اندکی تغییرات در راستای اعمال غلظت‌های پتاسیم بود. در این تحقیق هر تکرار برابر یک گلدان و هر گلدان حاوی دو گیاه بود. جدا از منبع نیترا پتاسیم که نمک اصلی فرمولاسیون هوگلند می‌باشد، جهت اعمال تیمارهای مختلف غلظت پتاسیم از سولفات پتاسیم استفاده شد.

بذرهای فلفل در اواخر بهمن در محیط‌کشت حاوی مخلوطی از شن، خاک و کود دامی (به نسبت ۱:۲:۲) تحت شرایط دمایی نسبتاً ثابت (۲۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد) کاشته شدند و تا زمان خروج گیاهچه در داخل بستر با آب معمولی آبیاری شدند. پس از جوانه‌زنی، گیاهچه‌ها در مرحله ۴-۵ برگی (۶ هفته پس از کشت) به بستر کشت اصلی با نسبت‌های حجمی ۷۰ درصد کوکوپیت و ۳۰ درصد پرلیت منتقل گردیدند. تغذیه گلدان‌ها تا پایان فصل رشد (به مدت ۷ ماه) با محلول‌های غذایی مختلف که حاوی تیمارهای مورد مطالعه بودند به‌صورت دوبار در روز انجام شد. در طی فصل رشد، مراقبت‌های زراعی لازم به‌طور یکسان برای همه گلدان‌ها به‌عمل آمد. برداشت میوه‌ها جهت اندازه‌گیری فاکتورهای کمی و کیفی میوه در مرحله قرمز رسیده صورت گرفت. سپس تعداد میوه‌ها شمارش شده و با استفاده از ترازوی دیجیتال توزین شد. برای محاسبه عملکرد کل میانگین هر تیمار برحسب گرم بیان شد.

برای تعیین طول و قطر میوه از هر گلدان ۵ میوه به‌صورت تصادفی انتخاب و با استفاده از کولیس<sup>۲</sup> دیجیتال مدل میتوتویو با دقت ۰/۲ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. همچنین اندازه‌گیری سفتی بافت میوه (کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع) نیز با استفاده از سفتی‌سنج<sup>۳</sup> مدل واگنر صورت گرفت.

مواد جامد کل (TSS) با استفاده از رفراکتومتر (AtagoDR-AL-2001- Japan) در دمای ۲۵°C اندازه‌گیری شد و به‌صورت درجه بریکس بیان گردید. بدین منظور یک تا دو قطره از عصاره میوه زیر عدسی دستگاه قرار داده شد و با تنظیم آن، عدد مربوطه قرائت گردید. سپس با استفاده از فرمول زیر مقدار TSS (درجه بریکس) محاسبه گردید (حسینی، ۱۳۸۳).

$$TSS = \frac{P \times M2}{M1} \quad \text{رابطه (۱)}$$

P: عدد قرائت شده توسط رفراکتومتر

1. Hoagland and Arnon
2. Colis (Mitutoyo, Japan)
3. Penetrometer (Wagner, USA)

جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در این پژوهش

Table 1: The results of analysis of variances of triats in present study

اسیدیتته قابل تیتر Titratable acidity	پی اچ pH	مواد جامد محلول TSS	ویتامین ث Vitamin C	قطر میوه Fruit diameter	طول میوه Fruit length	سفتی Firmness	تعداد میوه Fruit number	عملکرد Yield	درجه آزادی df	منابع تغییرات Sources of Variations
0.001**	0.005**	23.73**	159.10**	1.245 <sup>ns</sup>	174.41**	0.492**	21.74**	109495.50**	4	تیمار Treatment
0	0	0.284	0.861	0.719	35.98	0.007	1.46	9350.55	20	خطا Error
0	0	3.691	0.885	1.628	7.534	3.147	9.71	9.314		ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

\*\* و ns: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱٪ و غیرمعنی دار

\*\* and ns: significant at 1% probability and no significant, respectively

## نتایج و بحث

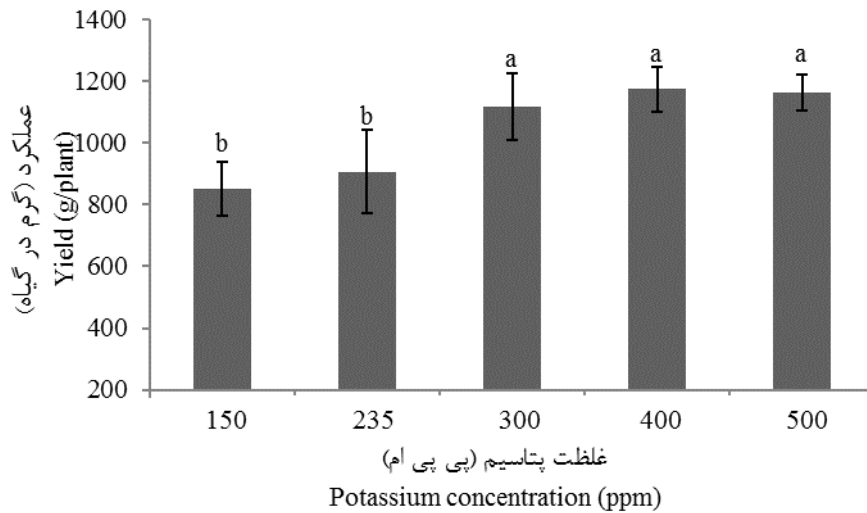
در این پژوهش نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر تیمارها بر تمام صفات مورد مطالعه فلفل دلمه‌ای در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود، و از این نظر اثر تیمارها تنها بر صفت قطر میوه معنی‌دار نبود.

همچنین نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که اغلب پارامترهای کیفی میوه تحت تأثیر تیمارها قرار گرفتند، به طوری که با افزایش غلظت پتاسیم محلول غذایی شاخص‌های مربوط به کیفیت میوه شامل طول میوه، سفتی، مواد جامد محلول، پی‌اچ، اسیدیته قابل تیتراسیون و ویتامین ث میوه نیز به طور معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون دانکن افزایش یافتند. بیشترین میزان عملکرد (۱۱۳۶/۲ گرم) در گیاه در گیاهان تحت تیمار غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با گیاهان با غلظت ۵۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم نداشت (شکل ۱). کمترین میزان عملکرد (۸۵۰/۱۷ گرم) نیز در تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با بقیه تیمارها به جز شاهد نشان داد. به طور مشابهی مردانلو و همکاران (۱۳۹۳) در گیاه فلفل قلمی گزارش کردند که بیشترین عملکرد در غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پتاسیم محلول غذایی به دست می‌آید. افزایش عملکرد در اثر افزایش کاربرد پتاسیم در گیاهان دیگر نیز گزارش شده است (آرنکون و همکاران، ۲۰۰۶؛ الباسیونی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۶). وژونگ<sup>۲</sup> (۲۰۰۲) در آزمایشی حاکی نشان داد که با افزایش مقدار کاربرد پتاسیم تا ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد فلفل و گوجه‌فرنگی افزایش می‌یابد. هارتز (۱۹۹۹) نیز در کشت حاکی گوجه‌فرنگی نشان داد با افزایش میزان کوددهی پتاسیم تا ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد میوه افزایش می‌یابد. در آزمایشی دیگر با سه سطح ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم، با دو رقم هیبرید و غیرهیبرید گوجه‌فرنگی نشان داده شد که عملکرد رقم هیبرید رابطه خطی با سطوح پتاسیم کاربردی دارد (المسلمانی<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۹). این عمدتاً به سبب نقش پتاسیم در فیزیولوژی رشد و نمو گیاه مخصوصاً افزایش راندمان فتوسنتزی می‌باشد. سنتز و همچنین بارگیری و انتقال مواد هیدروکربنی در گیاه بسیار وابسته به سطوح داخلی پتاسیم می‌باشد (تیسدل<sup>۴</sup> و همکاران، ۱۹۸۵).

از نظر طول میوه بیشترین طول میوه (۸۵/۵۳ میلی‌متر) در تیمار غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد که تفاوت

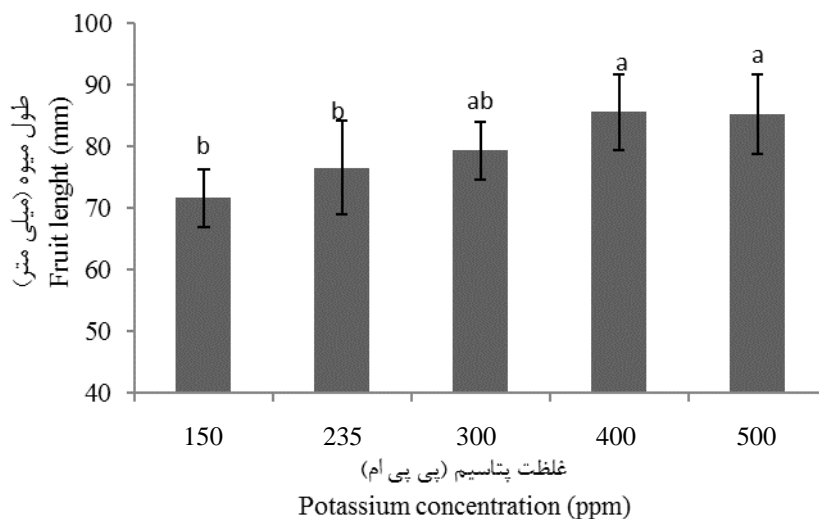
معنی‌داری با شاهد (غلظت ۲۳۵ میلی‌گرم در لیتر) و غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نشان داد. کمترین طول میوه (۷۱/۶ میلی‌متر) نیز در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد (شکل ۲). از نظر قطر میوه بین تیمارها تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ آزمون دانکن وجود نداشت، به هر حال بیشترین و کمترین قطر میوه به ترتیب در غلظت‌های ۵۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر بود (داده‌ها نشان داده نشده است). میزان سفتی بافت میوه با افزایش غلظت پتاسیم محلول غذایی افزایش یافت به طوری که بیشترین و کمترین مقدار سفتی میوه (به ترتیب ۳/۰۴ و ۲/۲۷ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع) در غلظت ۵۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم مشاهده گردید (شکل ۳). افزایش عملکرد و صفاتی مانند طول و قطر میوه در اثر کاربرد حاکی و محلول‌پاشی پتاسیم در فلفل گزارش شده است (الباسیونی و همکاران، ۲۰۱۰). در گیاه بادمجان نیز با افزایش مقدار کاربرد حاکی کود پتاسیم قطر و طول میوه، و متوسط وزن میوه افزایش یافت (فوزی<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۷). به هر حال مردانلو و همکاران (۱۳۹۳) نشان دادند که غلظت‌های مختلف پتاسیم محلول غذایی تأثیری بر طول و قطر میوه فلفل قلمی ندارند.

1. El-Bassiony
2. Wuzhong
3. Almeselmani
4. Tisdale



شکل ۱: تأثیر مقادیر مختلف پتاسیم محلول غذایی بر عملکرد محصول. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای در سطح ۵ درصد انجام شده است

Fig. 1: Effect of different potassium levels in nutrient solution on yield. Means comparison was done through Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$



شکل ۲: تأثیر غلظت‌های مختلف پتاسیم محلول غذایی بر طول میوه. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای در سطح ۵ درصد انجام شده است

Fig. 2: Effect of different potassium levels in nutrient solution on fruit length. Means comparison was done through Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$

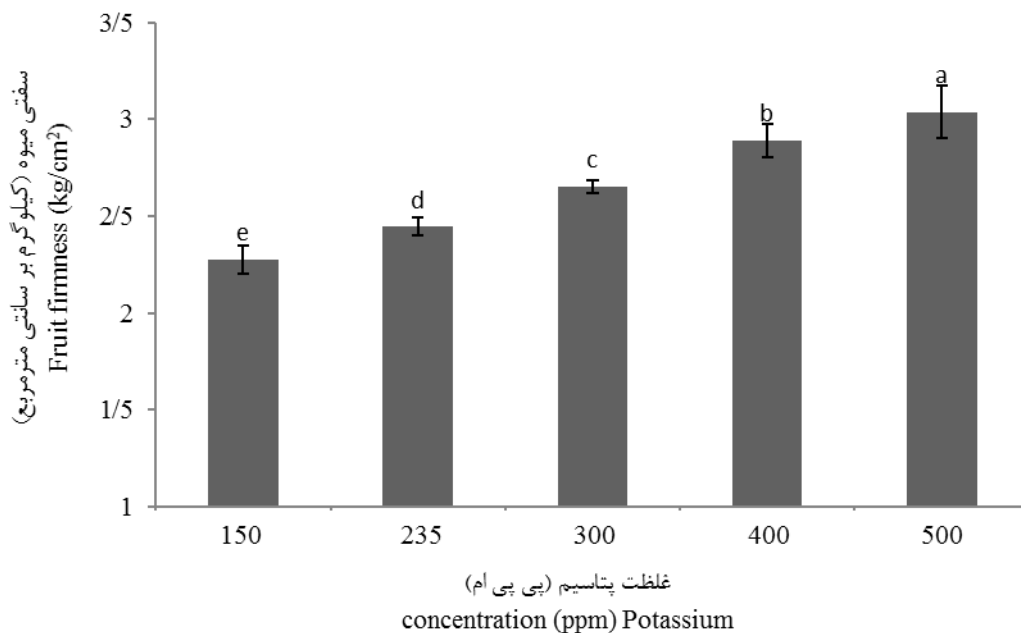
المسلمانی، ۲۰۰۹). لستر<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۶) نیز مشاهده کردند که کاربرد خاکی و برگی پتاسیم در طول نمو میوه خربزه سبب بهبود کیفیت میوه و افزایش مقدار قند، آسکوربیک اسید و مقدار بتاکاروتن می‌گردد. همچنین در بررسی غلظت‌های مختلف پتاسیم محلول غذایی بر کیفیت میوه طالبی مشخص شد که با افزایش غلظت پتاسیم، مواد جامد محلول گوشت میوه افزایش می‌یابد (لین<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۴). مردانلو و همکاران (۱۳۹۳) نیز نشان دادند که

نتایج همچنین نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین تیمارها از نظر شاخص‌های بیوشیمیایی میوه از قبیل مواد جامد محلول، پی‌اچ، اسیدیته قابل تیتراسیون و ویتامین ث وجود دارد. بیشترین مواد جامد محلول (۱۶/۶۲ درصد) (شکل ۴) و پی‌اچ عصاره میوه (۵/۱۹) (شکل ۵) در غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین مقادیر آنها در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل گردید. افزایش میزان مواد جامد محلول و پی‌اچ عصاره میوه فلفل در اثر کاربرد پتاسیم در دیگر پژوهش‌ها نیز نشان داده شده است (خیاط و همکاران ۲۰۰۷؛ آرانکون و همکاران، ۲۰۰۶؛

1. Lester  
2. Lin

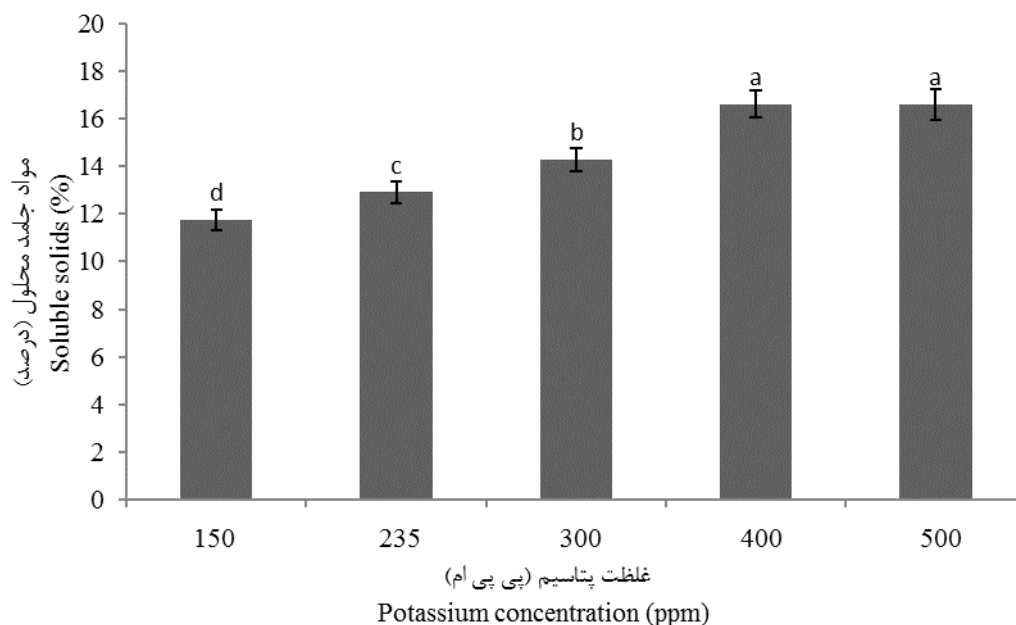
انتقال آنها به میوه، نقش اسمزی و نقش تنظیمی پتاسیم در بسیاری از واکنش‌های آنزیمی درگیر در بیوسنتز کربوهیدرات‌ها در گیاه باشد (مارشینر، 1995).

غلظت‌های مختلف پتاسیم محلول غذایی تأثیر معنی‌داری بر پی‌اچ عصاره میوه فلفل قلمی نداشت ولی بیشترین مواد جامد محلول در غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم به‌دست آمد. این اثرات می‌توانند به سبب فتوسنتز بهتر، تولید مواد قندی و



شکل ۳: تأثیر غلظت‌های مختلف پتاسیم محلول غذایی بر میزان سفتی بافت میوه. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای در سطح ۵ درصد انجام شده است

Fig. 3: Effect of different potassium levels in nutrient solution on fruit firmness. Comparison of means was done through Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$



شکل ۴: تأثیر مقادیر مختلف پتاسیم محلول غذایی بر میزان مواد جامد محلول در میوه. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای در سطح ۵ درصد انجام شده است

Fig. 4: Effect of different potassium levels in nutrient solution on Total soluble solids. Comparison of means was done through Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$

از نظر اسیددیده قابل تیتراسیون نیز بیشترین مقدار (۰/۱۶۶ گرم) در گیاهان تحت کاربرد غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و کمترین مقدار آن (۰/۱۳۶ گرم) در گیاهان تحت تیمار غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل گردید (شکل ۶). در این آزمایش همچنین افزایش غلظت پتاسیم محلول غذایی موجب افزایش مقدار ویتامین ث میوه شد به گونه‌ای که حداکثر مقدار ویتامین ث (۱۱۰ میلی‌گرم) در بافت تازه میوه در گیاهان تحت تیمار غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین آن (۹۶ میلی‌گرم) در گیاهان تحت تیمار غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده گردید. اگرچه غلظت‌های ۴۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر تفاوت معنی‌داری نشان ندادند (شکل ۷). گزارش شده است که کاربرد پتاسیم اسیددیده قابل تیتراسیون میوه را در فلفل شیرین رقم اورلاندو<sup>۱</sup> افزایش می‌دهد (روبیو<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۰). افزایش فاکتورهای کیفی میوه از قبیل اسید آسکوربیک، لیکوپن، مواد جامد محلول و اسیددیده قابل تیتراسیون در فلفل (الباسیونی و همکاران، ۲۰۱۰؛ روبیو و همکاران، ۲۰۱۰)، توت‌فرنگی (خیاط و همکاران، ۲۰۰۷) و گوجه‌فرنگی (ویلیامسن<sup>۳</sup> و همکاران، ۱۹۹۶؛ المسلمانی، ۲۰۰۹) نیز گزارش شده است. وژونگ (۲۰۰۲) نشان داد که مقدار ویتامین ث در گوجه‌فرنگی و فلفل با افزایش میزان پتاسیم بهبود می‌یابد. نشان داده شده است که در فلفل قلمی غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم محلول غذایی منجر به بیشترین اسیددیده قابل تیتراسیون و محتوای ویتامین ث در میوه می‌گردد (مردانلو و همکاران، ۱۳۹۳). به هر حال اوکور و یاغمور<sup>۴</sup> (۲۰۰۴) نشان دادند که در هندوانه غلظت‌های بالای پتاسیم وزن، عرض و مواد جامد محلول میوه را افزایش و سفتی گوشت، ضخامت پوست و اسیددیده را کاهش می‌دهد. احتمالاً یکی از نقش‌های تولید مقدار بالای اسید در اثر کاربرد پتاسیم در برخی میوه‌ها، پایداری آسکوربیک اسید می‌باشد (ماپسون<sup>۵</sup>، ۱۹۷۰). نشان داده شده است که غلظت بالای پتاسیم در میوه گوجه‌فرنگی تشکیل اسیدهای آلی را تحریک می‌کند (ویلیامسن و همکاران، ۱۹۹۶). پتاسیم در فتوسنتز، تشکیل کربوهیدرات و انتقال آن‌ها و در نتیجه افزایش اندازه میوه و عملکرد نقشی اساسی دارد (مارشئر، ۱۹۹۵). بسیاری از اثرات مشاهده شده در این تحقیق می‌تواند به نقش‌های مختلف پتاسیم در فیزیولوژی و متابولیسم گیاه مرتبط باشد، که ممکن است به صورت مستقیم یا غیرمستقیم در گیاه بیان شود.

1. Orlando
2. Robio
3. Williamsen
4. Okur and Yağmur
5. Mapson

پتاسیم در کنار عناصر دیگر مانند نیتروژن و کلسیم مهم‌ترین نقش را در کیفیت محصولات زراعی و باغی ایفا می‌کند (گرودا، ۲۰۰۵). فعال کردن آنزیم‌های درگیر در سوخت و ساز درون گیاه توسط پتاسیم و همچنین نقش اسمزی آن در توسعه سلولی نیز فاکتور مهمی در این زمینه هستند.

در محلول‌پاشی گیاهان فلفل دلمه‌ای با پتاسیم (۴ گرم در لیتر)، افزایش عملکرد و پارامترهای کیفی میوه مانند طول و قطر میوه، مقدار ویتامین ث و قند گزارش شده است (الباسیونی و همکاران، ۲۰۱۰). در فلفل قلمی نیز فاکتورهای بیوشیمیایی کیفیت مانند اسیددیده قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول و ویتامین ث میوه با افزایش غلظت پتاسیم تا ۴۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر افزایش یافت (مردانلو و همکاران، ۱۳۹۳). به‌طور مشابهی در گوجه‌فرنگی افزایش غلظت پتاسیم محلول غذایی موجب افزایش مقدار مواد جامد محلول، اسیددیده قابل تیتراسیون و مقدار اسید آسکوربیک می‌گردد (خیاط و همکاران، ۲۰۰۷؛ المسلمانی و همکاران، ۲۰۰۹). بررسی پاسخ سبزیجات مختلف به پتاسیم در خاک‌های مختلف نشان می‌دهد که کاربرد کود پتاسیم کیفیت و ترکیبات شیمیایی مؤثر بر کیفیت از قبیل مقدار ویتامین ث و قند را افزایش می‌دهد (خیشنگ<sup>۶</sup>، ۱۹۹۹).

اگرچه پتاسیم بر خلاف سایر عناصر غذایی ضروری جزء اصلی ساختار گیاه نیست، لیکن نقش‌های تنظیمی بسیار مهمی در فعالیت‌های متابولیسمی گیاه بر عهده دارد (مارشئر، ۱۹۹۵). علاوه بر این در گیاه آنزیم‌های زیادی که عامل تعیین کننده عملکرد و کیفیت محصول می‌باشند تحت تأثیر مستقیم و غیرمستقیم پتاسیم قرار می‌گیرند (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). پتاسیم در فتوسنتز، تشکیل کربوهیدرات و انتقال آنها و در نتیجه افزایش اندازه میوه و عملکرد نقشی اساسی دارد. بیوسنتز ویتامین‌ها مخصوصاً ویتامین ث به‌عنوان بخشی از متابولیسم ثانویه گیاه به میزان زیادی تحت تأثیر پتاسیم قرار دارد (مارشئر، ۱۹۹۵).

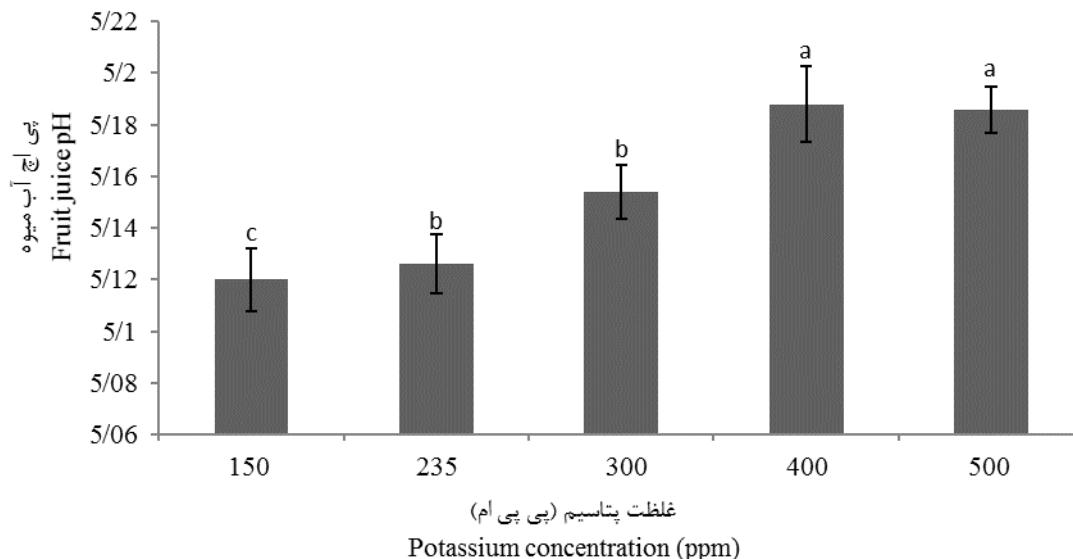
افزایش شاخص‌های اندازه‌گیری شده در این آزمایش تحت اثر غلظت‌های مختلف پتاسیم محلول غذایی شاید ناشی از نقش این عنصر در متابولیسم بسیاری از فرآیندهای مورد نیاز برای تقویت و بهبود رشد رویشی و نمو گیاه باشد. بسیاری از تحقیقات نشان داده‌اند که پتاسیم نقش عمده‌ای در فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مانند تقسیم و طویل شدن سلولی و متابولیسم کربوهیدرات‌ها و ترکیبات پروتئینی بازی می‌کند. ثبات پهاش سیتوسولی در مقادیر خاص خود نقش مهمی در

6. Xisheng



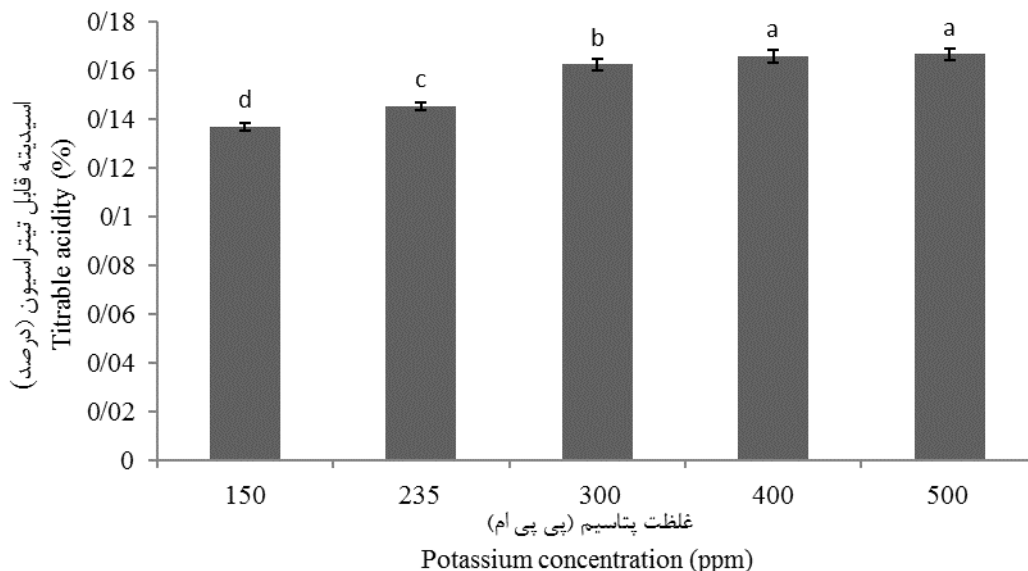
حدود ۵۰ میلی مولار است درحالی که غلظت پتاسیم در واکوئل ممکن است، متغیر باشد. مقادیر پتاسیم سیتوسولی مهم ترین نقش را در ثابت نگه داشتن اسیدیته در این بخش سلول جهت کارکردهای طبیعی آن دارد.

کارکرد بسیاری از آنزیم های موجود در سیتوسول دارد. این آنزیم ها در مسیر بیوسنتز متابولیت ها و ماکرومولکول ها نقش دارند. پتاسیم یکی از کاتیون هایی است که در محدوده ی ۵۰ تا ۱۵۰ میلی مولار در بخش های مایع، سیتوسل و واکوئل گیاه وجود دارد. غلظت پتاسیم در سیتوسل معمولاً به طور ثابت



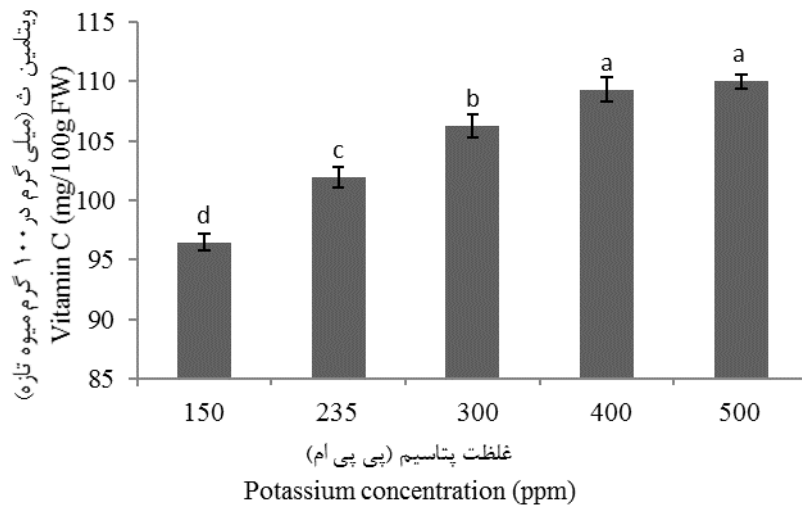
شکل ۵: تأثیر غلظت های مختلف پتاسیم محلول غذایی بر پی اچ عصاره میوه. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه-ای در سطح ۵ درصد انجام شده است

Fig. 5: Effect of different potassium levels in nutrient solution on Fruit juice pH. Comparison of means was done through Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$



شکل ۶: تأثیر غلظت های مختلف پتاسیم محلول غذایی بر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون عصاره میوه. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه ای در سطح ۵ درصد انجام شده است

Fig. 6: Effect of different potassium levels in nutrient solution on titrable acidity of fruits. Comparison of means was done through Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$



شکل ۷: تأثیر غلظت‌های مختلف پتاسیم محلول غذایی بر مقدار ویتامین ث عصاره میوه. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای در سطح ۵ درصد انجام شده است

Fig. 7: Effect of different potassium levels in nutrient solution on fruit vitamin C content. Comparison of means was done through Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$

بیوشیمیایی مانند ویتامین ث میوه بود. این عمدتاً به سبب نقش پتاسیم در فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه و میوه می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده جهت بهینه شاخص‌های کیفی میوه فلفل دلمه‌ای غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر بهترین نتیجه را باعث شد.

#### نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که با افزایش غلظت پتاسیم محلول غذایی عملکرد و همچنین صفات کیفی میوه یک روند افزایشی را در کشت هیدروپونیک فلفل دلمه‌ای نشان دادند. این در حالی بود که افزایش قطر میوه معنی‌دار نبود ولی بیشترین اثر غلظت‌های بالای پتاسیم برای میزان صفات

## منابع

- پیوست، غ. ع. ۱۳۸۴. سبزیکاری. چاپ چهارم. رشت: دانش پذیر. ۳۴۶ صفحه.
- جلیلی مرندی، ر. ۱۳۸۳. فیزیولوژی بعداز برداشت. انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه، ارومیه. ۲۷۶ صفحه.
- جهانبین، ر.، یآوری، س.، عشقی، س. و تفضلی، ع. ۱۳۷۸. اثر توفوردی و سولفات پتاسیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی پرتقال نافی. مجله علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۲ (۲۰): ۱۱۰-۱۱۲.
- حسینی، ک. ز. ۱۳۷۳. روش‌های متداول در تجزیه مواد غذایی. انتشارات دانشگاه شیراز. شیراز. ۲۱۰ صفحه.
- مردانلو، ص.، سوری، م. ک. و دهنورد، س. ۱۳۹۳. بررسی ویژگی‌های کمی و کیفی میوه فلفل قلمی تحت تأثیر غلظت‌های مختلف پتاسیم محلول غذایی در کشت بدون خاک. مجله پژوهش‌های خاک، ۲۸ (۲): ۳۹۸-۴۰۶.
- مسیحا، س. م.، کریمایی، ص. و مقدم، م. ۱۳۷۸. مقایسه اثر سه محلول غذایی بر میزان رشد و غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در کاهو با استفاده از سیستم هیدروپونیک. مجله نهال و بذر، ۴: ۳۷۵-۳۸۹.
- ملکوتی، م. ج.، کشاورز، پ. و کریمیان، ن. ع. ۱۳۸۷. روش جامع تشخیص، توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار. چاپ هفتم، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۷۵۵ صفحه.
- Almeslemani, M., Pant, R. and Singh, B. 2009. Potassium level and physiological response and fruit quality in hydroponically grown tomato. *International Journal of Vegetable Science*, 16: 86-95.
- Arancon, N. Q., Edwards, C.A., Lee, S. and Byrne, R. 2006. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *European Journal of Soil Biology*, 42: 65-69.
- El-Bassiony, A. M. 2006. Effect of potassium fertilization on growth, yield and quality of onion plants. *Journal of Applied Sciences Research*, 2 (10): 780-785.
- El-Bassiony, A. M., Fawzy, Z. F., El-Samad, E. A. and Riad, G. S. 2010. Growth, yield and fruit quality of sweet pepper plants (*Capsicum annuum* L.) as affected by potassium fertilization. *Journal of American Science*, 6 (12): 722-729.
- 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 (1): 42-49.
- Gruda, N. 2005. Impact of environmental factors on product quality of greenhouse vegetables for fresh consumption. *Critical Review in Plant Science*, 24: 227-274.
- Hartz, T. K., Miyao, G., Mullen, R. J., Cahn, M. D., Valencia, J. and Brittan, K. L. 1999. Potassium requirements for maximum yield and fruit quality of processing tomato. *Journal of American Society for Horticulture Science*, 124: 199-204.
- Hoagland, D. R. and Arnon, D. I. 1950. The water-culture method for growing plants without soil. Circ. 347. University of California Agricultural Experimental Station, Berkley.
- Howard, L. R., Talcott, S. T., Brenes, C. H. and Villalon, B. 2000. Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars as influenced by maturity. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48: 1713-1720.
- Johnson, C. D. and Decoteau, S. R. 1996. Nitrogen and Potassium fertility effects Jalapeno pepper plant growth, pod yield and pungency. *Hort Science*, 31: 1119-1123.
- Khayyat, M., Vazifeshenas, M. R., Rajaei, S. and Jamalian, S. 2007. Potassium effect on ion leakage, water usage, fruit yield and biomass production by strawberry plants grown under NaCl stress. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 17: 79-88.
- 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. *Hort Science*, 41 (3): 741-744.
- Lin, D., Huang, D. and Wang, S. 2004. Effects of Potassium levels on fruit quality of muskmelon in soilless medium culture. *Scientia Horticulturae*, 102: 53-60.
- Mapson, L. W. 1970. Vitamins in fruits. In: Hulme, A. C. (Ed.), *Biochemistry of fruits and their products*. London: Academic Press, 369-383.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2<sup>nd</sup> Edition. Academic press, London. pp: 889.
- Okur, B. and Yagmur, B. 2004. Effects on enhanced Potassium doses on yield, quality and nutrient uptake of watermelon. In IPI regional workshop on Potassium and fertigation development in West Asia and North Africa.
- Rubio, J. S., Garcia-Sanchez, F., Flores, P., Navarro, J. M. and Martinez, V. 2010. Yield and fruit quality of sweet pepper in response to fertilization with Ca<sup>2+</sup> and K<sup>+</sup>. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8 (1): 170-177.
- Tisdale, S. L., Nelson, W. L. and Beaton, J. D. 1985. *Soil Fertility and Fertilizers*. 4<sup>th</sup> Ed., Macmillan Pub. Co., New York.
- Topuz, A. and Ozdem, F. 2007. Assessment of carotenoids, capsaicinoids and ascorbic acid composition of some selected pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) grown in Turkey. *Journal of Food Composition Analysis*, 20: 596-602.
- Willumsen, J., Petersen, K. and Kaack, K. 1996. Yield and blossom-end rot of tomato as affected by salinity and cation activity ratios in the root zone. *Journal of Horticultural Science*, 71 (1): 81-98.

- Wuzhong, N. 2002. Yield and quality of fruit of solanaceous crops as affected by Potassium fertilization better crops. *Atlantica*, 13: 6-8.
- Xisheng, G. 1999. Study on the K fertilizer responses of vegetables. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 1: 91-95.

## Effects of Different Potassium Levels in Nutrient Solution on the Fruit Quality in Bell Pepper

Mardanlu<sup>1</sup>, S. and Souri<sup>2\*</sup>, M. K.

### Abstract

Bell pepper (*Capsicum annuum* L.), due to its high nutritional values, is one of the most important vegetable crops in the world. Optimum supply of nutrients particularly potassium, has important role in improving the quality of agricultural products. This research was conducted to study the effects of potassium levels (150, 235, 300, 400 and 500 mgL<sup>-1</sup> in nutrient solution) on fruit quality of bell pepper. The results showed that the effect of K levels on fruit length, fruit firmness, and biochemical traits was significant ( $P \leq 0.05$ ), while there was no significant effects of potassium levels on fruit diameter. The highest fruit length and fruit firmness were observed in plants treated with 400 and 500 mg K L<sup>-1</sup> nutrient solution, respectively. The highest amount of TSS and pH of fruit juice were recorded in 400 mg K L<sup>-1</sup> treatment, whereas the highest titratable acidity and vitamin C were in plants treated with 500 mg K L<sup>-1</sup> nutrient solution. Therefore, it can be concluded that for improvement of fruit quality of Bell pepper in hydroponic system, higher potassium concentrations (400 mgL<sup>-1</sup>) rather than normal concentrations (around 235 mgL<sup>-1</sup>) should be applied.

**Keywords:** Hydroponic, Fruit firmness, Titratable acidity, Vitamin C

---

1 and 2. M.Sc. Graduated and Assistant Professor, Respectively, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran

\*: Corresponding author

Email: mk.souri@modares.ac.ir