دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
دوره پانزدهم، شماره پنجاه و دو، ۱۴۰۲

بررسی عملکرد کمی و کیفی میوه گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای تحت تاثیر غلظتهای مختلف نیتروژن و پتاسیم

سعید اله‌توکلی[۱]، عبدالحسین ابوطالبی جهرمی[۲]، عبدالرسول ذاکرین[۳]، عبدالکریم اجرایی[۳]، حامد حسن‌زاده خانکهدانی[٤]

دریافت: ۱٤۰۲/۰۵/۰۳ پذیرش: ۱٤۰۲/۰۸/۰۸

چکیده

به منظور بررسی اثر غلظت های مختلف نیتروژن (N) و پتاسیم (K) بر خصوصیات کمی و کیفی میوه گوجه‌فرنگی رقم هیراد در شرایط گلخانه‌ای و هیدروپونیک، آزمایشی در شهرستان ارزوئیه استان کرمان در سال ۱۳۹۸ اجرا شد. تیمارها شامل غلظت‌های نیتروژن و پتاسیم در مرحله رویشی و زایشی شامل ۱) N=۱۳۰ و K=۲۵۰ وN=۱٦۰ و K= ۳۵۰ پی‌پی‌ام ؛ ۲) N=۱٤۰ و K=۲٦۰ وN=۱۷۰ و K=۳٦۰ پی‌پی‌ام ؛ ۳) N=۱۵۰ و K=۲۷۰ وN=۱۸۰ و K=۳۷۰ پی‌پی‌ام و ٤) N=۱٦۰ و K=۲۸۰ وN=۱۹۰ و K=۳۸۰ پی‌پی‌ام از طریق محلول غذایی اعمال شد. نتایج نشان داد که نسبت‌های مختلف نیتروژن و پتاسیم بر شاخص‌های کمی (طول برگ، قطر ساقه و عملکرد بوته، محتوای کلروفیل و کارتنوئید برگ و میوه) و کیفی (مواد جامد محلول، اسید کل، لیکوپن وآسکوربیک اسید میوه)تاثیر می‌گذارد، طوری که بیشترین مقدار قطر ساقه اصلی در تیمار ۳ (N=۱۵۰ و K=۲۷۰ و N=۱۸۰ و K= ۳۷۰ پی‌پی‌ام) بدست آمد. تیمار ۲ (N=۱٤۰ و K=۲٦۰ و N=۱۷۰ و K= ۳٦۰ پی‌پی‌ام) بیشترین میزان عملکرد تک بوته، اسید کل و لیکوپن میوه را نشان داد. در تیمار ٤ (N=۱٦۰ و K=۲۸۰ و N=۱۹۰ و K= ۳۸۰ پی‌پی-ام) بیشترین میزان کلروفیل میوه و مواد جامد محلول و بیشترین میزان اسید آسکوربیک در تیمار ۱ (N=۱۳۰ و K=۲۵۰ و N=۱٦۰ و K= ۳۵۰ پی‌پی‌ام) بدست آمد. جهت حصول حداکثر عملکرد و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی استفاده از پتاسیم بیشتر (۳۸۰ پی پی ام) و نیتروژن کمتر(۱٤۰ پی پی ام) توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: عملکرد، کیفیت، رویشی، زایشی، محلول غذایی

اله‌توکلی، س.، ع. ابوطالبی جهرمی، ع. ذاکرین، ع. اجرایی، ح. حسن‌زاده خانکهدانی. ۱٤۰۲. بررسی عملکرد کمی و کیفی میوه گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای تحت تاثیر غلظتهای مختلف نیتروژن و پتاسیم. ۱٤(۵۲): ۱۰-۱.

۱- دانشجوی دکترای علوم باغبانی، واحد جهرم، دانشگاه آزاد اسلامی، جهرم، ایران.

۲- دانشیار علوم باغبانی، واحد جهرم، دانشگاه آزاد اسلامی، جهرم، ایران. مسئول مکاتبات: aa84607@gmail.com

۳- استادیار علوم باغبانی، واحد جهرم، دانشگاه آزاد اسلامی، جهرم، ایران.

٤- کارشناس مدیریت باغبانی سازمان جهاد کشاورزی فارس.

مقدمه

گوجه‌فرنگی(*Solanum lycopersicum*) گیاهی یکساله و علفی از خانواده بادمجانیان (Solanaceae) است. گوجه-فرنگی یکی از منابع سرشار از مواد معدنی، ویتامین‌ها و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی بوده و یکی از محصولات مهم غذایی و یکی از مشهورترین سبزی‌های میوه‌ای است (برکسا و همکاران، ۲۰۱۵).

تغذیه مناسب گیاه تحت شرایط هیدروپونیک می‌تواند به عملکرد بیشتر و تولید محصولات مرغوب‌تر منجر شود (اینتیچاک و همکاران، ۲۰۱۲). رشد بهینه، عملکرد مطلوب و ویژگی‌های کمی و کیفی مورد قبول محصول‌های کشاورزی تحت تاثیر مقدار کافی عنصرهای غذایی، نسبت‌های مناسب عنصرها و هم‌چنین فرم‌های مختلف یک عنصر و برهمکنش آنها در محلول غذایی است (آداک، ۲۰۱۷). همچنین دسترسی ماده-های غذایی کافی در نسبت‌های درست برای عملکرد بالا و کیفیت خوب محصول ضروری است و نبود تعادل عنصرهای غذایی می‌تواند باعث عملکرد پایین و کاهش کیفیت شود (اینتیچاک و همکاران، ۲۰۱۲). مقدار جذب یون‌ها از محلول غذایی نه تنها به غلظت آنها در محلول غذایی مرتبط است، بلکه تحت تاثیر نسبت‌های مختلف عنصرهای غذایی نیز قرار دارد (مردانلو و همکاران، ۲۰۱۸).

نیتروژن و پتاسیم از ضروری‌ترین عنصرهای غذایی گیاهان هستند و برای افزایش تولید و بهبود تغذیه گیاه با هم تعامل دارند. نیتروژن نقش بسیار مهمی در رشد و تولید ماده‌های اولیه گیاه، در ساختار نوکلئوتیدها، پروتئین‌ها، ویتامین‌ها و هورمون‌ها دارد (وجدیلو و همکاران، ۲۰۰۷؛ آداک، ۲۰۱۷). پتاسیم در رشد طولی یاخته‌ها، روابط آبی، حمل و نقل، فعال‌شدن آنزیم‌ها و همچنین در ساختن کربوهیدرات‌ها نقش مهمی دارد (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۸؛ آداک، ۲۰۱۷2017). در محلول غذایی، نسبت پتاسیم به نیتروژن به عنوان یک معیار مهم برای تنظیم رشد و نمو گوجه‌فرنگی شناخته می‌شود (فلاح و همکاران، ۲۰۲۱). گیاه گوجه‌فرنگی به کاربرد کودهای نیتروژن و پتاسیم واکنش نشان می‌دهد؛ تشدید رشد گیاه و نمو میوه با نیتروژن در ارتباط است (سائور، ۲۰۰۱)، در حالیکه پتاسیم به بهبود بخشیدن صفات کیفی مانند لیکوپن میوه گوجه‌فرنگی (از طریق تشکیل رنگدانه‌ها) و مقادیر اسید آسکوربیک کمک می‌کند (بیداری و هبسور، ۲۰۱۱). با احتساب نقش نیتروژن و پتاسیم، بهترین ترکیب این مواد غذایی در محلول غذایی می‌تواند منجر به رشد و نمو بهینه گیاهان شود که در نهایت افزایش‌دهنده‌ی عملکرد و خصوصیات کیفی میوه خواهد بود (کائور و همکاران، ۲۰۱۸). نتایج پژوهش-ها، رابطه مثبتی بین این عنصرهای غذایی در افزایش عملکرد و کیفیت محصول نشان داده‌اند و همچنین بر استفاده مناسب و متعادل این عنصرها تاکید کرده‌اند. در پژوهشی،کاربرد سطوح مختلف نیتروژن و پتاسیم بر عملکرد و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی نشان داده است که با افزایش سطح نیتروژن، عملکرد و اجزاء آن درگوجه‌فرنگی کاهش می‌یابد و حداکثر عملکرد از تیمار۲۵۰ پی پی ام پتاسیم و ۲۰۰ پی پی ام نیتروژن، و حداقل عملکرد از تیمار۳۷۵ پی پی ام پتاسیم و ٤۰۰ پی پی ام نیتروژن بدست آمد (فرزانه و همکاران، ۱۳۸۸). نتایج بررسی اثر غلظت‌های مختلف نیتروژن و پتاسیم در محلول غذایی بر رشد و کیفیت نشای گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای نشان داد که با افزایش غلظت پتاسیم، قطر و وزن خشک ساقه افزایش یافت، در حالی که با افزایش نیتروژن، قطر و ماده تر ساقه افزایش پیدا کرد و افزایش نسبت K:Nتا ٦:۱/٥ سبب بهبود کیفیت نشاها می‌شود (احمدی و همکاران، ۱۳۹۳). در بررسی بستر کشت هیدروپونیک و نسبت-های مختلف نیتروژن به پتاسیم روی عملکرد و کیفیت گوجه-فرنگی گزارش شده است که بهترین نتایج با اعمال نسبت K:N ۳:۱/٤ در مرحله رویشی و نسبت ۳/۱:٥/۷ در مرحله زایشی بدست آمد، به طوری که اعمال نسبت‌های مذکور در محلول غذایی موجب افزایش میزان عملکرد کل گوجه‌فرنگی و کیفیت میوه شد (کائور و همکاران، ۲۰۱۸). در گیاه توت‌فرنگی (*Fragaria× ananassa* Duch.) گزارش شده است که در صورت استفاده از نیتروژن بیشتر و پتاسیم کمتر در دوره رویشی و نیتروژن کمتر و پتاسیم بیشتر در دوره زایشی، بهبود ویژگی-های زایشی حاصل می‌گردد (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۸). همچنین در گیاه توت‌فرنگی گزارش شده است که افزایش غلظت نیترات در محلول غذایی باعث افزایش عملکرد میوه می-شود، در حالی که غلظت بالای پتاسیم کیفیت میوه را بهبود می-بخشد (پرسیادو-رانگل، ۲۰۲۰). اخیراًنیز طی بررسی تاثیر نسبت پتاسیم به نیتروژن بر عملکرد و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی گزارش شده است که بالاترین مقدار سفتی و مواد جامد محلول به ترتیب در نسبت K:N ٤:۱ و ۲:۱ بدست آمد، و اسید قابل تیتراسیون تحت تاثیر نسبت K:N قرار نگرفت (فلاح و همکاران،۲۰۲۱).

بیشتر تولیدکنندگان توجهی به مساله تغذیه مناسب از جمله نسبت مناسب عنصرها در محلول غذایی و تغییر غلظت هر کدام از عنصرها و نسبت آنها در مراحل مختلف رشد ندارند، بنابراین، با توجه به اهمیت بررسی نقش عنصرهای غذایی و نسبت آنها در مراحل مختلف رشد گیاه و کم بودن اطلاعات در دسترس در این رابطه، در مطالعه حاضر تصمیم گرفته شده است تا تاثیر

نسبت‌های متفاوت از نیتروژن و پتاسیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه گوجه‌فرنگی در شرایط هیدروپونیک مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

اجرای آزمایش و اندازه گیری صفات

این پژوهش در گلخانه‌ی هیدروپونیک سبزی و صیفی مجتمع کشاورزی ابراهیم‌آباد واقع در دهستان وکیل‌آباد شهرستان ارزئیه استان کرمان در سال ۱۳۹۸ انجام گرفت. ابتدا بذور گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای رقم هیراد به صورت همزمان در سینی-های ۵۰ حفره‌ای ۹۰ سی‌سی با بستر کوکوپیت و پرلیت به نسبت ۷۵ به ۲۵ کشت و پس از رسیدن به مرحله ٤ تا ۵ برگ حقیقی و پر نمودن حجم ریشه به محل اصلی کشت در گلخانه منتقل گردید. بسترهای کشت به صورت گروبگ آماده (هگزا گروبک ساخت سریلانکا) و با ابعاد ١٦×١٨×١٠٠ استفاده شد. فاصله ردیف‌های کشت از یکدیگر ۱۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته بر روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر بود. محلول‌دهی به بوته‌ها پس از انتقال نشاء بر اساس نوع تیمار از ۵۰۰ سی‌سی در روز به ازای هر بوته آغاز و در اوج باردهی به مرور با توجه به نیاز بوته در روز افزایش یافت و مدت زمان نگهداری بوته در گلخانه به مدت ۱۰ ماه بود. برداشت میوه‌ها در مرحله قرمز رسیده صورت گرفت. گرده-افشانی بوسیله زنبور بامبل، کنترل اقلیم گلخانه به صورت هوشمند با ماکسی‌کلیم آنژیو فرانسه، سیستم آبیاری و فرمول غذایی با دستگاه تغذیه ریتک اسپانیا با فرمول تغییر یافته مجتمع کشاورزی ابراهیم‌آباد به صورت کاملاً دقیق صورت گرفت. دما و رطوبت در روز به ترتیب ٢٦ درجه سانتی‌گراد و ۸۵ درصد و در شب ۱۸ درجه سانتی‌گراد و ٦٥ درصد تنظیم شد. در ساعات گرم روز با توجه به سیستم کنترل اقلیم سیستم سایبان به صورت اتوماتیک در شدت نور بالاتر از ٦٠٠٠٠ لوکس فعال گردید.

با توجه به این‌که گوجه فرنگی گلخانه‌ای در طی دوره رشد خود ، به‌طور مستمر رشد رویشی و زایشی دارد، لذا تیمارها در چهار سطح غلظت‌های نیتروژن و پتاسیم در دوره رویشی و زایشی شامل ۱) نیتروژن و پتاسیم به ترتیب در غلظت ۱۳۰ و ۲۵۰ پی‌پی‌ام در مرحله رویشی و ١٦٠ و ۳۵۰ پی‌پی‌ام در مرحله زایشی؛ ۲) نیتروژن و پتاسیم به ترتیب در غلظت ١٤٠ و ٢٦٠ پی‌پی‌ام در مرحله رویشی و ۱۷۰ و ٣٦٠ پی‌پی‌ام در مرحله زایشی؛ ۳) نیتروژن و پتاسیم به ترتیب در غلظت ۱۵۰ و ۲۷۰ پی‌پی‌ام در مرحله رویشی و ۱۸۰ و ۳۷۰ پی‌پی‌ام در مرحله زایشی؛ و ٤) نیتروژن و پتاسیم به ترتیب در غلظت ١٦٠ و ۲۸۰ پی‌پی‌ام در مرحله رویشی و ۱۹۰ و ۳۸۰ پی‌پی‌ام در مرحله زایشی بودند. غلظت سایر عناصر در طول دوره در کلیه تیمارها ثابت و بر اساس فرمول تغییریافته مجتمع کشاورزی ابراهیم‌آباد به صورت فسفر، منیزیم، سولفور و کلسیم به ترتیب در غلظت-های ۵۰، ٦٠، ١٤٠ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام و آهن، منگنز، بور، روی، مس و مولیبدن به ترتیب در غلظت‌های ۳/۳، ۰/۹، ۰/۷، ۰/٤، ۰/۱ و ۰/۰۲ پی‌پی‌ام استفاده گردید. EC محلول غذایی بین ۲ تا ۳ میلی زیمنس بر سانتی‌متر و pH بین ۵/۵ تا ۵/۸ تنظیم گردید.

در بررسی صفات مورد ارزیابی، طول برگ با خط‌کش فلزی، قطر ساقه با کولیس دیجیتالی ساخت کشور ژاپن، و عملکرد تک بوته نیز با ثبت برداشت هفتگی و وزن نمودن با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ مشخص شدند. جهت تعیین میزان کلروفیل و کارتنوئید، نمونه‌گیری از برگ پنجم از نوک گیاه انجام گرفت و از دستگاه اسپکتروفتومتر (S 2000 uv/vis) در طول موج‌های ٤٧٠، ٦٤٥ و ٦٦٣ نانومتر استفاده گردید. غلظت کلروفیل و کارتنوئید بر حسب میلی‌گرم بر گرم در وزن تر نمونه محاسبه شد (آرنون، ١٩٥٦). مواد جامد محلول میوه توسط یک رفرکتومتر دستی (EMRA, Tokyo, Japan) با مقیاس ۰-۳۲ بریکس اندازه‌گیری و به صورت بریکس در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بیان شد (سوینی و همکاران، ۱۹۷۰). جهت اندازه-گیری اسید قابل تیتراسیون، گوشت میوه با آب مقطر رقیق شد (۱:۱ وزنی–حجمی) و ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره میوه با استفاده از NaOH ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH ۸/۱ تیتر گردید. اسید کل قابل تیتراسیون به صورت درصد اسید سیتریک بیان شد (قربانی، و همکاران، ۲۰۱۵). عمل استخراج لیکوپن توسط حلال‌های هگزان:استون:اتانول با نسبت ۱:۱:۲ و به نسبت ۱۰:۱ به ماده اولیه و در دمای محیط به مدت ١٦ ساعت، انجام شد. بعد از جدا شدن حلال، مقدار لیکوپن موجود در آن در طول موج ۵۰۳ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (ساداسیوام و مانیکام، ۱۹۹۲). برای اندازه‌گیری آسکوربیک اسید از روش تیتراسیون با دی‌کلروفنل ایندول فنل (DCIP) استفاده شد (رانگانا، ١٩٨٦).

آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (ورژن 9.4) انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

طول برگ و قطر ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف نیتروژن و پتاسیم بر قطر ساقه در مرحله رویشی و زایشی گیاه گوجه-فرنگی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود ($p<0.05$)، ولی طول برگ تحت تاثیر تیمارهای بکار رفته قرار نگرفت (جدول ۱). بیشترین قطر ساقه در مرحله رویشی در تیمار N=۱۵۰ و K=۲۷۰ و N=۱۸۰ و K= ۳۵۰ پی‌پی‌ام به‌ترتیب در مرحله رویشی و زایشی(۱/۵۳ سانتی‌متر) مشاهده شد که تفاوت معنی-داری با تیمار N=۱۳۰ و K=۲۵۰ و N=۱۶۰ و K= ۱۶۰۳۵۰ پی‌پی‌ام به‌ترتیب در مرحله رویشی و زایشی نداشت. کمترین قطر ساقه هم در مرحله رویشی در تیمار N=۱۴۰ و K=۲۶۰ و N=۱۷۰ و K= ۳۶۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشی(۱/۳۶ سانتی‌متر) مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای N=۱۳۰ و K=۲۵۰ و N=۱۶۰ و K= ۱۶۰۳۵۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشی و N=۱۶۰ و K=۲۸۰ و N=۱۹۰ و K= ۳۸۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشی نداشت (جدول ۲). در مرحله زایشی نیز بیشترین قطر ساقه در تیمار N=۱۵۰ و K=۲۷۰ و N=۱۸۰ و K= ۳۵۰ پی‌پی‌ام به-ترتیب در مرحله رویشی و زایشی (۱/۰۷ سانتی‌متر) مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار N=۱۶۰ و K=۲۸۰ و N=۱۹۰ و K= ۳۸۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشی نداشت. کمترین قطر ساقه هم در مرحله زایشی مربوط به تیمار N=۱۳۰ و K=۲۵۰ و N=۱۶۰ و K= ۱۶۰۳۵۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشی (۰/۸۹ سانتی‌متر) بود که تفاوت معنی‌داری با تیمار N=۱۴۰ و K=۲۶۰ و N=۱۷۰ و K= ۳۶۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشی نداشت (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس داده های مربوط به صفات رویشی بوته و خواص کیفی میوه تحت تاثیر تیمارهای به کار رفته

صفت	میانگین مربعات M.S		ضریب تغییرات
	تیمار (D.F=3)	خطا (D.F=12)	C.V%
طول برگ	۲/۳۵^{ns}	٤/۰۷	٥/٤
قطر ساقه در مرحله رویشی	۰/۰۲٤*	۰/۰۰٥	٥/۰
قطر ساقه در مرحله زایشی	۰/۰۲۷*	۰/۰۰٥	۷/۱
عملکرد تک بوته	۳/٤٥*	۰/٥۹	٥/۸
کلروفیل برگ	۰/۰۸۲^{ns}	۰/۰٥۷	۱۱/٤
کاروتنوئید برگ	۰/۰۰۰۲۳^{ns}	۰/۰۰۰۱٥	۱۰/٤
اسید کل	۰/۰۰۱٦٥**	۰/۰۰۰۱۸	٤/۱
بریکس	۰/۲۱٦*	۰/۰۳٦	٤/٥
کاروتنوئید میوه	۰/۰۰۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۰۲	۱۳/۳
کلروفیل میوه	۲/۸۲**	۰/۰٤	٤/۹
اسکوربیک اسید	۰/۰۰۳٦*	۰/۰۰۰۷	۱۰/۱
لیکوپن	٥۲۲/۸**	۲٤/٦	۲٤/۰

^{ns}، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات رویشی بوته و خواص کیفی میوه تحت تاثیر تیمارهای به کار رفته

صفت / تیمار	رویشی ($N_{130}+K_{250}$) زایشی ($N_{160}+K_{350}$)	رویشی ($N_{140}+K_{260}$) زایشی ($N_{170}+K_{360}$)	رویشی ($N_{150}+K_{270}$) زایشی ($N_{180}+K_{370}$)	رویشی ($N_{160}+K_{280}$) زایشی ($N_{190}+K_{380}$)
طول برگ (cm)	۳۶/۶^{a}	۳۸/۳^{a}	۳۷/۸^{a}	۳۸/۲^{a}
قطر ساقه در مرحله رویشی (cm)	۱/۴۵^{ab}	۱/۳۶^{b}	۱/۵۳^{a}	۱/۴۰^{b}
قطر ساقه در مرحله زایشی (cm)	۰/۸۹^{c}	۰/۹۳^{bc}	۱/۰۷^{a}	۱/۰۱^{ab}
عملکرد تک بوته (kg)	۱۲/۶۲۵^{b}	۱۴/۵۲۵^{a}	۱۲/۵۷۵^{b}	۱۲/۸۴۵^{b}
کلروفیل برگ (mg/g)	۲/۲۶۸^{a}	۱/۹۹۳^{a}	۱/۹۶۵^{a}	۲/۱۶۲^{a}
کاروتنوئید برگ (mg/g)	۰/۱۲۱^{a}	۰/۱۰۹^{a}	۰/۱۲۶^{a}	۰/۱۱۴^{a}
اسید کل (%)	۰/۳۲۷^{b}	۰/۳۴۸^{a}	۰/۳۳۴^{ab}	۰/۳۰۰^{c}
بریکس (°)	۴/۰۵۰^{b}	۴/۱۲۵^{b}	۴/۲۲۲^{b}	۴/۵۷۵^{a}
کاروتنوئید میوه (mg/g)	۰/۰۳۵^{a}	۰/۰۳۳^{a}	۰/۰۳۳^{a}	۰/۰۲۹^{a}
کلروفیل میوه (mg/g)	۰/۰۰۳۸^{c}	۰/۰۰۳۲^{d}	۰/۰۰۴۴^{b}	۰/۰۰۵۲^{a}
اسکوربیک اسید (mg/ml)	۰/۲۹۳^{a}	۰/۲۷۰^{a}	۰/۲۶۴^{a}	۰/۲۲۱^{b}
لیکوپن (mg/100 g)	۲۵۱/۵^{a}	۲۵۱/۸^{a}	۲۲۷/۵^{c}	۲۴۱/۲^{b}

میانگین‌های موجود در هر ردیف که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح ۵٪ آزمون LSD اختلاف معنی داری با هم ندارند.

در تحقیق حاضر افزایش سطح نیتروژن تا سطح ۱۵۰ پی‌پی‌ام در مرحله رویشی و ۱۸۰ پی‌پی‌ام در مرحله زایشی میزان قطر ساقه را افزایش داد، که نشان می‌دهد افزایش سطح نیتروژن اثر مثبت بر قطر ساقه دارد، زیرا نیتروژن عنصر سازنده پروتئین‌ها است واز ترکیبات اصلی پروتئین، کلروفیل و اسیدهای نوکلئیک است و باعث رشد رویشی گیاهان و بالا رفتن سطح هورمون-هایی مثل اکسین می‌شود (آرگوئی و همکاران، ۲۰۰۶). کاهش قطر ساقه در غلظت ۱۹۰ پی پی ام یتروژن ممکن است به دلیل رابطه آنتاگونیسمی نیتروژن با دیگر عناصر مثل فسفر باشد که سبب کاهش جذب آن عناصر و به‌هم خوردن تعادل میان عناصر غذایی در سیستم هیدروپونیک می‌شود (آداک، ۲۰۱۷). گزارش شده است که افزایش غلظت نیترات به ۱۴ میلی مول در لیتردر محلول غذایی باعث افزایش عملکرد توت‌فرنگی می‌شود، در حالی که غلظت بالای پتاسیم (۹ میلی مول در لیتر) کیفیت میوه را بهبود می‌بخشد (پرسیادو-رانگل، ۲۰۲۰). براساس نتایج این تحقیق، افزایش سطح پتاسیم تا سطح ۲۷۰ پی‌پی‌ام در مرحله رویشی و ۳۷۰ پی‌پی‌ام در مرحله زایشی سبب افزایش طول ساقه شد. از آنجایی که پتاسیم به طور مستقیم و غیرمستقیم در بسیاری از اعمال حیاتی گیاه نقش دارد، موجب افزایش مقدار صفات رویشی مثل قطر ساقه در گیاه می‌شود (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۸). به نظر می‌رسد با افزایش نسبت پتاسیم محلول غذایی، گیاه شرایط فیزیولوژیکی بهتری از جمله محتوای نسبی آب، توسعه سطح برگ و غیره را تجربه نموده که منجر به افزایش معنی‌دار رشد و نمو گیاه گوجه‌فرنگی گردیده است که با نتایج گزارش شده در گوجه‌فرنگی در مورد تاثیر مثبت افزایش سطح پتاسیم محلول غذایی بر فرآیندهای رشدی گیاه مطابقت دارد (احمدی و و همکاران، ۱۳۹۳).

عملکرد تک بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف نیتروژن و پتاسیم بر عملکرد تک بوته گیاه گوجه‌فرنگی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود ($p<0.05$) (جدول ۱). بیشترین عملکرد بوته در تیمار N=۱۴۰ و K=۲۶۰ و N=۱۷۰ و K= ۳۶۰ پی‌پی‌ام به‌ترتیب در مرحله رویشی و زایشی(۱۴/۵۲۵ کیلوگرم) مشاهده شد که به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. کمترین عملکرد تک بوته هم در تیمار N=۱۵۰ و K=۲۷۰ و N=۱۸۰ و K= ۳۵۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشی(۱۲/۵۷۵ کیلوگرم مشاهده شد که با تیمارهای N=۱۳۰ و K=۲۵۰ و N=۱۶۰ و K= ۱۶۰۳۵۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشیو N=۱۶۰ و K=۲۸۰ و N=۱۹۰ و K= ۳۸۰ پی‌پی‌ام به‌ترتیب در مرحله رویشی و زایشی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲).

نیتروژن با توسعه اندام‌های هوایی طی دوره رشد و استفاده مفید از نور خورشید و افزایش مواد فتوسنتزی در گیاه، میزان تولید را بالا می‌برد، در حالی که مصرف زیاد نیتروژن با تحریک رشد رویشی اندام‌های هوایی گیاه، باعث تاخیر در آغاز فرآیند

ذخیره‌سازی و یا کاهش میزان ذخیره‌سازی مواد ساخته شده در فتوسنتز در اندام‌های ذخیره‌ای شده و در نتیجه تشکیل میوه را به تاخیر می‌اندازد و باعث دیررسی محصول شده که در نهایت افت عملکرد را به دنبال خواهد داشت (وجدیلو و همکاران، ۲۰۰۷). نتایج نشان داد که افزایش میزان سطح نیتروژن و پتاسیم محلول غذایی تا سطح N=۱۴۰ و K=۲۶۰ و N=۱۷۰ و K= ۳۶۰ پی-پی‌ام به‌ترتیب در مرحله رویشی و زایشی ، عملکرد گیاه گوجه-فرنگی را افزایش داد، ولی افزایش بیشتر سطح نیتروژن و پتاسیم میزان عملکرد را کاهش داد. دلیل این نتیجه می‌تواند بیشتر شدن رشد رویشی و کاهش تشکیل اندام‌های زایشی در اثر سطوح بالای نیتروژن باشد که موجب کاهش تولید میوه گوجه‌فرنگی می‌شود. تاثیر نسبت‌های مختلف نیتروژن و پتاسیم بر عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی گزارش شده است (کائور و همکاران، ۲۰۱۸؛ فلاح و همکاران، ۲۰۲۱). گزارش شده است که افزایش میزان نیتروژن کاربردی موجب کاهش عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی می-شود (اردال و همکاران، ۲۰۰۹).

محتوای کلروفیل و کاتنوئید برگ و میوه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف نیتروژن و پتاسیم بر کلروفیل میوه گوجه‌فرنگی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود ($p<0.05$)، ولی کلروفیل برگ و کارتنوئید برگ و میوه تحت تاثیر تیمارهای بکار رفته قرار نگرفتند (جدول ۱). بیشترین میزان کلروفیل میوه در استفاده از تیمار N=۱۶۰ و K=۲۸۰ و N=۱۹۰ و K= ۳۸۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشی(۰/۰۰۵۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) ثبت شد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. کمترین مقدار کلروفیل برگ هم در تیمار N=۱۴۰ و K=۲۶۰ و N=۱۷۰ و K= ۳۶۰ پی‌پی‌ام به‌ترتیب در مرحله رویشی و زایشی(۰/۰۰۳۲۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) بدست آمد (جدول ۲).

افزایش نیتروژن سبب افزایش سبزینگی گیاه به دلیل تجمع بیش از ۷۰ درصدی نیتروژن برگ در کلروپلاست برگ‌های گیاه می‌شود، و با افزایش میزان نیتروژن برگ و میوه تا میزان مشخصی میزان کلروفیل افزایش می‌یابد (کائور و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین کاربرد کودهای نیتروژنی باعث افزایش عناصری مانند منیزیم، روی، مس و آهن شده و دسترسی به این عناصر کلروفیل را افزایش می‌دهد (کائور و همکاران، ۲۰۱۸). نتایج نشان داد که افزایش سطح نیتروژن و پتاسیم سبب افزایش مقدار کلروفیل میوه شد که می‌تواند ناشی از افزایش فراهمی و نقل و انتقال نیتروژن در گیاه در اثر افزایش میزان نیتروژن محلول غذایی باشد. همچنین به نظر می‌رسد که پتاسیم مواد لازم جهت ساخت کلروفیل را بیشتر در اختیار گیاه قرار می‌دهد. از طرفی دیگر پتاسیم با بهبود هدایت روزنه‌ای از تجزیه کلروفیل توسط گونه‌های فعال اکسیژن به خصوص در شرایط تنش نقش موثری در افزایش محتوای کلروفیل خواهد داشت. گزارش شده است که افزایش سطوح کودهای پتاسیمی و نیتروژنی میزان کلروفیل گیاه توتون (*Nicotiana rustica*) را افزایش می‌دهد، که می-تواند ناشی از افزایش فراهمی عناصر معدنی مثل آهن، منیزیم و منگنز باشد (کرمی و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین افزایش میزان کلروفیل در گیاه سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*) در اثر افزایش سطح نیتروژن کاربردی گزارش شده است (شیرزاد و همکاران، ۲۰۲۰).

مواد جامد محلول میوه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف نیتروژن و پتاسیم بر مواد جامد محلول میوه گوجه‌فرنگی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود ($p<0.05$) (جدول ۱). کمترین مقدار مواد جامد محلول میوه گوجه‌فرنگی در تیمار N=۱۳۰ و K=۲۵۰ و N=۱۶۰ و K= ۱۶۰۳۵۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشی(۴/۰۵ درجه بریکس) مشاهده شد که با تیمارهای N=۱۴۰ و K=۲۶۰ و N=۱۷۰ و K= ۳۶۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشیو N=۱۵۰ و K=۲۷۰ و N=۱۸۰ و K= ۳۵۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشی اختلاف معنی‌داری نشان نداد. بیشترین مقدار مواد جامد محلول هم در تیمار N=۱۶۰ و K=۲۸۰ و N=۱۹۰ و K= ۳۸۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشی (۴/۵۷۵ درجه بریکس) مشاهده شد (جدول ۲).

موا جامد محلول از شاخص‌های مهم کیفی میوه می‌باشد که در ارتباط مستقیمی با کیفیت خوراکی میوه در زمان رسیدن دارد و مصرف‌کننده تمایل زیادی به مصرف میوه با مقدار مواد جامد محلول دارد (وزنیکی و همکاران، ۲۰۱۶). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با افزایش سطح نیتروژن و پتاسیم محلول غذایی، میزان مواد جامد محلول میوه گوجه‌فرنگی افزایش یافت. افزایش مواد جامد محلول می‌تواند ناشی از افزایش قندها و ویتامین‌ها در میوه باشد. بین قند و مقدار نیتروژن میوه ارتباط مستقیمی برقرار است. اعتقاد بر این است که به دلیل افزایش سطح و غلظت عناصر، جذب آب کاهش و کربوهیدرات‌های میوه غلیظ شده، در نتیجه مواد جامد محلول افزایش می‌یابد (ابراهیم‌زاده و همکاران، ۲۰۱۰). اگرچه نسبت‌های بالای نیتروژن می‌تواند موجب کاهش مواد جامد محلول شود، زیرا نیتروژن می‌تواند به

سرعت به نیترات تبدیل شده و در گیاه تجمع یابد که در این شرایط مقداری از قندهای محلول در جریان تنفس گیاه صرف آسیمیلاسیون نیترات گردیده و در نتیجه مواد جامد محلول کاهش می‌یابد (وزنیکی و همکاران، ۲۰۱۶). گزارش شده است که با اعمال نسبت K: N ۳:۱/٤ در مرحله رویشی، و نسبت ۳/۱:۵/۷ در مرحله زایشی گیاه گوجه‌فرنگی در بستر کشت هیدروپونیک موجب بهبود صفات کیفی میوه و افزایش مواد جامد محلول می‌شود (کائور و همکاران، ۲۰۱۸). در گیاه توت-فرنگی گزارش شده است که افزایش غلظت نیترات در محلول غذایی باعث افزایش عملکرد توت‌فرنگی می‌شود، در حالی که غلظت بالای پتاسیم کیفیت میوه مانند مواد جامد محلول را بهبود می‌بخشد (پرسیادو-رانگل و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین گزارش شده است که بالاترین مقدار سفتی و مواد جامد محلول به ترتیب در نسبت K: N ٤:1 و ۲:۱ بدست آمده است (فلاح و همکاران، ۲۰۲۱).

اسید کل میوه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف نیتروژن و پتاسیم بر اسید کل میوه گوجه‌فرنگی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود ($p<0.05$) (جدول ۱). بیشترین میزان اسید کل میوه در استفاده از تیمار N=۱٤۰ و K=۲٦۰ و N=۱۷۰ و K= ۳٦۰ پی‌پی‌ام به‌ترتیب در مرحله رویشی و زایشی(۰/۳٤۸ درصد) و کمترین مقدار آن نیز در استفاده از تیمار N=۱٦۰ و K=۲۸۰ و N=۱۹۰ و K= ۳۸۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشی(۰/۳۰۰ درصد) بدست آمد (جدول ۲).

اسید کل میوه از ویژگی‌های مهم در تعیین کیفیت آن می‌باشد و اسیدهای قابل تیتر به طور مستقیم با غلظت اسیدهای آلی موجود در میوه ارتباط دارند و یک منبع اندوخته انرژی برای میوه می‌باشند (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۸). در تحقیق حاضر نتایج نشان داد که با افزایش سطوح نیتروزن و پتاسیم تا سطح N=۱٤۰ و K=۲٦۰ و N=۱۷۰ و K= ۳٦۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشی، میزان اسید کل میوه افزایش می‌یابد، ولی با افزایش به سطح N=۱۵۰ و K=۲۷۰ و N=۱۸۰ و K= ۳۵۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشیو N=۱٦۰ و K=۲۸۰ و N=۱۹۰ و K= ۳۸۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشیمیزان اسید کل میوه کاهش می‌یابد. کاهش اسید کل میوه را می‌توان در ارتباط با افزایش مواد جامد محلول در میوه دانست. گزارشات در مورد تاثیر سطوح نیتروژن و پتاسیم متفاوت می‌باشد. همسو با نتایج ما گزارش شده است که با افزایش سطوح پتاسیم و نیتروژن محلول غذایی تغییری در میزان اسید کل میوه گوجه‌فرنگی و توت‌فرنگی مشاهده نشد (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۸؛ فلاح و همکاران، ۲۰۲۱).

لیکوپن میوه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف نیتروژن و پتاسیم بر لیکوپن میوه گوجه‌فرنگی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود ($p<0.05$) (جدول ۱). بیشترین میزان لیکوپن میوه در استفاده از تیمارهای N=۱۳۰ و K=۲۵۰ و N=۱٦۰ و K= ۱٦۰۳۵۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشیو N=۱٤۰ و K=۲٦۰ و N=۱۷۰ و K= ۳٦۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشی(به ترتیب ۲۵۱/۵ و ۲۵۱/۸ میلی‌گرم در ۱۰ گرم نمونه) و کمترین آن نیز در استفاده از تیمار N=۱۵۰ و K=۲۷۰ و N=۱۸۰ و K= ۳۵۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشی(۲۲۷/۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونه) مشاهده شد (جدول ۲).

لیکوپن مسئول ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوجه‌فرنگی خام و فرآوری شده می‌باشد و یک آنتی‌اکسیدان قوی جهت جلوگیری از شروع یا انتشار واکنش زنجیره‌ای اکسیدکننده می‌باشد (فرزانه و همکاران، ۱۳۸۸). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که میزان لیکوپن میوه‌های گوجه‌فرنگی در سطوح مختلف نیتروژن و پتاسیم روند نوسانی دارد و تا سطح N=۱٤۰ و K=۲٦۰ و N=۱۷۰ و K= ۳٦۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشی افزایش می‌یابد، سپس تا سطح N=۱۵۰ و K=۲۷۰ و N=۱۸۰ و K= ۳۵۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشی کاهش یافت و دوباره تا سطح N=۱٦۰ و K=۲۸۰ و N=۱۹۰ و K= ۳۸۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشیروند افزایشی داشت. گزارش شده است که بیشترین تجمع لیکوپن در میوه‌های تغذیه‌شده با محلول غذایی دارای نسبت نیتروژن به پتاسیم ۱:۳/۲ و ۳:۱/٤ در مرحله رشد رویشی و نسبت ۳/۵:۱/۵ و ۳/۵:۱/۷ در مرحله زایشی حاصل شده است (کائور و همکاران، ۲۰۱۸). در مطالعه دیگری نیز گزارش شده که مقدار لیکوپن به صورت خطی با افزایش غلظت پتاسیم از ۲۰۰ به ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر افزایش پیدا کرده است (المسلمانی و همکاران، ۲۰۱۰).

اسید آسکوربیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف نیتروژن و پتاسیم بر اسید آسکوربیک میوه گوجه‌فرنگی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود ($p<0.05$) (جدول ۱). بیشترین میزان اسید آسکوربیک میوه در تیمار N=۱۳۰ و K=۲۵۰ و N=۱٦۰ و K= ۱٦۰۳۵۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشی(۰/۲۹۳ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) مشاهده شد که با تیمارهای

N=۱٤۰ و K=۲٦۰ و N=۱۷۰ و K= ۳٦۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشیو N=۱۵۰ و K=۲۷۰ و N=۱۸۰ و K= ۳۵۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشی تفاوت معنی-داری نداشت. کمترین میزان آسکوربیک اسید میوه هم در تیمار N=۱٦۰ و K=۲۸۰ و N=۱۹۰ و K= ۳۸۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشی(۰/۲۲۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) بدست آمد (جدول ۲).

نتایج گزارشات متعدد بیانگر ارتباط بین وضعیت تغذیه‌ای و عناصر معدنی گیاه با ترکیبات آنتی‌اکسیدانی گیاه مانند ویتامین موجود در گیاهان است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۹). در تحقیق حاضر نتایج نشان داد که محتوای اسید آسکوربیک با افزایش سطوح نیتروژن و پتاسیم کاهش (از ۰/۳ به ۰/۲ میلی گرم در میلی لیتر عصاره) یافت. به نظر می‌رسد که تغییرات سطوح نیتروژن و پتاسیم بر تجمع آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی مانند اسید آسکوربیک تاثیر می‌گذارد (لستر و همکاران، ۲۰۱۰). افزایش غلظت اسید آسکوربیک در میوه‌های گوجه‌فرنگی با افزایش پتاسیم افزایش می‌یابد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۹). گزارش شده است که کاربرد KCl محتوای ویتامین C در میوه گوجه‌فرنگی گیلاسی را بهبود می‌دهد (کنستان-آگویلار، ۲۰۱٤). تاثیر مفید پتاسیم بر افزایش ویتامین C در میوه گوجه‌فرنگی می-تواند ناشی از بهبود در جذب CO_2، جابجایی مواد آسیمیلاته به میوه، بهبود ارتباط بین محتوای آب برگ و میوه، و افزایش فعال-شدن آنزیم‌ها و در دسترس بودن پیش‌ماده‌ها برای بیوسنتز ویتامین C باشد (لستر و همکاران، ۲۰۱۰). کاهش سطح ویتامین C در واکنش به افزایش نیتروژن محلول غذایی گزارش شده است (جیا و همکاران، ۲۰۰٦). کاهش سطح نیتروژن می‌تواند موجب افزایش محتوای اسید آسکوربیک در میوه گوجه‌فرنگی از طریق کاهش تولید، افزایش نسبت منبع به سینک و افزایش متابولیت‌ها در میوه گوجه‌فرنگی شود (بنارد و همکاران، ۲۰۰۹). گزارش شده است که استفاده از نیتروژن بالا تنها در زمانی که پتاسیم کم باشد، منجر به کاهش ویتامین C می‌گردد، هر چند به نظر می‌رسد که این مساله وابسته به گونه و سایر عوامل باشد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۹).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تغذیه گیاه گوجه‌فرنگی با نسبت‌های مختلف نیتروژن و پتاسیم بر شاخص‌های کمی(طول برگ، قطر ساقه و عملکرد بوته، محتوای کلروفیل و کارتنوئید برگ و میوه) و کیفی (مواد جامد محلول، اسید کل، لیکوپن وآسکوربیک اسید میوه) تاثیر می‌گذارد. بطور کلی تیمار N=۱٤۰ و K=۲٦۰ و N=۱۷۰ و K= ۳٦۰ پی‌پی‌ام بترتیب در مرحله رویشی و زایشی بیشترین میزان عملکرد تک بوته، اسید کل و لیکوپن میوه را نشان داد که می‌توان آن‌را به عنوان تیمار برتر معرفی نمود.

منابع

احمدی، ح.، م. دلشاد و م. بابالار. ۱۳۹۳. اثر غلظت‌های مختلف پتاسیم و نیتروژن در محلول غذایی بر رشد و کیفیت نشای گوجه‌فرنگی. نشریه علوم باغبانی ایران. جلد ٤۵، شماره ۲: ۲۰۵-۱۹۷.

فرزانه، م.، ا. گلچین و ک. هاشمی‌مجد. ۱۳۸۸. تاثیر سطوح مختلف نیتروژن و پتاسیم بر عملکرد و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی در محیط کشت پرلیت. مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران، گرگان، ۲۱ الی ۲٤ تیرماه.

محمدی، ا.ع.، م. حدادی‌نژاد، ح. صادقی و ک. قاسمی. ۱۳۹۹. اثر نسبت های مختلف نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر خواص پاد اکسایشی میوه ارقام تمشک سیاه در گلخانه. پژوهش های تولید گیاهی. جلد ۲۷: ۱۹-۳۵.

یوسفی، س.، س. عشقی، ع. قرقانی و ه. آتشی. ۱۳۹۸. تغییرهای کیفی میوه و اجزای عملکرد توت‌فرنگی رقم کاماروسا در پاسخ به کاربرد نسبت‌های مختلف پتاسیم به نیتروژن در کشت بدون خاک. مجله علوم و فنون باغبانی ایران. جلد ۲۰، شماره ۲: ۱۸۱-۱۹٤.

Adak, N. 2017. Response of hydroponically-grown strawberry (*Fragaria× ananassa* Duch.) plants to different ratios of K: Mg in the nutrient solution. In II International Symposium on Fruit Culture along Silk Road Countries 1308 (pp. 235-240).

Arnon, A. N. 1967. Method of extraction of cholorophyl in the plants. Agron. J. 23: 112-121.

Arregui, L. M., B. Lasa, A. Lafarga, I. Iraieta, E. Baroja and M. Quemada. 2006. Evaluation of chlorophyll meters as tools for N fertilization in winter wheat under humid Mediterranean conditions. Eur. J. Agron. 24: 140-148.

Bènard, C., H. Gautier, F. Bourgaud D. Grasselly. 2009. Effects of low nitrogen supply on tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit yield and quality with special emphasis on sugars, acids, ascorbate, carotenoids, and phenolic compounds. J. Agric. Food Chem. 57: 4112–4123.

Bidari, B. I. and N. S. Hebsur. 2011. Potassium in relation to yield and quality of selected vegetable crops. Karnataka J. Agric. Sci. 24(1).

Breksa, A. P., L. D. Robertson, J. A. Labate, B. A. King and D. E. King. 2015. Physicochemical and morphological analysis of ten tomato varieties identifies quality traits more readily manipulated through breeding and traditional selection methods. J. Food Compos. Anal. 42: 16-25.

Constán-Aguilar, C., R. Leyva, L. Romero, T. Soriano and J. M. Ruiz. 2014. Implication of potassium on the quality of cherry tomato fruits after postharvest during cold storage. Int. J. Food Sci. Nutr. 65(2): 203-211.

Ebrahimzadeh, M. A., S. F. Nabavi, S. M. Nabavi and B. Eslami. 2010. Antihemolytic and antioxidant activities of *Allium paradoxum*. Cen. Eur. J. Biol. 5(3): 338-345.

Erdal, I., A. Ertek, U. Senyigit and H. I. Yilmaz. 2009. Effects of different irrigation programs and nitrogen levels on nitrogen concentration, uptake and utilization in processing tomatoes. Aust. J. Exp. Agric. 46(12): 1653-1660.

Fallah, M., M. Delshad and H. Sheikhi. 2021. The effects of cluster pruning and the K: N ratio on greenhouse tomato yield and quality. Hortic. Environ. Biotechnol. 62(5):1-10.

Ghorbani, D. A., K. Mashayekhi and B. Kamkar. 2015. Effect of foliar application sucrose, boron, potassium nitrate and salicylic acid on yield and yield components of tomato var. Super A. Res. Crop Ecosys. 2(1): 43-52.

Inthichack, P., Y. Nishimura and Y. Fukumoto. 2012. Effect of potassium sources and rates on plant growth, mineral absorption, and the incidence of tip burn in cabbage, celery, and lettuce. Hortic. Environ. Biotechnol, 53(2): 135-142.

Jia, H. J., K. Mizuguchi, K. Hirano and G. Okamoto. 2006. Effect of fertilizer application level on pectin composition of Hakuho peach (*Prunus persica* Batsch) during maturation. HortScience. 41(7): 1571-1575.

Kaur, H., S. Bedi, V. P. Sethi and A. S. Dhatt. 2018. Effects of substrate hydroponic systems and different N and K ratios on yield and quality of tomato fruit. J. Plant Nutr. 41(12): 1547-1554.

Lester, G. E., J. L. Jifon and D. J. Makus. 2010. Impact of potassium nutrition on postharvest fruit quality: Melon (*Cucumis melo* L) case study. Plant and soil. 335(1): 117-131.

Mardanluo, S., M. K. Souri and M. Ahmadi. 2018. Plant growth and fruit quality of two pepper cultivars under different potassium levels of nutrient solutions. J. Plant Nutr. 41(12):1604-1614.

Preciado-Rangel, P., E. Troyo-Diéguez, L. A. Valdez-Aguilar, J. L. García-Hernández and Luna-Ortega. 2020. Interactive effects of the potassium and nitrogen relationship on yield and quality of strawberry grown under soilless conditions. Plants. 9(4): 441.

Ranganna, S. 1986. Manual of analysis of fruit and vegetable products. 18-194. New Delhi, India: Tata McGraw-Hill.

Sadasivam, S. and A. Manickam. 1992. Biochemical methods for agricultural sciences. Wiley Eastern Limited, New Dehli.

Saure, M. C. 2001. Blossom-end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.)-a calcium-or a stress-related disorder?. Sci. Hrtic. 90(3-4): 193-208.

Sweeney, J. P., V. J. Chapman and P. A. Hepner. 1970. Sugar, acids and flavor in fresh fruit. J. Am. Diet. Assoc. 57: 432-435.

Wojdyło, A., J. Oszmiański and R. Czemerys. 2007. Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. Food chem. 105(3): 940-949.

Woznicki, T. L., O. M. Heide, S. F. Remberg and A. Sønsteby. 2016. Effects of controlled nutrient feeding and different temperatures during floral initiation on yield, berry size and drupelet numbers in red raspberry (*Rubus idaeus* L.). Sci. Hortic. 212: 148-154.

Assessment the fruit quantitative and qualitative yield of greenhouse tomato (Solanum lycopersicom) as influenced by different concentrations of nitrogen and potassium

S. Allahtavakkoli[1], A. Aboutalebi Jahromi[2], A. Zakerin[3]. A. Ejraei[2], H. Hassanzadeh Khankahdani[4]

Received: 2023-07-25 Accepted: 2023-10-30

Abstract

Most growers do not pay attention to the issue of proper nutrition, including the proper ratio of elements in the nutrient solution and changing the concentration of each element and their ratio at different stages of growth. Lack of available information in this regard, in the present study, it has been decided to evaluate the effect of different ratios of nitrogen and potassium on the quantitative and qualitative characteristics of tomato fruit under hydroponic conditions. The balance of nutrients in the culture medium is one of the factors affecting the yield and quality of crops and horticulture. The present study was conducted to investigate the effects of different ratios of nitrogen and potassium on the quantitative and qualitative characteristics of Hirad tomato fruit in hydroponic conditions. Treatments include concentrations of nitrogen and potassium in the vegetative and reproductive period including 1) nitrogen and potassium at concentrations of 130 and 250 ppm in the vegetative stage and 160 and 350 ppm in the reproductive stage; 2) nitrogen and potassium at concentrations of 140 and 260 ppm in the vegetative stage and 170 and 360 ppm in the reproductive stage, respectively; 3) nitrogen and potassium at concentrations of 150 and 270 ppm in the vegetative stage and 180 and 370 ppm in the reproductive stage, respectively; and 4) nitrogen and potassium were at concentrations of 160 and 280 ppm in the vegetative stage and 190 and 380 ppm in the reproductive stage, respectively. The results showed that the nutrition of tomato plant with different ratios of nitrogen and potassium affects different characteristics of the plant such as quantitative and qualitative indicators. The highest stem diameter value was obtained in the vegetative and reproductive stages in treatment 3. Treatment 2 showed the highest yield of single plant, total acid and fruit lycopene, and in treatment 4, the highest amount of fruit chlorophyll and soluble solids was observed. Also, the highest ascorbic acid content was obtained in treatment 1. In general, in order to achieve maximum yield and improve the quality of tomato fruit, it is recommended to use more potassium and less nitrogen.

Keywords: Tomato, Hydroponics, Nitrogen, Potassium, Nutritional solution

1 Ph.D. Student, Horticultural Science, Jahrom Branch, Islamic Azad University, Jahrom, Iran.
2 Associate Professor, Jahrom Branch, Islamic Azad University, Jahrom, Iran.
3 Assistant Professor, Jahrom Branch, Islamic Azad University, Jahrom, Iran.
4 Expert of Horticultural Management, Agricultural Organization of Fars, Shiraz, Iran.