Journal of Vegetables Sciences, Autumn & Winter 2022, Vol 5, No 10(2), Pages 121-135

doi: 10.22034/iuvs.2022.543426.1185 Article Type: Research Online ISSN: 2676-4822

Investigation of the Effects of Different Ratios of Nitrogen and Potassium on the Quantitative and Qualitative Characteristics of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Fruit under Hydroponic Conditions

Saeed Allahtavakoli[1], Abdolhossein Aboutalebi Jahromi[2*], Abdolrasoul Zakerin[3], Abdolkarim Ejraei[3] and Hamed Hassanzadeh Khankhadani[4]

1- Ph.D. Student of Horticultural Science, Jahrom Branch, Islamic Azad University, Jahrom, Iran.
2- Associate Professor, Department of Horticultural Science, Jahrom Branch, Islamic Azad University, Jahrom, Iran
3- Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Jahrom Branch, Islamic Azad University, Jahrom, Iran
4- Assistant Professor of Horticultural Researcher of Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research Center, Department of Agricultural and Horticultural Research, Bandar Abbas, Iran.

***Corresponding author:** aa84607@gmail.com

(**Received:** 22 November 2021 **Revise:** 15 February 2022 **Accepted:** 16 February 2022)

Extended Abstract

1. Introduction: 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 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.

2. Materials and Methods: 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.

Results and Discussion: 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.

4. Conclusion: 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: Hydroponics, Nitrogen, Nutritional solution, Potassium, Tomato.

Citation: Allahtavakoli, S., Aboutalebi Jahromi, A., Zakerin, A., Ejraei, A. & Hassanzadeh Khankhadani, H. (2022). Investigation of the effects of different ratios of nitrogen and potassium on the quantitative and qualitative characteristics of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit under hydroponic conditions. *Journal of Vegetables Sciences*, 10(2), 121-135. doi: 10.22034/iuvs.2022.543426.1185

Copyrights:
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Vegetables Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/ by/4.0).

دوفصلنامه علمی علوم سبزی‌ها، سال ۵، دوره ۱۰، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۰، صفحات (۱۳۵-۱۲۱)

شاپا الکترونیکی: ۴۸۲۲-۲۶۷۶ نوع مقاله: پژوهشی doi: 10.22034/iuvs.2022.543426.1185

بررسی اثرات نسبت‌های مختلف نیتروژن و پتاسیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) در شرایط هیدروپونیک

سعید الله‌توکلی[۱]، عبدالحسین ابوطالبی‌جهرمی[۲*]، عبدالرسول ذاکرین[۳]، عبدالکریم اجرایی[۳] و حامد حسن‌زاده خانکهدانی[۴]

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

۲- دانشیار علوم باغبانی، واحد جهرم، دانشگاه آزاد اسلامی، جهرم، ایران

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

۴- استادیار بخش باغبانی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، بندرعباس، ایران

[*]نویسنده مسئول: aa84607@gmail.com

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۰۱ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۰/۱۱/۲۶ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۰/۱۱/۲۷)

چکیده

این تحقیق به‌منظور بررسی نسبت‌های مختلف نیتروژن و پتاسیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه گوجه‌فرنگی رقم هیراد در شرایط گلخانه‌ای و هیدروپونیک در مجتمع کشاورزی ابراهیم‌آباد شهرستان ارزوئیه استان کرمان در سال ۱۳۹۸اجرا شد. تیمارها شامل غلظت‌های نیتروژن و پتاسیم بر حسب پی‌پی‌ام در مراحل رشد رویش و زایشی شامل (۱۳۰ نیتروژن+ ۲۵۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۶۰ نیتروژن+ ۳۵۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی)، (۱۴۰ نیتروژن+ ۲۶۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۷۰ نیتروژن+ ۳۶۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی)، (۱۵۰ نیتروژن+ ۲۷۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۸۰ نیتروژن+ ۳۵۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی) و (۱۶۰ نیتروژن+ ۲۸۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۹۰ نیتروژن+ ۳۸۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی) از طریق محلول غذایی اعمال شد. نتایج نشان داد که نسبت‌های مختلف نیتروژن و پتاسیم بر شاخص‌های کمی (قطر ساقه و عملکرد بوته، محتوای کلروفیل و کاروتنوئید میوه) و کیفی (مواد جامد محلول، اسید کل، لیکوپن و آسکوربیک اسید میوه) تأثیر می‌گذارد، طوری‌که بیشترین مقدار قطر ساقه اصلی با کاربرد (۱۵۰ نیتروژن+ ۲۷۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۸۰ نیتروژن+ ۳۵۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی) به‌دست آمد. کاربرد (۱۴۰ نیتروژن+ ۲۶۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۷۰- نیتروژن+ ۳۶۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی) بیشترین میزان عملکرد تک‌بوته، اسید کل و لیکوپن میوه را نشان داد. با کاربرد (۱۶۰ نیتروژن+ ۲۸۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۹۰ نیتروژن+ ۳۸۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی) بیشترین میزان کلروفیل میوه و مواد جامد محلول و بیشترین میزان اسید آسکوربیک با کاربرد (۱۳۰ نیتروژن+ ۲۵۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۶۰ نیتروژن+ ۳۵۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی) به‌دست آمد. جهت حصول حداکثر عملکرد و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی استفاده از پتاسیم بیشتر (۳۸۰ پی‌پی‌ام) و نیتروژن کمتر (۱۴۰ پی‌پی‌ام) توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، گوجه‌فرنگی، محلول غذایی، نیتروژن، هیدروپونیک.

استناد: توکلی، س. ا.، ابوطالبی‌جهرمی، ع.، ذاکرین، ع.، اجرایی، ع. و حسن‌زاده خانکهدانی، ح. (۱۴۰۰). بررسی اثرات نسبت‌های مختلف نیتروژن و پتاسیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) در شرایط هیدروپونیک. *علوم سبزی‌ها*، ۱۰(۲)، ۱۳۵-۱۲۱.

حق چاپ:

حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به‌صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل‌دسترس است.

مقدمه

گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) گیاهی یک‌ساله و علفی از خانواده بادنجانیان (Solanaceae) است. گوجه‌فرنگی 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 (Breksa *et al*., 2015).

تغذیه مناسب گیاه تحت شرایط هیدروپونیک می‌تواند به عملکرد بیشتر و تولید محصولات مرغوب‌تر منجر شود (Inthichack*et al*., 2012). رشد بهینه، عملکرد مطلوب و ویژگی‌های کمی و کیفی مورد قبول محصول‌های کشاورزی تحت تأثیر مقدار کافی عنصرهای غذایی، نسبت‌های مناسب عنصرها و همچنین فرم‌های مختلف یک عنصر و برهم‌کنش آن‌ها در محلول غذایی است (Adak, 2017). همچنین دسترسی ماده‌های 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 (Inthichack *et al*., 2012). مقدار جذب یون‌ها از محلول غذایی نه تنها به غلظت آن‌ها در محلول غذایی مرتبط است، بلکه تحت تأثیر نسبت‌های مختلف عنصرهای غذایی نیز قرار دارد (Mardanluo *et al*., 2018).

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 (Wojdyło *et al*., 2007; Adak, 2017). پتاسیم در رشد طولی سلول‌ها، روابط آبی، نقل و انتقال، فعال‌شدن آنزیم‌ها و همچنین در ساختن کربوهیدرات‌ها نقش مهمی دارد (Yousefi*et al*., 2019; Adak, 2017). در محلول غذایی، نسبت پتاسیم به نیتروژن به‌عنوان یک معیار مهم برای تنظیم رشد و نمو گوجه‌فرنگی شناخته می‌شود (Fallah *et al*., 2021). گیاه گوجه‌فرنگی به کاربرد کودهای نیتروژن و پتاسیم واکنش نشان می‌دهد؛ تشدید رشد گیاه و نمو میوه با نیتروژن در ارتباط است (Saure, 2001) در حالی‌که پتاسیم به بهبود بخشیدن صفات کیفی مانند لیکوپن میوه گوجه‌فرنگی (از طریق تشکیل رنگدانه‌ها) و مقادیر اسید آسکوربیک کمک می‌کند (Bidari & Hebsur, 2011). 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 (Kaur *et al*., 2018). نتایج پژوهش‌ها، رابطه مثبتی بین این عنصرهای غذایی در افزایش عملکرد و کیفیت محصول نشان داده‌اند و همچنین بر استفاده مناسب و متعادل این عنصرها تأکید 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 در گوجه‌فرنگی کاهش می‌یابد و حداکثر عملکرد از تیمار ۲۵۰ پی‌پی‌ام پتاسیم و ۲۰۰ پی‌پی‌ام نیتروژن و حداقل عملکرد از تیمار ۳۷۵ پی‌پی‌ام پتاسیم و ۴۰۰ پی‌پی‌ام نیتروژن به‌دست آمد (Farzaneh *et al*., 2009). 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 حالی‌که با افزایش نیتروژن، قطر و ماده تر ساقه افزایش پیدا کرد و افزایش نسبت K:N تا ۶:۱/۵ سبب بهبود کیفیت نشاها می‌شود (Ahmadi *et al*., 2014). در بررسی بستر کشت هیدروپونیک و نسبت‌های مختلف نیتروژن به پتاسیم روی عملکرد و کیفیت گوجه‌فرنگی گزارش شده است که بهترین نتایج با اعمال نسبت K:N ۳:۱/۴ در مرحله رویشی، و نسبت ۳/۱:۵/۷ در مرحله زایشی به‌دست آمد، به‌طوری‌که اعمال این نسبت‌ها در محلول غذایی موجب افزایش میزان عملکرد کل گوجه‌فرنگی و کیفیت میوه شد (Kaur *et al*., 2018). 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 ویژگی‌های زایشی حاصل می‌گردد (Yousefi *et al*., 2019). همچنین در گیاه توت‌فرنگی گزارش شده است که افزایش غلظت نیترات در محلول غذایی باعث افزایش عملکرد میوه می‌شود، در حالی‌که غلظت بالای پتاسیم کیفیت میوه را بهبود می‌بخشد (Preciado-Rangel *et al*., 2020). اخیراً نیز طی بررسی تأثیر نسبت پتاسیم به نیتروژن بر عملکرد و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی گزارش شده است که بالاترین مقدار سفتی و مواد جامد محلول به‌ترتیب در نسبت K:N ۱:۴ و ۲:۱ به‌دست آمد، و اسید قابل‌تیتراسیون تحت تأثیر نسبت K:N قرار نگرفت (Fallah *et al*., 2021).

بیشتر تولیدکنندگان توجهی به مسئله 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 این مطالعه تصمیم گرفته شده است تا تأثیر نسبت‌های متفاوت از نیتروژن و پتاسیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه گوجه‌فرنگی در شرایط هیدروپونیک مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

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 به‌صورت همزمان در سینی‌های ۵۰ حفره‌ای ۹۰ میلی‌لیتر با بستر کوکوپیت و پرلیت به نسبت ۷۵ به ۲۵ کشت و پس از رسیدن به مرحله چهار تا پنج برگ حقیقی و پر نمودن حجم ریشه به محل اصلی کشت در گلخانه منتقل گردید. بسترهای کشت به‌صورت گروبگ آماده (هگزا گروبک ساخت سریلانکا) و با ابعاد ۱۶×۱۸×۱۰۰ 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 میلی‌لیتر 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 به‌مدت ۱۰ ماه بود. برداشت میوه‌ها در مرحله قرمز رسیده صورت گرفت. گرده‌افشانی توسط زنبور بامبل، کنترل اقلیم گلخانه به‌صورت هوشمند با تابلوی کنترل اقلیم با مارک (Maxi Clim Anjio) ساخت کشور فرانسه، سیستم آبیاری و فرمول غذایی با دستگاه تغذیه ریتک اسپانیا با فرمول تغییریافته مجتمع کشاورزی ابراهیم‌آباد به‌صورت کاملاً دقیق صورت گرفت. دما و رطوبت در روز به‌ترتیب ۲۶ درجه سانتی‌گراد و ۸۵ درصد و در شب ۱۸ درجه سانتی‌گراد و ۶۵ درصد تنظیم شد. در ساعات گرم روز با توجه به سیستم کنترل اقلیم سیستم سایبان به‌صورت اتوماتیک در شدت نور بالاتر از ۶۰۰۰۰ لوکس فعال گردید.

تیمارهای آزمایشی

با توجه به این‌که گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای در طی دوره رشد خود، به‌طور مستمر رشد رویشی و زایشی دارد، بنابراین تیمارها در چهار سطح غلظت‌های نیتروژن و پتاسیم در دوره رویشی و زایشی شامل ۱) نیتروژن و پتاسیم به‌ترتیب در غلظت ۱۳۰ و ۲۵۰ پی‌پی‌ام در مرحله رویشی و ۱۶۰ و ۳۵۰ پی‌پی‌ام در مرحله زایشی؛ ۲) نیتروژن و پتاسیم به‌ترتیب در غلظت ۱۴۰ و ۲۶۰ پی‌پی‌ام در مرحله رویشی و ۱۷۰ و ۳۶۰ پی‌پی‌ام در مرحله زایشی؛ ۳) نیتروژن و پتاسیم به‌ترتیب در غلظت ۱۵۰ و ۲۷۰ پی‌پی‌ام در مرحله رویشی و ۱۸۰ و ۳۷۰ پی‌پی‌ام در مرحله زایشی و ۴) نیتروژن و پتاسیم به‌ترتیب در غلظت ۱۶۰ و ۲۸۰ پی‌پی‌ام در مرحله رویشی و ۱۹۰ و ۳۸۰ پی‌پی‌ام در مرحله زایشی بودند. غلظت سایر عناصر در طول دوره در همه تیمارها ثابت و بر اساس فرمول تغییریافته مجتمع کشاورزی ابراهیم‌آباد به‌صورت فسفر، منیزیم، سولفور و کلسیم به‌ترتیب در غلظت‌های ۵۰، ۶۰، ۱۴۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام و آهن، منگنز، بور، روی، مس و مولیبدن به‌ترتیب در غلظت‌های ۳/۳، ۰/۹، ۰/۷، ۰/۴، ۰/۱ و ۰/۰۲ پی‌پی‌ام

استفاده گردید. هدایت الکتریکی محلول غذایی بین ۲ تا ۳ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر و pH بین ۵/۵ تا ۵/۸ تنظیم گردید.

صفات مورد اندازه‌گیری

طول برگ، قطر ساقه و عملکرد تک‌بوته

طول برگ با خط‌کش فلزی، قطر ساقه با کولیس دیجیتالی ساخت کشور ژاپن، و عملکرد تک‌بوته نیز با ثبت برداشت هفتگی و وزن نمودن با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ مشخص شدند.

محتوای کلروفیل و کاروتنوئید میوه

جهت تعیین میزان کلروفیل و کاروتنوئید، نمونه‌گیری از میوه گیاه انجام گرفت و از دستگاه اسپکتروفتومتر (S 2000 uv/vis) در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر استفاده گردید. غلظت کلروفیل و کاروتنوئید بر حسب میلی‌گرم بر گرم در وزن تر نمونه محاسبه شد (Arnon, 1967).

مواد جامد محلول میوه

مواد جامد محلول میوه توسط یک رفرکتومتر دستی (EMRA, Tokyo, Japan) با مقیاس ۰-۳۲ بریکس اندازه‌گیری و به‌صورت بریکس در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بیان شد (Sweeney *et al*., 1970).

اسید کل میوه

جهت اندازه‌گیری اسید قابل‌تیتراسیون، گوشت میوه با آب‌مقطر 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 قابل‌تیتراسیون به‌صورت درصد اسید سیتریک بیان شد (Ghorbani *et al*., 2015).

لیکوپن میوه

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 به‌مدت ۱۶ ساعت، انجام شد. بعد از جدا شدن حلال، مقدار لیکوپن موجود در آن در طول موج ۵۰۳ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (Sadasivam & Manickam, 1992).

آسکوربیک اسید

برای اندازه‌گیری آسکوربیک اسید از روش تیتراسیون با دی‌کلروفنل ایندول فنل (DCIP) استفاده شد (Ranganna, 1986).

تجزیه آماری داده‌ها

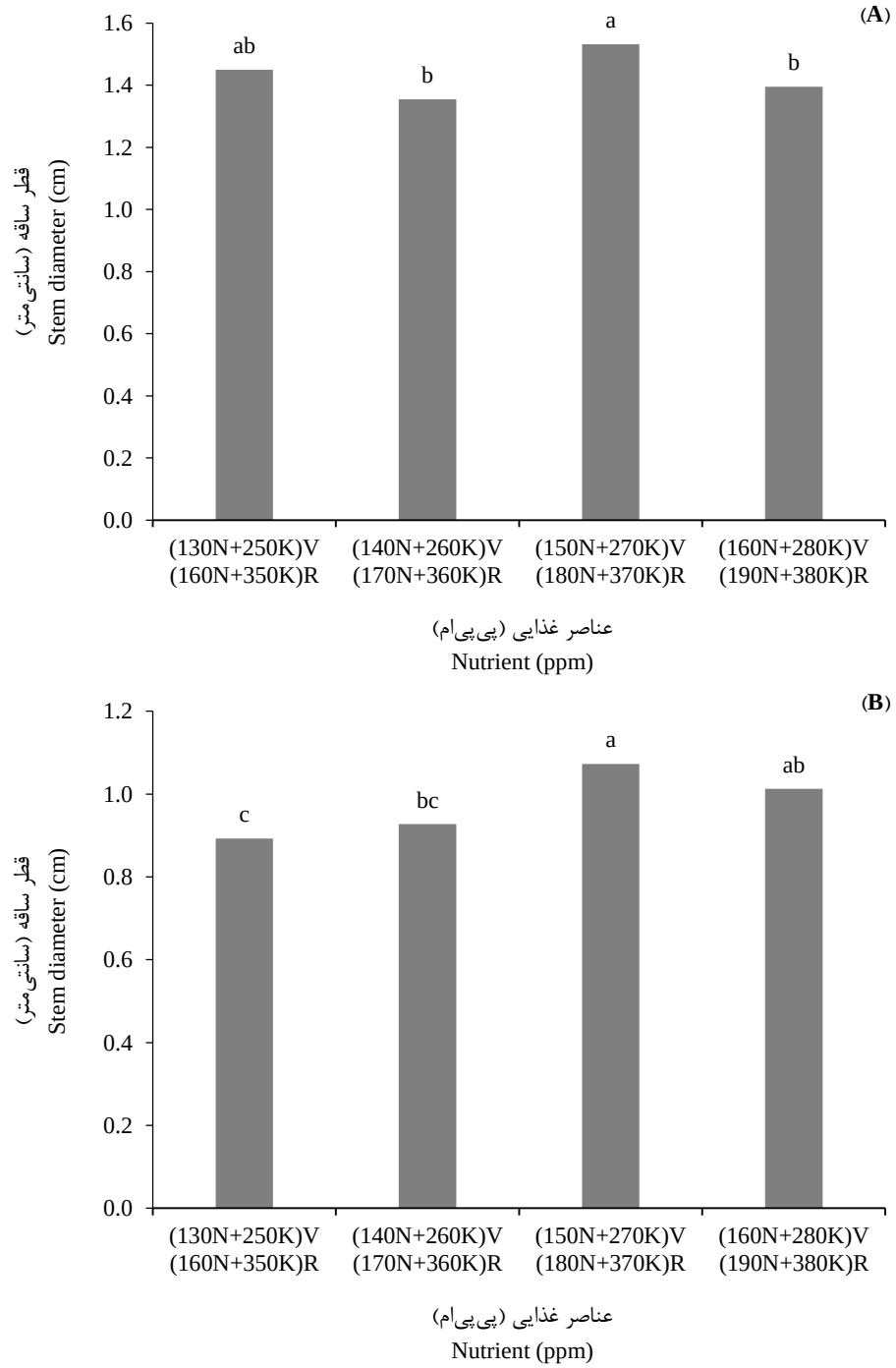
آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (ورژن 9.4) انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

طول برگ و قطر ساقه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد طول برگ تحت تأثیر تیمارهای به‌کار رفته قرار نگرفت. بیشترین قطر ساقه (۱/۵۳ سانتی‌متر) در مرحله رویشی با کاربرد ۱۵۰ نیتروژن+ ۲۷۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۸۰ نیتروژن+ ۳۵۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد ۱۳۰ نیتروژن+ ۲۵۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۶۰ نیتروژن+ ۳۵۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی نداشت. کمترین قطر ساقه (۱/۳۶ سانتی‌متر) هم در مرحله رویشی با کاربرد ۱۴۰ نیتروژن+ ۲۶۰ پتاسیم مرحله رویشی و ۱۷۰ نیتروژن+ ۳۶۰ پتاسیم مرحله زایشی مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد ۱۳۰ نیتروژن+ ۲۵۰ پتاسیم مرحله رویشی و ۱۶۰ نیتروژن+ ۳۵۰ پتاسیم مرحله زایشی و ۱۶۰ نیتروژن+ ۲۸۰ پتاسیم مرحله رویشی و ۱۹۰ نیتروژن+ ۳۸۰ پتاسیم مرحله زایشی نداشت (شکل ۱ الف). در مرحله زایشی نیز بیشترین قطر ساقه (۱/۰۷ سانتی‌متر) کاربرد ۱۵۰ نیتروژن+ ۲۷۰ پتاسیم مرحله رویشی و ۱۸۰ نیتروژن+ ۳۵۰ پتاسیم مرحله زایشی مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد ۱۶۰

نیتروژن+ ۲۸۰ پتاسیم مرحله رویشی و ۱۹۰ نیتروژن+ ۳۸۰ پتاسیم مرحله زایشی نداشت. کمترین قطر ساقه (۰/۸۹ سانتی‌متر) هم در مرحله زایشی مربوط به کاربرد ۱۳۰ نیتروژن+ ۲۵۰ پتاسیم مرحله رویشی و ۱۶۰ نیتروژن+ ۳۵۰ پتاسیم مرحله زایشی بود که تفاوت معنی‌داری با کاربرد ۱۴۰ نیتروژن+ ۲۶۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۷۰ نیتروژن+ ۳۶۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی نداشت (شکل ۱ ب).



شکل ۱- تأثیر کاربرد عناصر غذایی نیتروژن و پتاسیم بر قطر ساقه گوجه‌فرنگی در مرحله رویشی (الف) و زایشی (ب)

Figure 1- The effect of nitrogen and potassium nutrients on Tomato stem diameter in vegetative (A) and reproductive (B)

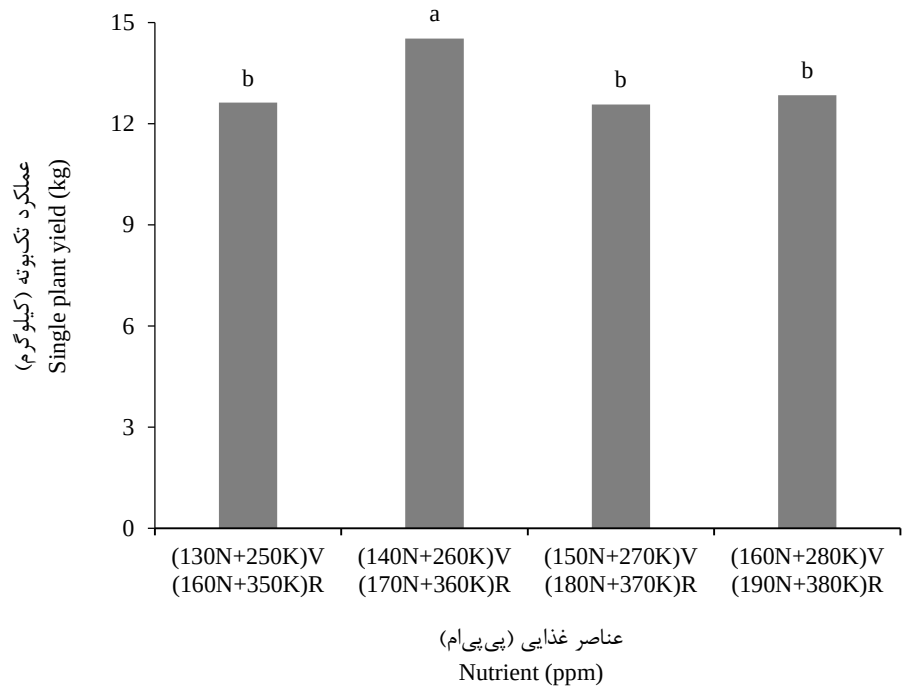
V: رویشی، R: زایشی

V: Vegetative; R: reproductive

در این پژوهش 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 و از ترکیبات اصلی پروتئین، کلروفیل و اسیدهای نوکلئیک است و باعث رشد رویشی گیاهان و بالا رفتن سطح هورمون‌هایی مثل اکسین می‌شود (Arregui *et al*., 2006). کاهش قطر ساقه در غلظت ۱۹۰ پی‌پی‌ام نیتروژن ممکن است به‌دلیل رابطه آنتاگونیسمی نیتروژن با دیگر عناصر مثل فسفر باشد که سبب کاهش جذب آن عناصر و به‌هم‌خوردن تعادل میان عناصر غذایی در سیستم هیدروپونیک می‌شود (Adak, 2017). گزارش شده است که افزایش غلظت نیترات به ۱۴ میلی‌مول در لیتر در محلول غذایی باعث افزایش عملکرد توت‌فرنگی می‌شود، در حالی‌که غلظت بالای پتاسیم (نُه میلی‌مول در لیتر) کیفیت میوه را بهبود می‌بخشد (Preciado-Rangel *et al*., 2020). بر اساس 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 به‌طور مستقیم و غیرمستقیم در بسیاری از اعمال حیاتی گیاه نقش دارد، موجب افزایش مقدار صفات رویشی مثل قطر ساقه در گیاه می‌شود (Yousefi *et al*., 2019). به‌نظر 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 تأثیر مثبت افزایش سطح پتاسیم محلول غذایی بر فرآیندهای رشدی گیاه مطابقت دارد (Ahmadi *et al*., 2014).

عملکرد تک‌بوته

بیشترین عملکرد تک‌بوته (۱۴/۵۲۵ کیلوگرم) با کاربرد ۱۴۰ نیتروژن+ ۲۶۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۷۰ نیتروژن+ ۳۶۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی مشاهده شد که به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. کمترین عملکرد تک‌بوته (۱۲/۵۷۵ کیلوگرم) با کاربرد ۱۵۰ نیتروژن+ ۲۷۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۸۰نیتروژن+ ۳۵۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی مشاهده شد که با تیمارهای کاربرد ۱۳۰ نیتروژن+ ۲۵۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۶۰ نیتروژن+ ۳۵۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی و کاربرد ۱۶۰ نیتروژن+ ۲۸۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۹۰ نیتروژن+ ۳۸۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل 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 حالی‌که مصرف زیاد نیتروژن با تحریک رشد رویشی اندام‌های هوایی گیاه، باعث تأخیر 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 تأخیر می‌اندازد و باعث دیررسی محصول شده که در نهایت افت عملکرد را به‌دنبال خواهد داشت (Wojdyło *et al*., 2007). نتایج نشان داد که افزایش میزان سطح نیتروژن و پتاسیم محلول غذایی تا سطح ۱۴۰ نیتروژن+ ۲۶۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۷۰ نیتروژن+ ۳۶۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی، عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی 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. تأثیر نسبت‌های مختلف نیتروژن و پتاسیم بر عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی گزارش شده است (Kaur *et al*., 2018; Fallah *et al*., 2021). گزارش شده است که افزایش میزان نیتروژن کاربردی موجب کاهش عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی می‌شود (Erdal *et al*., 2009).



شکل ۲- تأثیر کاربرد عناصر غذایی نیتروژن و پتاسیم بر میانگین عملکرد تک‌بوته گوجه‌فرنگی

Figure 2- The effect of nitrogen and potassium nutrients on Tomato plant yield

V: رویشی، R: زایشی V: Vegetative; R: reproductive

محتوای کلروفیل و کاروتنوئید میوه

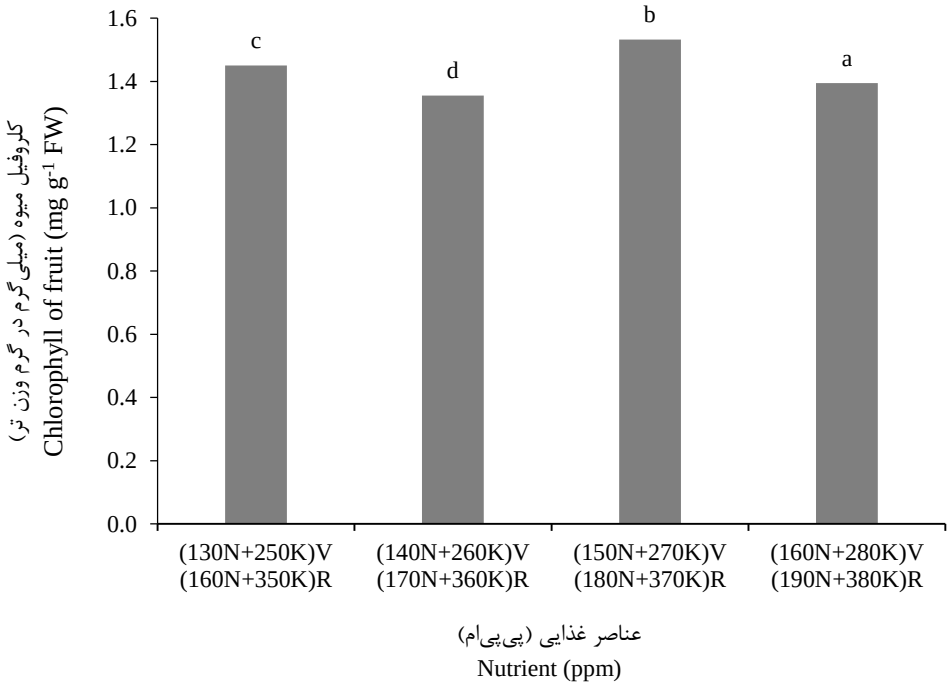
بیشترین میزان کلروفیل میوه (۰/۰۰۵۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) با کاربرد ۱۶۰ نیتروژن+ ۲۸۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۹۰ نیتروژن+ ۳۸۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی ثبت شد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. کمترین مقدار کلروفیل برگ (۰/۰۰۳۲۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) هم با کاربرد ۱۴۰ نیتروژن+ ۲۶۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۷۰ نیتروژن+ ۳۶۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی به‌دست آمد (شکل ۳).

افزایش نیتروژن سبب افزایش سبزینگی گیاه به‌دلیل 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 (Kaur *et al.*, 2018). همچنین کاربرد کودهای نیتروژنی باعث افزایش عناصری مانند منیزیم، روی، مس و آهن شده و دسترسی به این عناصر کلروفیل را افزایش می‌دهد (Kaur *et al.*, 2018). 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 به‌نظر 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 به‌خصوص در شرایط تنش نقش مؤثری در افزایش محتوای کلروفیل خواهد داشت.

مواد جامد محلول میوه

کمترین مقدار مواد جامد محلول میوه گوجه‌فرنگی (۴/۰۵ درجه بریکس) با کاربرد ۱۳۰ نیتروژن+ ۲۵۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۶۰ نیتروژن+ ۳۵۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی مشاهده شد که با کاربرد ۱۴۰ نیتروژن+ ۲۶۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۷۰ نیتروژن+ ۳۶۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی و کاربرد ۱۵۰ نیتروژن+ ۲۷۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۸۰ نیتروژن+ ۳۵۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی اختلاف معنی‌داری نشان نداد. بیشترین مقدار مواد جامد محلول (۴/۵۷۵ درجه بریکس) با کاربرد ۱۶۰ نیتروژن+ ۲۸۰

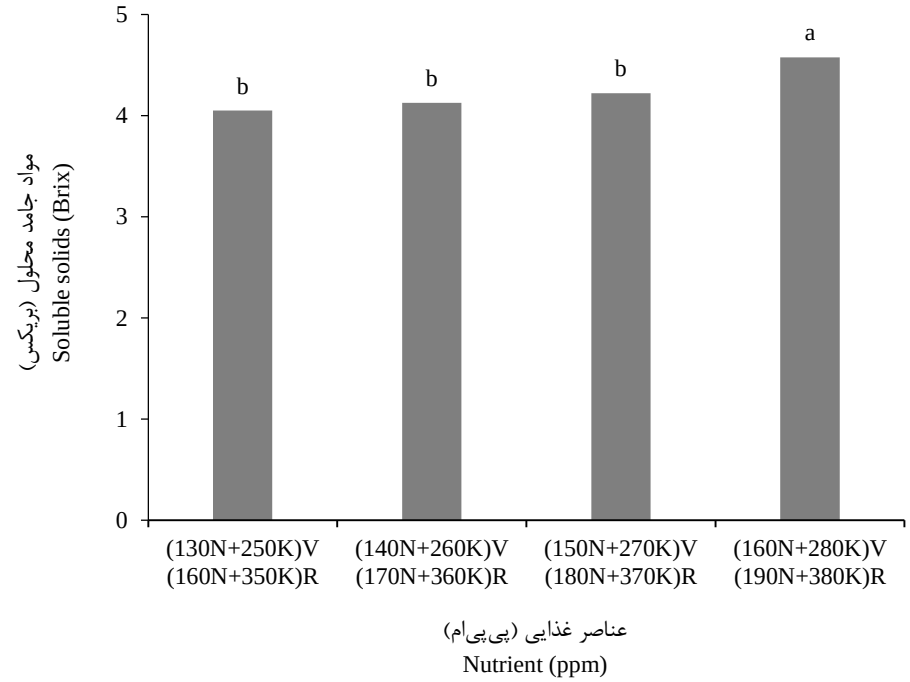
پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۹۰ نیتروژن+ ۳۸۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی مشاهده شد (شکل ۴).



شکل ۳- تأثیر کاربرد عناصر غذایی نیتروژن و پتاسیم بر کلروفیل میوه تک‌بوته گوجه‌فرنگی

Figure 3- The effect of nitrogen and potassium nutrients on chlorophyll of Tomato fruit

V: رویشی، R: زایشی V: Vegetative; R: reproductive



شکل ۴- تأثیر کاربرد عناصر غذایی نیتروژن و پتاسیم بر مواد جامد محلول گوجه‌فرنگی

Figure 4- The effect of nitrogen and potassium nutrients on soluble solids of Tomato

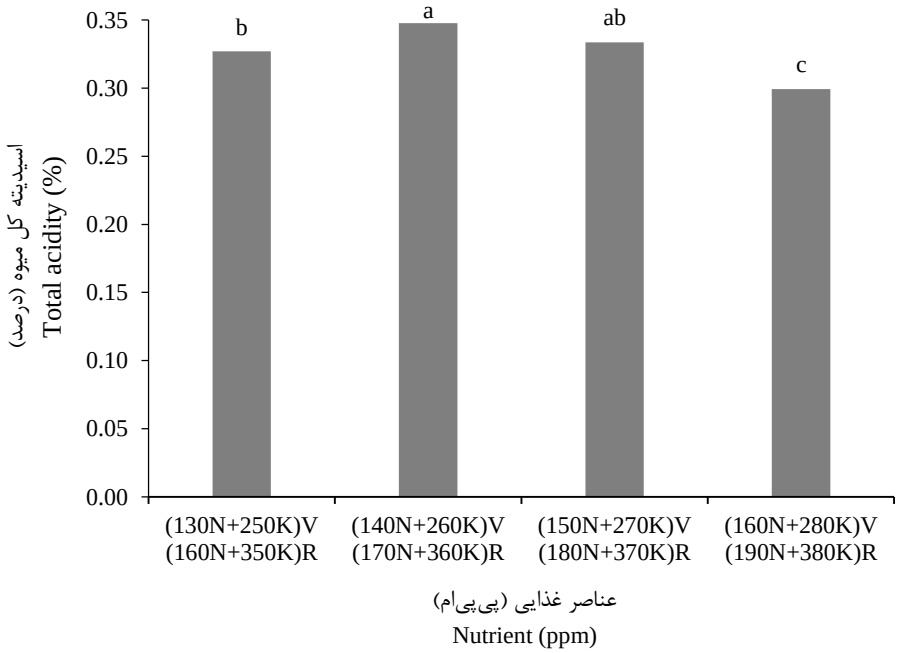
V: رویشی، R: زایشی V: Vegetative; R: reproductive

مواد جامد محلول از شاخص‌های مهم کیفی میوه می‌باشد که در ارتباط مستقیم با کیفیت خوراکی میوه در زمان رسیدن دارد و مصرف‌کننده تمایل زیادی به مصرف میوه با مقدار مواد جامد محلول دارد (Woznicki *et al*., 2016). نتایج این تحقیق 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 به‌دلیل افزایش سطح و غلظت عناصر، جذب آب کاهش و کربوهیدرات‌های میوه غلیظ شده، در نتیجه مواد جامد محلول افزایش می‌یابد (Ebrahimzadeh *et al*., 2010). 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 (Woznicki *et al*., 2016).

گزارش شده است که با اعمال نسبت K:N ۳:۱/۴ 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 (Kaur *et al*., 2018). در گیاه توت‌فرنگی گزارش شده است که افزایش غلظت نیترات در محلول غذایی باعث افزایش عملکرد توت‌فرنگی می‌شود، در حالی‌که غلظت بالای پتاسیم کیفیت میوه مانند مواد جامد محلول را بهبود می‌بخشد (Preciado-Rangel *et al*., 2020). همچنین گزارش شده است که بالاترین مقدار سفتی و مواد جامد محلول به‌ترتیب در نسبت K:N ۴:۱ و ۲:۱ به‌دست آمده است (Fallah *et al*., 2021).

اسید کل میوه

بیشترین میزان اسید کل میوه (۰/۳۴۸ درصد) در استفاده از کاربرد ۱۴۰ نیتروژن+ ۲۶۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۷۰ نیتروژن+ ۳۶۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی و کمترین مقدار آن (۰/۳۰۰ درصد) نیز با کاربرد ۱۶۰ نیتروژن+ ۲۸۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۹۰ نیتروژن+ ۳۸۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی به‌دست آمد (شکل ۵).



شکل ۵- تأثیر کاربرد عناصر غذایی نیتروژن و پتاسیم بر اسید کل میوه گوجه‌فرنگی

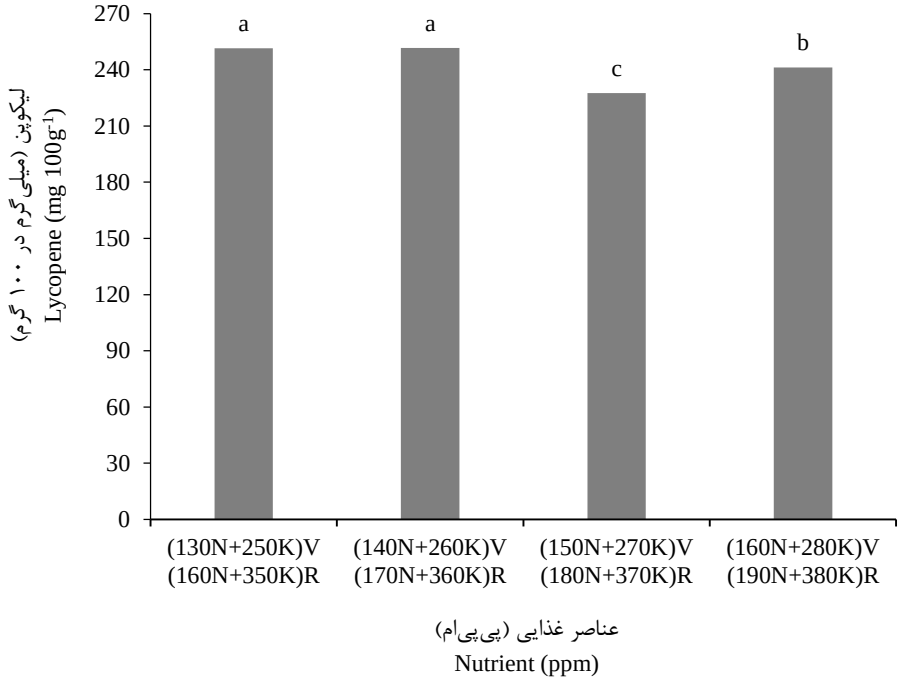
Figure 5- The effect of nitrogen and potassium nutrients on acidity of Tomato

V: رویشی، R: زایشی V: Vegetative; R: reproductive

اسید کل میوه از ویژگی‌های مهم در تعیین کیفیت آن می‌باشد و اسیدهای قابل‌تیتر به‌طور مستقیم با غلظت اسیدهای آلی موجود در میوه ارتباط دارند و یک منبع اندوخته انرژی برای میوه می‌باشند (Yousefi *et al*., 2019). در این تحقیق نتایج نشان داد که با افزایش سطوح نیتروزن و پتاسیم تا سطح کاربرد ۱۴۰ نیتروژن+ ۲۶۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۷۰ نیتروژن+ ۳۶۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی، میزان اسید کل میوه افزایش می‌یابد، ولی با افزایش به سطح کاربرد ۱۵۰ نیتروژن+ ۲۷۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۸۰ نیتروژن+ ۳۵۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی و کاربرد ۱۶۰ نیتروژن+ ۲۸۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۹۰ نیتروژن+ ۳۸۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی میزان اسید کل میوه کاهش می‌یابد. کاهش اسید کل میوه را می‌توان در ارتباط با افزایش مواد جامد محلول در میوه دانست. گزارشات در مـورد تأثیر سطـوح نیتـروژن 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 (Yousefi *et al*., 2019; Fallah *et al*., 2021).

لیکوپن میوه

بیشترین میزان لیکوپن میوه (به‌ترتیب ۲۵۱/۵ و ۲۵۱/۸ میلی‌گرم در ۱۰ گرم نمونه) با کاربرد ۱۳۰ نیتروژن+ ۲۵۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۶۰ نیتروژن+ ۳۵۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی و کاربرد ۱۴۰ نیتروژن+ ۲۶۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۷۰ نیتروژن+ ۳۶۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی و کمترین آن (۲۲۷/۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونه) نیز با کاربرد ۱۵۰ نیتروژن+ ۲۷۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۸۰ نیتروژن+ ۳۵۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی مشاهده شد (شکل ۶).



شکل ۶- تأثیر کاربرد عناصر غذایی نیتروژن و پتاسیم بر لیکوپن میوه گوجه‌فرنگی

Figure 6- The effect of nitrogen and potassium nutrients on Tomato fruit lycopenein

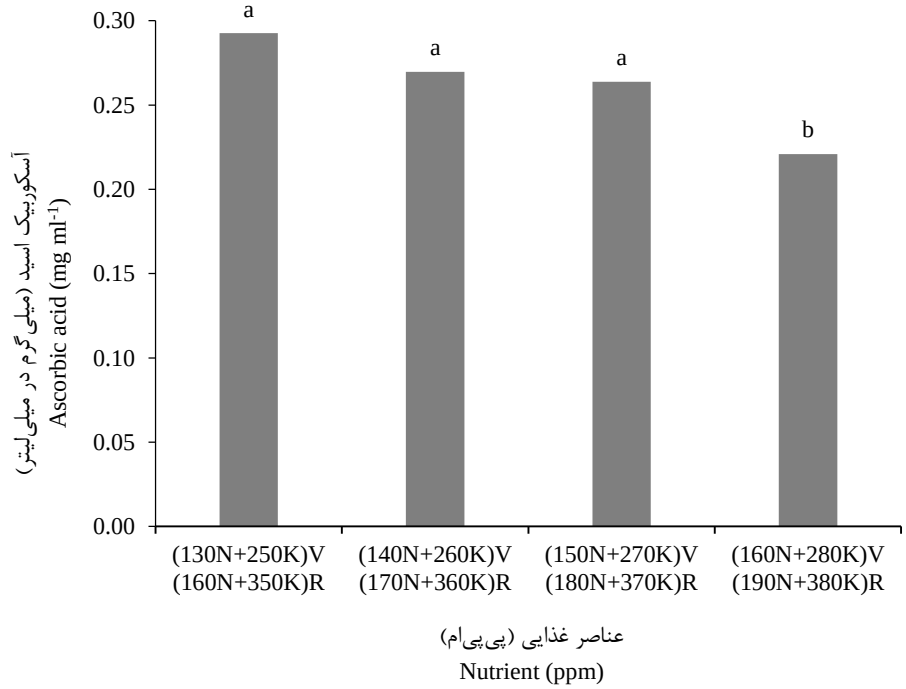
V: رویشی، R: زایشی V: Vegetative; R: reproductive

لیکوپن در ایجاد ظرفیت آنتی‌اکسیدانی درگوجه‌فرنگی خام و فرآوری شده می‌باشد و یک آنتی‌اکسیدان قوی جهت جلوگیری از شروع یا انتشار واکنش زنجیره‌ای اکسیدکننده می‌باشد (Farzaneh *et*

al., 2009). نتایج این تحقیق نشان داد که میزان لیکوپن میوه‌های گوجه‌فرنگی در سطوح مختلف نیتروژن و پتاسیم روند نوسانی دارد و تا سطح کاربرد ۱۴۰ نیتروژن+ ۲۶۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۷۰ نیتروژن+ ۳۶۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی افزایش می‌یابد، سپس تا سطح کاربرد ۱۵۰ نیتروژن+ ۲۷۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۸۰ نیتروژن+ ۳۵۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی کاهش یافت و دوباره تا سطح کاربرد ۱۶۰ نیتروژن+ ۲۸۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۹۰ نیتروژن+ ۳۸۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی روند افزایشی داشت. گزارش شده است که بیشترین تجمع لیکوپن در میوه‌های تغذیه شده با محلول غذایی دارای نسبت نیتروژن به پتاسیم ۳:۱/۲ و ۳:۱/۴ در مرحله رشد رویشی و نسبت ۳/۵:۱/۵ و ۳/۵:۱/۷ در مرحله زایشی حاصل شده است (Kaur *et al*., 2018). در مطالعه دیگری نیز گزارش شده که است که مقدار لیکوپن به‌صورت خطی با افزایش غلظت پتاسیم از ۲۰۰ به ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر افزایش پیدا کرده است (Almeselmani *et al*., 2009).

اسید آسکوربیک

بیشترین میزان اسید آسکوربیک میوه (۰/۲۹۳ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) با کاربرد ۱۳۰ نیتروژن+ ۲۵۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۶۰ نیتروژن+ ۳۵۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی مشاهده شد که با کاربرد ۱۴۰ نیتروژن+ ۲۶۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۷۰ نیتروژن+ ۳۶۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی و N کاربرد ۱۵۰ نیتروژن+ ۲۷۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۸۰ نیتروژن+ ۳۵۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میزان آسکوربیک اسید میوه (۰/۲۲۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) هم با کاربرد ۱۶۰ نیتروژن+ ۲۸۰ پتاسیم مرحله رشد رویشی و ۱۹۰ نیتروژن+ ۳۸۰ پتاسیم مرحله رشد زایشی به‌دست آمد (شکل ۷).



شکل ۷- تأثیر کاربرد عناصر غذایی نیتروژن و پتاسیم بر اسید آسکوربیک میوه گوجه‌فرنگی

Figure 7- The effect of nitrogen and potassium nutrients on ascorbic acid of Tomato fruit

V: رویشی، R: زایشی V: Vegetative; R: reproductive

نتایج گزارشات متعدد بیانگر ارتباط بین وضعیت تغذیه‌ای و عناصر معدنی گیاه با ترکیبات آنتی‌اکسیدانی گیاه مانند ویتامین موجود در گیاهان است (Ali Mohammadi *et al*., 2020). در این تحقیق نتایج نشان داد که محتوای اسید آسکوربیک با افزایش سطوح نیتروژن و پتاسیم (از ۰/۳ به ۰/۲ میلی‌گرم در میلی‌لیتر عصاره) کاهش یافت. به‌نظر می‌رسد که تغییرات سطوح نیتروژن و پتاسیم بر تجمع آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی مانند اسید آسکوربیک تأثیر می‌گذارد (Lester *et al*., 2010). افزایش غلظت اسید آسکوربیک در میوه‌های گوجه‌فرنگی با افزایش پتاسیم افزایش می‌یابد (Ali Mohammadi *et al*., 2020). گزارش شده است که کاربرد کلرید پتاسیم محتوای ویتامین ث در میوه گوجه‌فرنگی گیلاسی را بهبود می‌دهد (Constan-Aguilar *et al*., 2014). تأثیر مفید پتاسیم بر افزایش ویتامین ث در میوه گوجه‌فرنگی می‌تواند ناشی از بهبود در جذب دی‌اکسید کربن، جابه‌جایی مواد آسیمیلاته به میوه، بهبود ارتباط بین محتوای آب برگ و میوه، و افزایش فعال‌شدن آنزیم‌ها و در دسترس بودن پیش‌ماده‌ها برای بیوسنتز ویتامین ث باشد (Lester *et al*., 2010). کاهش سطح ویتامین ث در واکنش به افزایش نیتروژن محلول غذایی گزارش شده است (Jia *et al*., 2006). 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 (Benard *et al*., 2009). گزارش شده است که استفاده از نیتروژن زیاد تنها در زمانی‌که پتاسیم کم باشد، منجر به کاهش ویتامین ث می‌گردد، هر چند به‌نظر می‌رسد که این مسئله وابسته به گونه و سایر عوامل باشد (Ali Mohammadi *et al*., 2020).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که تغذیه گیاه گوجه‌فرنگی با نسبت‌های مختلف نیتروژن و پتاسیم بر شاخص‌های کمی (قطر ساقه و عملکرد بوته، محتوای کلروفیل و کاروتنوئید میوه) و کیفی (مواد جامد محلول، اسید کل، لیکوپن و آسکوربیک اسید میوه) تأثیر می‌گذارد. به‌طور کلی کاربرد ۱۴۰ نیتروژن+ ۲۶۰ پتاسیم رویشی و ۱۷۰ نیتروژن+ ۳۶۰ پتاسیم زایشی بیشترین میزان عملکرد تک‌بوته، اسید کل و لیکوپن میوه را نشان داد که می‌توان آن‌را به‌عنوان تیمار برتر معرفی نمود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری‌های معاون محترم علمی و کارشناسان آزمایشگاه بخش کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد جهرم، تشکر و سپاس می‌گردد.

References

- 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, 235-240.
- Ahmadi, H., Delshad, M. & Babalar, M. (2014). The effect of different concentrations of potassium and nitrogen in nutrient solution on the growth and quality of Tomato seedlings. *Iranian Journal of Horticultural Sciences*, 45(2), 205-197. (In Persian)
- Ali Mohammadi, A., Haddadinejad, M., Sadeghi, H. & Qasemi, K. (2020). The effect of different ratios of nitrogen, phosphorus and potassium on the antioxidant properties of black raspberry cultivars in the greenhouse. *Journal of Plant Production Research*, 27(4), 35-19. (In Persian)
- Almeselmani, M., Pant, R. C. & Singh, B. (2009). Potassium level and physiological response and fruit quality in hydroponically grown tomato. *International Journal of Vegetable Science*, 6, 1, 85-99.
- Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of cholorophyl in the plants. *Agronomy Journal*, 23, 112-121.

- Arregui, L. M., Lasa, B., Lafarga, A., Iraieta, I., Baroja, E. & Quemada, M. (2006). Evaluation of chlorophyll meters as tools for N fertilization in winter wheat under humid Mediterranean conditions. *European Journal Agronomy*, 24, 140-148.
- Benard, C., Gautier, H., Bourgaud, F. & Grasselly, D. (2009). Efects of low nitrogen supply on Tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit yield and quality with special emphasis on sugars, acids, ascorbate, carotenoids, and phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 4112-4123.
- Bidari, B. I. & Hebsur, N. S. (2011). Potassium in relation to yield and quality of selected vegetable crops. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 24(1), 1-10.
- Breksa, A. P., Robertson, L. D., Labate, J. A., King, B. A. & King, D. E. (2015). Physicochemical and morphological analysis of ten tomato varieties identifies quality traits more readily manipulated through breeding and traditional selection methods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 42, 16-25.
- Constan-Aguilar, C., Leyva, R., Romero, L., Soriano, T. & Ruiz, J. M. (2014). Implication of potassium on the quality of cherry Tomato fruits after postharvest during cold storage. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 65(2), 203-211.
- Ebrahimzadeh, M. A., Nabavi, S. F., Nabavi, S. M. & Eslami, B. (2010). Antihemolytic and antioxidant activities of *Allium paradoxum*. *Central European Journal of Biology*, 5(3), 338-345.
- Erdal, I., Ertek, A., Senyigit, U. & Yilmaz, H. I . (2009). Effects of different irrigation programs and nitrogen levels on nitrogen concentration, uptake and utilization in processing Tomatoes. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46(12), 1653-1660.
- Fallah, M., Delshad, M. & Sheikhi, H. (2021). The effects of cluster pruning and the K: N ratio on greenhouse Tomato yield and quality. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 62(5), 1-10.
- Farzaneh, M., Golchin, A. & Hashem Majd, K. (2009). *The effect of different levels of nitrogen and potassium on yield and quality of Tomato fruit in perlite culture medium*. Proceedings of the 11th Iranian Soil Science Congress, Gorgan, July 21-24. (In Persian)
- Ghorbani, D. A., Mashayekhi, K. & Kamkar, B. (2015). Effect of foliar application sucrose, boron, potassium nitrate and salicylic acid on yield and yield components of Tomato var. Super A. *Research in Crop Ecosystems*, 2(1), 43-52.
- Inthichack, P., Nishimura, Y. & Fukumoto, Y. (2012). Effect of potassium sources and rates on plant growth, mineral absorption, and the incidence of tip burn in Cabbage, Celery, and Lettuce. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 53(2), 135-142.
- Jia, H. J., Mizuguchi, K., Hirano, K. & Okamoto, G. (2006). Effect of fertilizer application level on pectin composition of Hakuho peach (*Prunus persica* Batsch) during maturation. *Horticultural Science*, 41(7), 1571-1575.
- Kaur, H., Bedi, S., Sethi, V. P. & Dhatt, A. S. (2018). Effects of substrate hydroponic systems and different N and K ratios on yield and quality of Tomato fruit. *Journal of Plant Nutrition*, 41(12), 1547-1554.
- Lester, G. E., Jifon, J. L. & Makus, D. J. (2010). Impact of potassium nutrition on postharvest fruit quality: Melon (*Cucumis melo* L) case study. *Plant and Soil*, 335(1), 117-131.
- Mardanluo, S., Souri, M. K. & Ahmadi, M. (2018). Plant growth and fruit quality of two Pepper cultivars under different potassium levels of nutrient solutions. *Journal of Plant Nutrition*, 41(12), 1604-1614.
- Preciado-Rangel, P., Troyo-Dieguez, E., Valdez-Aguilar, L. A., Garcia-Hernandez, J. L. & Luna-Ortega, J. G.

(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. & Manickam A. (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?. *Scientia Horticulturae*, 90(3-4), 193-208.
- Sweeney, J. P., Chapman, V. J. & Hepner, P. A. (1970). Sugar, acids and flavor in fresh fruit. *Journal of the American Dietetic Association*, 57, 432-435.
- Wojdyło, A., Oszmiański, J. & Czemerys, R. (2007). Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. *Food Chemistry*, 105(3), 940-949.
- Woznicki, T. L., Heide, O. M., Remberg, S. F. & Sonsteby, A. (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.). *Scientia Horticulturae*, 212, 148-154.
- Yousefi, S., Eshghi, S. & Atashi, H. (2019). *Fruit Quality Changes and Yield Components of Strawberry cv*. Camarosa in Responses to the Application of Potassium to Nitrogen Ratios in Soilless Culture.181-194. (In Persian)