Plant Prod., 2023, 46(1), 11-23
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2021.35144.1943
Received: 10 October 2020
Accepted: 17 February 2021

Plant Productions
Research Article

The effect of two hydroponic systems on physical, chemical and fruit yield of two greenhouse tomato cultivars

Mohammad Reza Fayezizadeh[1], Naser Alemzadeh Ansari[*2], Esmail Khaleghi[3], Mohammad Albaji[4]

1. Master student, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
2. Associate Professor, Department of Horticulture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
3. Associate Professor, Department of Horticulture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
4. Associate Professor, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

Citation: Fayezizadeh, M.R., Alemzadeh Ansari, N., Khaleghi, E., & Albaji, M. (2023). The effect of two hydroponic systems on physical, chemical and fruit yield of two greenhouse tomato cultivars. *Plant Productions*, 46(1), 11-23.

Abstract

Introduction

Tomato is an economical high value product which is used fresh or processed. Having compound such as fibers, vitamin A, vitamin B, lycopene, carotenoids, ascorbic acid and polyphenols in this product leads to prevent the cancer and cardiovascular diseases. Even though biosynthesis and accumulation of this biochemical matter in tomato fruit when growing is affected by the production conditions such as methods of production environmental factors and plant genetics. Tomatoes produced in a closed hydroponic system have better flavor and marketability. This research is done to show the affects to the physical and chemical characteristics and productivity of two greenhouse tomato cultivars in two open and closed systems.

Materials and Methods

In this research the effects of two open (drip) and closed (modified nutrient film technique) hydroponic systems on physical and chemical characteristics and productivity of two greenhouse tomato cultivars (V4-22 cultivar breaded in Shahid Chamran University of Ahvaz and Amira cultivar from Rijkzwaan company of Netherland) was studied as split plot based on a randomized complete block design with three replications in agricultural faculty of Shahid Chamran University of Ahvaz. The information gathered and correlation between characteristics were analyzed statically by MSTAT-C 1.2 software. To compare the means, Duncan's multi domain test in 5% level was used. Some of the quantitative and qualitative characteristics include productivity, fruit length, fruit diameter and fruit volume, fruit firmness, pH, titratable acidity, total soluble

* **Corresponding Author:** Naser Alemzadeh Ansari
E-mail: Ansari_n@scu.ac.ir

© 2023 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

solid, fruit dry matter, lycopene, fruit carotenoids, antioxidant capacity, polyphenols content, concentration of fruit elements such as potassium, sodium, calcium and magnesium were analyzed.

Results and Discussion

The results of the experiment showed that the most fruit length, fruit firmness, and calcium concentration were recorded in the plants cultivated in open system and the highest total soluble solid, lycopene, carotenoids and fruit sodium concentration were seen in the closed system. The most antioxidant capacity, polyphenols content, concentration of calcium and sodium were observed in Amira cultivar and the most titratable acidity was recognized in V4-22 cultivar. The maximum yield belonged to V4-22 cultivar (3847/29 g per plant) and minimum yield belonged to Amira cultivar (3648/70 g per plant). The interaction effect of hydroponic system and cultivar on concentration of magnesium and potassium in 1% level and dry matter in 5% level were significantly different. The correlation between Antioxidant capacity, fruit total soluble solids content, vitamin C, lycopene and polyphenols content with potassium concentration was positive and significant.

Conclusion

The results showed that V4-22 cultivar had higher yield than Amira cultivar and this is due to the adaptation of this cultivar to the environmental conditions of Ahvaz greenhouse. In this study, crop yield in both open and closed systems was not significantly different and the closed system increased the quality characteristics of fruit including total soluble solids, lycopene and carotenoids compared to the open system. This can be due to the most availability of nutrient solution in the closed system compared to the open system. The lowest capacity of antioxidant and total polyphenols were obtained in V4-22 cultivar. The decrease in production of these secondary metabolites indicates that this cultivar is more compatible with production conditions.

Keywords: Lycopene, Carotenoids, Antioxidant, polyphenols

تولیدات گیاهی، ۱۴۰۲، ۴۶(۱)، ۱۱-۲۳
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2021.35144.1943
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۹

تولیدات گیاهی

مقاله پژوهشی

تاثیر دو سیستم آبیاری بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میوه دو رقم گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای

محمدرضا فایضی‌زاده[۱]، ناصر عالم‌زاده انصاری[۲]*، اسمعیل خالقی[۳]، محمد الباجی[۴]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
۲. دانشیار، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
۳. دانشیار، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
۴. دانشیار، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

چکیده

تأثیر دو سامانه کشت بدون خاک باز (آبیاری قطره‌ای) و بسته (تکنیک جریان مواد غذایی تغییریافته) بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و عملکرد میوه دو رقم گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای (V۴-۲۲ و امیرا) طی سال ۱۳۹۸ در دانشگاه شهید چمران اهواز مورد مطالعه قرار گرفت. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصافی با سه تکرار به اجرا در آمد. نتایج آزمایش نشان داد که طول میوه، سفتی بافت و غلظت کلسیم میوه در سامانه کشت بدون خاک باز بهتر شد و مواد جامد محلول، لیکوپن، کاروتنوئید و غلظت سدیم میوه در سامانه کشت بدون خاک بسته بهتر بود. مقدار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و غلظت مواد فنولی و غلظت کلسیم و سدیم میوه در رقم امیرا بهتر بود و مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون در رقم V۴-۲۲ بهتر شد. محصول میوه در رقم V۴-۲۲ (۳۸۴۷/۲۸ گرم در بوته) نسبت به رقم امیرا (۳۶۴۸/۷۰ گرم در بوته) بهتر شد. اثر متقابل سامانه کشت بدون خاک و رقم بر غلظت پتاسیم و منیزیم میوه در سطح ۱ درصد و ماده خشک میوه در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری داشت. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه و پلی‌فنول کل با غلظت پتاسیم میوه همبستگی مثبت داشتند. براساس نتایج این آزمایش سامانه کشت بدون خاک بسته و رقم امیرا باعث افزایش کیفیت میوه گردید و رقم V۴-۲۲ باعث افزایش عملکرد درکشت گلخانه‌ای شد.

کلیدواژه‌ها: لیکوپن،کاروتنوئید، آنتی‌اکسیدان، پلی‌فنول

مقدمه

گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) محصولی از خانواده Solanaceae با ارزش اقتصادی بالا و تولید جهانی ۱۸۲ میلیون تن در سال ۲۰۱۹ است که به صورت تازه خوری یا فرآوری شده مورد استفاده قرار می‌گیرد (Marti et al., 2016; FAO, 2019). وجود ترکیباتی همچون فیبر، ویتامین A، C، لیکوپن، کاروتنوئیدها، اسید اسکوربیک و پلی‌فنل‌ها در این محصول سبب کاهش بیماری‌های قلبی و سرطان‌ها می‌شود

* **نویسنده مسئول:** ناصر عالم‌زاده انصاری
رایانامه: Ansari_n@scu.ac.ir

© 2023 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

(Zarei et al., 2020). با این وجود، بیوسنتز و تجمع این مواد بیوشیمیایی در میوه گوجه‌فرنگی تحت تأثیر شرایط تولید محصول از قبیل مدیریت تولید (آب آبیاری، نوع سامانه کشت بدون خاک، محیط رشد و تغذیه) و عوامل محیطی (نور، دما، رطوبت) و ژنتیک گیاه قرار می‌گیرد (Dorais et al., 2010; Dehnavard et al., 2017, Mardanluo et al., 2018).

جهت تولید گوجه‌فرنگی محدودیت هدایت الکتریکی را بین ۲-۵ (ds/m) ذکر کرده‌اند (Li et al., 2001). با افزایش غلظت محلول غذایی، میوه گوجه‌فرنگی تولید شده در سامانه بدون خاک طعم، مزه و بازار پسندی بهتری پیدا نمود (Azarmi and Chaparzadeh, 2018).

در تحقیقی بر سه سامانه کشت بدون خاک (سامانه کشت عمیق[1]، بستر پرلایت[2] و تکنیک جریان موادغذایی[3]) در تولید گوجه‌فرنگی نتیجه گرفتند، با افزایش غلظت محلول غذایی در سامانه تکنیک جریان مواد غذایی، مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون بیشتر شد و کیفیت میوه افزایش یافت (Rodriguez Ortega et al., 2019). در تحقیقی بر دو سامانه کشت بدون خاک باز و بسته، سامانه کشت بر خصوصیات کیفی میوه گوجه‌فرنگی مؤثر بود به‌طوری‌که در سیستم بسته سفتی میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول و عملکرد میوه بیشتر بود (Kaur et al., 2018). در مطالعه خصوصیات میوه گوجه‌فرنگی در سامانه کشت بدون خاک به این نتیجه رسیدند که، با افزایش غلظت محلول غذایی، مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون میوه افزایش یافت (Ahmad khan et al., 2017).

در تحقیقی بر اثر سه سامانه بدون خاک نتیجه گرفتند که، سامانه تکنیک جریان مواد غذایی دارای مقدار مواد جامد محلول و نسبت قند به اسید بهتری در بین سامانه‌های مورد آزمایش بود اما مقدار لیکوپن در این سامانه کمتر شد و عملکرد میوه گوجه‌فرنگی در هر سه سامانه (تکنیک جریان مواد غذایی، آبیاری قطره‌ای و سامانه شناور[4]) اختلافی نداشتند (Schmautz et al., 2016). در تحقیقی روی غلظت محلول غذایی بر خصوصیات کیفی میوه گوجه‌فرنگی نتیجه گرفتند که، با افزایش غلظت محلول غذایی از ۱/۸ به ۶ (ds/m) مواد جامد محلول میوه بدون کاهش عملکرد افزایش یافت (Johkan et al., 2014). در تحقیقی روی غلظت محلول غذایی برکیفیت میوه گوجه‌فرنگی در سامانه کشت بدون خاک به این نتیجه رسیدند که با افزایش غلظت محلول غذایی مقادیر لیکوپن، اسید اسکوربیک، محتوای فنول‌کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل در میوه گوجه‌فرنگی افزایش یافت (Moya et al., 2017). نتایج مشابهی با افزایش غلظت محلول غذایی در اثر کاربرد نمک پتاسیم در محلول غذایی در گیاه فلفل و توت‌فرنگی مشاهده گردید (Tohidloo et al., 2018; Mardanlue et al., 2018). هدف از این تحقیق بررسی تأثیر دو سامانه کشت بدون خاک باز و بسته بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و عملکرد محصول دو رقم گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای بود که در دانشگاه شهید چمران اهواز انجام گردید.

مواد و روش‌ها

اثر دو سامانه کشت بدون خاک باز و بسته (آبیاری قطره‌ای و تکنیک جریان مواد غذایی تغییر یافته) بر دو رقم گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای (۲۲-۷۴ و امیرا) بررسی شد. این آزمایشی در پاییز ۱۳۹۸ در دانشگاه شهید چمران اهواز به صورت کرت‌های خرد شد. کرت اصلی سامانه‌های کشت بدون خاک و کرت فرعی ارقام گوجه‌فرنگی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصافی با سه تکرار به اجرا درآمد. کشت بذور گوجه‌فرنگی در ۱ مهر ماه سال ۱۳۹۸ در سینی کاشت صورت گرفت و انتقال نشاء ۲۸ مهر ۱۳۹۸ به دو سامانه کشت بدون خاک باز و بسته انجام شد. رقم امیرا اصلاح شده در کشور هلند و از شرکت سپاهان رویش اصفهان (نماینده شرکت رکزوان هلند) تهیه گردید. این هیبرید دارای رشد نامحدود، زودرس، پر بار، ماندگاری خوب، میوه‌های به رنگ قرمزو براق داشت. رقم گوجه‌فرنگی اصلاح شده در گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز دارای رشد فشرده، نامحدود، زودرس، پر بار، ماندگاری خوب، میوه به رنگ قرمز و وزن میوه ۱۴۰-۱۲۰ گرم بود. عملیات داشت شامل حذف شاخه‌های جانبی، تنک میوه (نگهداری ۶-۵ میوه در هر خوشه) و مبارزه با آفات سفید بالک و شبپره مینوز بصورت فیزیکی و با استفاده از تله کارت زرد حشرات صورت گرفت. بعد از رنگ‌گیری و رسیدن میوه، برداشت به صورت هر دو هفته یکبار تا خوشه هفتم انجام گرفت و برای انجام آزمایشات از میوه‌های خوشه سوم استفاده گردید.

در سامانه کشت بدون خاک بسته محلول غذایی دارای حجم ثابت در گلدان‌ها بوده و به صورت تمام وقت در طول شبانه روز جریان داشت. در طول دوره کشت محلول غذایی در

1. Deep flow technique
2. Perlite substrate
3. Nutrient film technique
4. Floating raft culture

سامانه بسته از طریق تنظیم هدایت الکتریکی (در رنج گزارش شده) بازیابی شده و دوباره مورد استفاده قرار می‌گرفت. در سامانه کشت بدون خاک باز محلول غذایی توسط لوله و قطره چکان‌ها با استفاده از ساعت فرمان از ساعت ۸ صبح الی ۱۸ عصر بصورت روزانه به پای بوته منتقل می‌گردید. آبیاری از ابتدای طرح با ۱۵۰ میلی‌لیتر در روز در سامانه کشت بدون خاک باز شروع گردید و تا انتها این مقدار به ۱۸۰۰ میلی‌لیتر در روز رسید. دبی قطره چکان‌ها در سامانه کشت بدون خاک باز ۱۰۰ میلی‌لیتر در دقیقه تنظیم شد. بستر کشت در سامانه کشت بدون خاک باز (۵۰٪ کوکوپیت+ ۵۰٪ پرلایت) بوده و سامانه کشت بدون خاک بسته بدون بستر کشت بود. در هر دو سامانه کشت گلدان‌ها با فاصله بین بوته ۲۸ سانتی‌متر و فاصله ردیف ۱۰۰ سانتی‌متر قرار گرفتند (شکل ۱). برای تغذیه گیاهان از محلول غذایی رش (Resh, 2013) استفاده شد (جدول ۱). پس از تهیه محلول غذایی، EC و pH محلول غذایی در سامانه کشت بدون خاک بسته و باز با استفاده از هدایت سنج دیجیتال دستی و پی‌اچ متر تنظیم شدند. EC محلول غذایی در سامانه باز با توجه به یکبار مصرفی محلول ۳/۲ (ds/m) و در سامانه بسته در رنج ۴/۶-۲/۶ (ds/m) متغیر بود.

کاروتنوئید کل میوه در طول موج ۴۵۰ نانومتر (بر مبنای بتا-کاروتن) به صورت میلی‌گرم در صد گرم وزن میوه با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

Carotenoids= (1000(A470)−1.8(chl a)−58.2(chl b)) /198

اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه از روش (Guo et al., 2003) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر صورت گرفت. میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۹۳ نانومتر قرائت گردید. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از منحنی استاندارد سولفات آهن (بر حسب میلی‌مول آهنII بر گرم وزن تازه میوه) گزارش گردید (y=0/7713x+ 4/0392، R^2 = 0/9857). برای اندازه‌گیری مواد فنولی میوه از روش فولین سیوکالتو استفاده شد (Benzie and Strain, 1996). میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۲۵ نانومتر قرائت گردید. با استفاده از منحنی استاندارد گالیک اسید میزان غلظت مواد فنولی میوه (بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم) محاسبه گردید (y=0/1039x+ 6/3265، R^2= 0/977). مقدار سدیم و پتاسیم نمونه‌ها با دستگاه فلیم‌فتومتر (JENWAY-PFP7) ساخت کشور انگلیس قرائت شدند. مقدار منیزیم و کلسیم نیز با روش تیتراسیون اندازه‌گیری گردید (Tahmasebi et al., 2010).

Figure 1. Closed hydroponic system (A), Open hydroponic system (B).

A

B

Table 1. Rush (2013) nutrient solution

High Consumption element	Elements Consumption (ppm)	Low Consumption element	Elements Consumption (ppm)
N	140	Mn	0.8
P	50	Cu	0.07
K	325	Zn	0.1
Mg	50	B	0.3
Ca	180	Mo	0.03
S	168	Fe	2

اطلاعات برداشت شده با استفاده از نرم افزار MSTAT-C 1.2 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد استفاده شد و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد محصول

اثر ساده رقم بر عملکرد بوته گوجه‌فرنگی اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد نشان داد. اما تیمار سامانه کشت بدون خاک

و تأثیر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد. عملکرد میوه در رقم۲۲-V۴ (۳۸۷۴/۲۹ گرم در بوته) نسبت به رقم امیرا (۳۶۴۸/۷۰ گرم در بوته) بهتر شد (جدول ۲). این یافته‌ها با نتایج Zaller (2007) و Schmautz et al., (2016) که نتیجه گرفتند، عملکرد میوه گوجه‌فرنگی در سه سامانه بدون خاک (تکنیک جریان مواد غذایی، آبیاری قطره‌ای و سامانه شناور) اختلافی نداشت، مطابقت داشت. در سامانه‌های بدون خاک بین عملکرد ارقام مختلف تفاوت وجود دارد و این تفاوت می‌تواند بر اثر خصوصیات ژنتیکی هر رقم باشد. عملکرد میوه با سفتی میوه (*0.61-)، وزن خشک میوه (**0.71-)، مواد جامد محلول (*0.70-)، لیکوپن میوه (**0.83-) و کاروتنوئید میوه (**0.84-) رابطه منفی و معنی‌داری داشت. در این نتایج همبستگی مثبت و معنی داری بین عملکرد میوه با ارتفاع میوه (*0.65) و کلسیم میوه (**0.83) مشاهده گردید (جدول ۳).

قطر، حجم، ویتامین ث و pH

اثر سامانه کشت بدون خاک، اثر رقم و اثر متقابل سامانه کشت بدون خاک و رقم بر قطر، حجم، ویتامین ث و pH میوه از نظر آماری اثر معنی‌داری نداشت.

طول میوه

اثر ساده سامانه کشت بدون خاک بر طول میوه در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ایجاد کرد و اثر ساده رقم و برهمکنش رقم و سامانه کشت بدون خاک بر طول میوه اثر نداشت. طول میوه در سامانه کشت بدون خاک باز (۴/۷۳ سانتی‌متر) نسبت به سامانه کشت بدون خاک بسته (۴/۵۴ سانتی‌متر) بهتر شد (جدول ۲). یافته‌ها با نتایج Rodriguez-Ortega et al., (2017) و Shongwe et al., (2019) مطابقت دارد. آن‌ها بیان کردند که طول میوه گوجه‌فرنگی در سامانه‌های بدون خاک بسته به دلیل اینکه جذب آب از ریشه به میوه‌ها با تجمع زیاد یون‌ها و شرایط اسمزی که محلول غذایی ایجاد می‌کند با کاهش روبه‌رو شده و با توجه به اینکه حدود ۹۳ درصد بافت میوه گوجه‌فرنگی از آب تشکیل شده، شوری محلول غذایی باعث کاهش طول میوه می‌شود.

سفتی بافت میوه

اثر ساده سیستم آبیاری برسفتی بافت میوه اختلاف معنی-داری را در سطح ۵ درصد نشان می‌دهد، اما اثر ساده رقم و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد. سفتی بافت میوه در سامانه کشت بدون خاک باز (۴۵/۹۹ نیوتن) نسبت به سامانه کشت بدون خاک بسته (۳۶/۵۶ نیوتن) بهتر شد (جدول ۲). یافته‌ها با نتایج Saito et al., (2008) و Rodriguez-Ortega et al., (2019) مطابقت دارد. آن‌ها بیان کردند که افزایش غلظت محلول غذایی در سامانه کشت بدون خاک بسته می‌تواند بر استحکام و و سفتی میوه از طریق کاهش جذب کلسیم(Ca^{2+}) اثر بگذارد، این امر می‌تواند ناشی از کاهش تعرق و کاهش فعالیت آوند چوبی و کاهش انتقال کلسیم در گیاه باشد. در افزایش فعالیت آنزیم پکتین‌متیل‌استراز، یون‌هایی مانند کلسیم دخیل هستند. این عنصر با زنجیره متیل- پکتین ساختاری را تشکیل می‌دهد که باعث افزایش استحکام، در بافت‌های گیاهی می‌گردد (Whitaker, 1991).

ماده خشک میوه

اثر ساده سامانه کشت بدون خاک و اثر ساده رقم و اثر متقابل آن‌ها بر وزن خشک میوه اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشت. درصد وزن خشک میوه در رقم امیرا در سامانه کشت بدون خاک بسته (۸/۵۳ درصد) نسبت به رقم امیرا در سامانه کشت بدون خاک باز (۵/۰۷ درصد) بهتر شد (جدول ۲). نتایج تحقیق با نتایج Saito et al., (2008) مطابقت دارد. آن‌ها بیان کردند که افزایش غلظت محلول غذایی در سامانه کشت بدون خاک بسته باعث کاهش انتقال مواد آسیمیله از برگ‌ها به میوه گردید درحالی که افزایش درصد ماده خشک میوه را به همراه داشت. Romero-Aranda et al., (2001) بیان کردند، به دلیل بالا رفتن غلظت محلول غذایی در سامانه کشت بدون خاک بسته، میزان هدایت روزنه‌ای و تعرق گیاهان کاهش یافته و باعث کاهش جذب آب توسط میوه شده و ماده خشک میوه افزایش می‌یابد که در نهایت موجب بهبود کیفیت میوه می‌گردد.

Table 2. The effect of two hydroponic systems on the yield and physical characteristics of two tomato cultivars.

Treatment	Yield (g)	Fruit height (cm)	Fruit firmness (N)	Dry matter (%)
Hydroponic system				
Open system	4205.08 a	4.73 a	45.99 a	5.12 b
Close system	3317.91 a	4.54 b	36.56 b	7.50 a
Cultivar				
V4-22	3874.29 a	4.61 a	42.17 a	5.83 b
Amira	3648.70 b	4.67 a	40.39 a	6.80 a
System× Cultivar				
Open× V4-22	4337.25 a	4.66 a	47.72 a	5.18 b
Open× Amira	4072.91 a	4.81 a	44.26 a	5.07 b
Close× V4-22	3411.33 a	4.56 a	36.61 a	6.47 b
Close× Amira	3224.50 a	4.53 a	36.51 a	8.53 a
C.V %	2.47	2.91	12.28	7.63

Mean followed by similar letters in each column, are not significantly different at the 5% level of probability.

Table 3. Correlation coefficient* between studied parameters.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1 5	16	17
1	1																
2	0.03	1															
3	0.53	0.01	1														
4	0.65*	0.28	0.49	1													
5	-0.61*	0.18	-0.39	-0.10	1												
6	-0.35	-0.05	0.01	-0.16	0.12	1											
7	0.22	0.13	0.06	-0.31	-0.30	-0.16	1										
8	-0.70*	-0.16	-0.24	-0.48	0.39	0.84**	-0.13	1									
9	0.19	-0.35	0.01	-0.24	-0.59*	0.23	0.03	0.10	1								
10	-0.83**	0.12	-0.38	-0.58*	0.49	0.54	0.07	0.83**	-0.01	1							
11	-0.71**	-0.24	-0.56	-0.55	0.30	0.68*	-0.27	0.87**	0.30	0.73**	1						
12	-0.40	-0.24	-0.23	0.09	0.37	0.36	-0.85**	0.42	0.15	0.21	0.56	1					
13	-0.32	-0.28	-0.16	0.14	0.21	0.38	-0.82**	0.35	0.21	0.11	0.49	0.97**	1				
14	-0.90**	-0.15	-0.48	-0.54	0.61*	0.57	-0.43	0.81**	-0.01	0.75**	0.82**	0.65*	0.57*	1			
15	0.56	0.13	0.28	0.48	-0.28	-0.50	-0.21	-0.68*	0.10	-0.72**	-0.57*	0.13	0.20	-0.43	1		
16	0.83**	0.02	0.41	0.69*	-0.54	-0.54	-0.05	-0.81**	0.13	-0.87**	-0.71**	-0.08	0.03	-0.75**	0.85**	1	
17	-0.69*	0.07	-0.29	-0.69*	0.50	0.49	0.27	0.70**	-0.20	0.78**	0.51	-0.15	-0.25	0.60*	-0.79**	-0.94**	1

**: Correlation is significant at the 0.01 level, *. Correlation is significant at the 0.05 level. N=12, 1-Yield (g), 2- fruit volume (cm^3), 3-Fruit diameter (cm), 4- Fruit height (cm), 5- Fruit firmness (N), 6-pH, 7- Titratable acidity (mg Citric acid/100g Fw), 8-Total soluble solids content (% Brix), 9- Vitamin C (mg/100 g Fw), 10- Lycopene (mg/kg), 11- Fruit dry matter (%), 12- Antioxidant capacity (mmol feII/g), 13- Polyphenol contents (mg galic acid/kg), 14- Fruit-K (mg/g), 15- Fruit-Na (mg/g), 16-Fruit-Ca (mg/g), 17- Fruit-Mg (mg/g).

اسیدیته قابل تیتراسیون

اثر ساده رقم بر اسیدیته قابل تیتراسیون میوه گوجه‌فرنگی در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ایجاد کرد، اما اثر ساده سامانه کشت بدون خاک و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد. اسیدیته قابل تیتراسیون در رقم V۴-۲۲ و رقم امیرا به ترتیب (۱۰۸/۱۲ و ۸۶/۳۴ میلی‌گرم اسید سیتریک در ۱۰۰ گرم وزن میوه) به دست آمد و در رقم V۴-۲۲ بهتر شد (جدول ۴). Bucheli et al., (1999) در مطالعه خصوصیات بیوشیمیایی میوه ۳۶ رقم گوجه‌فرنگی تجاری نشان دادند که، اسید سیتریک در گوجه‌فرنگی وابسته به رقم می‌باشد.

مواد جامد محلول(TSS)

اثر ساده سامانه کشت بدون خاک بر مواد جامد محلول در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی‌داری نشان داد، اما اثر ساده رقم و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد. مواد جامد محلول در

میوه‌های سامانه کشت بدون خاک بسته با ۷/۱۰ درصد بریکس نسبت به سامانه کشت بدون خاک باز ۴/۵۲ درصد بریکس بهتر شد (جدول ۴).

Table 4. The effect of two hydroponic systems on the biochemical characteristics of fruit of two tomato cultivars.

Treatment	TA (mg/100g tissue)	TSS (Brix)	Lycopene (mg/kg)	Carotenoids (mg/100g)	Ac (mm feII/g)	Pc (mg galic acid/kg)
Hydroponic system						
Open system	98.83[a]	4.52[b]	19.61[b]	3.34[b]	5.03[a]	980.45[a]
Close system	95.63[a]	7.10[a]	22.17[a]	3.77[a]	6.15[a]	1122.05[a]
Cultivar						
V4-22	108.12[a]	5.67[a]	20.92[a]	3.56[a]	3.87[b]	696.70[b]
Amira	86.34[b]	5.95[a]	20.86[a]	3.55[a]	7.31[a]	1405.79[a]
System× Cultivar						
Open× V4-22	111.96[a]	4.68[a]	19.57[a]	3.33[a]	3.52[a]	656.63[a]
Open× Amira	85.70[a]	4.36[a]	19.66[a]	3.34[a]	6.54[a]	1304.27[a]
Close× V4-22	104.28[a]	6.66[a]	22.27[a]	3.79[a]	4.22[a]	736.78[a]
Close× Amira	86.99[a]	7.55[a]	22.07[a]	3.76[a]	8.07[a]	1507.32[a]
C.V %	10.41	16.54	4.78	4.77	12.95	12.11

Mean followed by similar letters in each column, are not significantly different at the 5% level of probability.

افزایش غلظت محلول غذایی باعث کاهش جذب آب توسط میوه شده و همچنین به دلیل فعال شدن آنزیم‌های هیدرولیز کننده‌ی ساکارز، مواد جامد محلول میوه گوجه‌فرنگی در سامانه کشت بدون خاک بسته افزایش می‌یابد (Johkan et al., 2014; Saito et al., 2008). افزایش سطح املاح آلی، قندها و اسیدهای آلی در شرایط بالا رفتن غلظت محلول غذایی به دلیل این است که گیاهان خود را از نظر اسمزی تنظیم می‌کنند. اثر اسمزی افزایش غلظت محلول همراه با کمبود آب می‌تواند باعث تغلیظ مواد جامد محلول در این گیاهان شود (Rodriguez-Ortega et al., 2019). مواد جامد محلول همبستگی مثبت و معنی‌داری با درصد ماده خشک ($r=0.87^{**}$) داشت. سامانه کشت بدون خاک بسته موجب افزایش درصد ماده خشک میوه و افزایش مواد جامد محلول میوه گردید که می‌تواند ناشی از کاهش جذب آب توسط میوه‌ها باشد (Chen et al., 2013).

مقدار لیکوپن

اثر ساده سامانه کشت بدون خاک بر مقدار لیکوپن در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود، درحالی‌که اثر ساده رقم و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد. مقدار لیکوپن در سامانه کشت بدون خاک بسته (۲۲/۱۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) نسبت به سامانه کشت بدون خاک باز (۱۹/۶۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) بهتر شد (جدول ۵). یافته‌ها با نتایج Saito et al., (2008) و Wang et al., (2019) مطابقت دارد. آن‌ها بیان کردند که افزایش غلظت محلول غذایی در سامانه کشت بدون خاک بسته موجب افزایش مقدار لیکوپن میوه می‌شود. لیکوپن همبستگی مثبت و معنی‌داری با پتاسیم ($r=0.75^{**}$) و همبستگی منفی با کلسیم ($r=-0.87^{**}$) داشت. Fanasca et al., (2006) نیز گزارش کردند، تیمار کلسیم سبب کاهش لیکوپن و تیمار پتاسیم باعث افزایش لیکوپن می‌گردد؛ چرا که کلسیم بر بیوسنتز اتیلن، تأثیر گذاشته و فرآیند رسیدن و رنگ‌گیری میوه را به تعویق می‌اندازد و پتاسیم در سنتز کاروتنوئیدها نقش دارد. پتاسیم به طور قابل توجهی بر غلظت لیکوپن در میوه‌های گوجه فرنگی تأثیر می‌گذارد. این عنصر نقش مهمی در کوفاکتورهای آنزیمی دارد که در متابولیسم فیتوئن و فیتوفلوئن، که پیش ماده اساسی در بیوسنتز لیکوپن هستند شرکت می‌کند (Koleska et al., 2017).

کاروتنوئید میوه

اثر ساده سامانه کشت بدون خاک بر مقدار کاروتنوئید میوه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود، اما اثر ساده رقم و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد. مقدار کاروتنوئید در سامانه کشت بدون خاک بسته (۳/۷۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) نسبت به سامانه کشت بدون خاک باز (۳/۳۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) بهتر شد (جدول ۴).

Table 5. The effect of two hydroponic systems on the nutrients of fruit of two tomato cultivars.

Treatment	K (mg/g)	Na (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)
Hydroponic system				
Open system	45.74[b]	6.16[a]	71.90[a]	31.00[b]
Close system	53.77[a]	3.88[b]	47.20[b]	47.80[a]
Cultivar				
V4-22	47.88[b]	4.48[b]	56.80[b]	43.80[a]
Amira	51.63[a]	5.56[a]	62.30[a]	35.00[b]
System× Cultivar				
Open× V4-22	44.14[d]	5.65[a]	69.20[a]	35.00[c]
Open× Amira	47.35[c]	6.67[a]	74.60[a]	27.00[d]
Close× V4-22	51.63[b]	3.32[a]	44.40[a]	52.60[a]
Close× Amira	55.91[a]	4.54[a]	50.00[a]	43.00[b]
C.V %	0.64	10.37	0.22	0.49

Mean followed by similar letters in each column, are not significantly different at the 5% level of probability.

یافته‌ها با نتایج Saito et al., (2008) مطابقت دارد. آن‌ها بیان کردند که میزان کاروتنوئید در میوه گوجه‌فرنگی با افزایش غلظت محلول غذایی بیشتر شد. این امر به دلیل بیان ژن Psy1 است که تنظیم کننده تولید کاروتنوئید در گوجه‌فرنگی می‌باشد. با افزایش غلظت محلول غذایی بیان ژن در میوه گوجه‌فرنگی بیشتر گردید.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

اثر ساده رقم بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد، اما اثر ساده سامانه کشت بدون خاک و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد. میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در میوه‌های رقم امیرا (۷/۳۱ میلی‌مول آهن II بر گرم وزن تازه) نسبت به میوه‌های رقم V۴-۲۲ (۳/۸۷ میلی‌مول آهن II بر گرم وزن تازه) بهتر بود (جدول ۳). به دلیل وجود ترکیب آنتی‌اکسیدانی متفاوت (ترکیبات فنولیک، ویتامینC، کاروتنوئیدها) برای هر رقم، ممکن است بین ارقام مختلف گوجه‌فرنگی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی متفاوت باشد (Antolinos et al., 2020).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی دارای همبستگی شدید و مثبت با پلی‌فنول کل ($r=0.97^{**}$) می‌باشد که می‌تواند افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در رقم امیرا را تأیید کند که با نتایج (Antolinos et al., 2020) مطابقت دارد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی با غلظت پتاسیم میوه ($r=0.65^{*}$) دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۵ درصد بود. این همبستگی مثبت منجر به حفظ هموستازی سلول و سازگاری گیاهان در شرایط فشار تنش اسمزی در سامانه کشت بدون خاک بسته می‌شود (Koleska et al., 2017).

پلی فنول کل

اثر ساده رقم بر میزان پلی‌فنل کل در سطح ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌داری شد، اما اثر ساده سامانه کشت بدون خاک و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد. میزان مواد فنولی در میوه رقم امیرا (۱۴۰۵/۷۹ میلی‌گرم در کیلوگرم) نسبت به میوه‌های رقم V۴-۲۲ (۶۹۶/۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) بهتر شد (جدول ۴). اسیدهای کلروژنیک و ترکیبات مرتبط با آن (اسید فرولیک و اسید کافئیک) ترکیبات فنولی اصلی در کنار فلاونوئیدها (عمدتاً نارینجنین و کوئرستین) موجود در گوجه‌فرنگی هستند و چنین محتویات فنلی ممکن است بسته به رقم گوجه‌فرنگی بسیار متفاوت باشند (Antolinos et al., 2020). بالابودن پلی‌فنول کل در رقم امیرا نشان دهنده حساسیت بالای این رقم به سامانه کشت بدون خاک بسته می‌باشد و رقم V۴-۲۲ سازگاری

بیشتری با این سامانه داشته است. کشت گیاه در سامانه کشت بدون خاک بسته امکان استفاده مؤثر از آب را فراهم می‌کند، که ممکن است به معنای برخی از تنش‌های آبی برای گیاه باشد. بر این اساس، گوجه‌فرنگی که در تنش آبی رشد می‌کند دارای پلی‌فنول بالاتر می‌باشد (Klunklin et al., 2017). پلی‌فنول کل همبستگی مثبت و معنی‌داری با پتاسیم ($r=0.57^{*}$) داشت. در تحقیقی دیگر با افزایش غلظت پتاسیم محتوای پلی‌فنول کل در میوه گوجه‌فرنگی افزایش یافت (Heimler et al., 2017).

کلسیم

اثر ساده سامانه کشت بدون خاک و رقم دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر غلظت کلسیم میوه گوجه‌فرنگی شد و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد. غلظت کلسیم میوه در سامانه کشت بدون خاک باز (۷۱/۹۰ میلی‌گرم برگرم) نسبت به سامانه کشت بدون خاک بسته (۴۷/۲۰ میلی‌گرم برگرم) بهتر شد. غلظت کلسیم میوه گوجه‌فرنگی در رقم امیرا (۶۲/۳۰ میلی‌گرم بر گرم) نسبت به رقم V۴-۲۲ (۵۶/۸۰ میلی‌گرم برگرم) بهتر شد (جدول ۵). به خوبی شناخته شده است که کلسیم از طریق سامانه تعرق در آوند چوبی حرکت می‌کند، که با اثر اسمزی شوری در ناحیه ریشه، تعرق کم شده و انتقال کلسیم به میوه کاهش یافته است (Saleh et al., 2019). مقاومت هیدرولیکی در مسیر بین ساقه و میوه در شرایط افزایش غلظت محلول غذایی بالا می‌رود، در نتیجه میزان انتقال آب و کلسیم به میوه از طریق آوند چوبی کاهش یافته و با سرعت پایینی انجام می‌شود (Malon and Andrews, 2001).

پتاسیم

اثر ساده سامانه کشت بدون خاک و اثر ساده رقم بر غلظت عنصر پتاسیم میوه در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری ایجاد کرد و همچنین اثر متقابل سامانه کشت بدون خاک و رقم در سطح ۵ درصد بر غلظت پتاسیم میوه اختلاف معنی‌داری داشت. غلظت پتاسیم در میوه‌های رقم امیرا در سامانه کشت بدون خاک باز (۵۵/۹۱ میلی‌گرم برگرم) نسبت به غلظت پتاسیم در رقم V۴-۲۲ در سامانه کشت بدون خاک بسته (۴۴/۱۴ میلی-گرم برگرم) بهتر بود (جدول ۵). نتایج این بخش از تحقیق با گزارش Saleh et al., (2019) و Layegh et al., (2009) مطابقت دارد. آن‌ها نتیجه گرفتند که با افزایش غلظت محلول غذایی جذب پتاسیم با کاهش روبه‌رو می‌شود. یکی از پاسخ‌های اصلی گیاه به افزایش غلظت محلول غذایی، کاهش غلظت پتاسیم و جایگزینی سدیم در بافت‌های گیاهی است و بنابراین این جایگزینی ممکن است منجر به عدم تعادل عناصر غذایی شود. مقدار جذب عناصر غذایی تحت تأثیر تعادل بین غلظت این عناصر در محلول‌غذایی و یا محلول خاک و اپتیمم شرایط فیزیولوژیکی گیاه دارد که در سامانه‌های بسته عامل اصلی برای حفظ یک تغذیه بهینه در گیاه است (Souri and Hatamian, 2019; Ahmadi and Souri, 2018). کاهش مقادیر پتاسیم میوه، رابطه تنگاتنگی با اثرات آنتاگونیستی بین عناصر سدیم و پتاسیم دارد. افزایش مقدار سدیم می‌تواند باعث کاهش جذب پتاسیم شود. البته کاهش پتانسیل آب ناشی از افزایش غلظت محلول غذایی در سامانه بسته در محیط کشت ریشه نیز به عنوان عامل ثانوی در کاهش جذب پتاسیم مؤثر است (Layegh et al., 2009).

سدیم

اثر ساده سامانه کشت بدون خاک و رقم بر غلظت سدیم میوه در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ایجاد کرد، اما اثر متقابل آن‌ها اختلاف معنی‌داری ایجاد نکرد. غلظت سدیم در سامانه کشت بدون خاک بسته (۶/۱۶ میلی‌گرم برگرم) نسبت به سامانه کشت بدون خاک باز (۳/۸۸ میلی‌گرم برگرم) بهتر شد (جدول ۵). غلظت سدیم میوه گوجه‌فرنگی در رقم امیرا (۵/۵۶ میلی‌گرم برگرم) نسبت به رقم V۴-۲۲ (۴/۴۸ میلی‌گرم برگرم) بهتر شد (جدول ۵). یافته‌های تحقیق با نتایج (Zhang et al., 2016) و Saleh et al., (2019) مطابقت دارد. آن‌ها گزارش کردند با افزایش غلظت محلول غذایی جذب سدیم میوه بیشتر می‌شود و این افزایش یون سدیم مکانیسمی جهت پاسخ‌گویی به کاهش پتانسیل اسمزی آب سامانه بدون خاک بسته در این شرایط است و در تنظیم پتانسیل اسمزی نقش مؤثری دارد.

منیزیم

اثر ساده سامانه کشت بدون خاک، رقم و برهمکنش سامانه کشت بدون خاک و رقم بر غلظت منیزیم میوه گوجه‌فرنگی در سطح ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌داری شد. غلظت منیزیم در رقم V۴-۲ در سامانه کشت بدون خاک بسته (۵۲ میلی‌گرم برگرم) نسبت به رقم امیرا در سامانه کشت بدون خاک باز (۲۷ میلی‌گرم برگرم) بهتر شد (جدول ۵). یافته‌های این بخش از تحقیق با نتایج Hao and Papadopoulos (2002) و Mazlomi et al., (2011) مطابقت دارد. آن‌ها بیان کردند در سامانه کشت بدون خاک بسته جذب منیزیم میوه افزایش و جذب پتاسیم میوه کاهش یافت. مهم‌ترین دلیل کاهش جذب منیزیم در سامانه کشت بدون خاک باز، ایجاد رابطه آنتاگونیستی بین این

عنصر و کاتیون‌های سدیم و کلسیم می‌باشد. برخی بی‌نظمی‌های غذایی در شرایط افزایش غلظت محلول غذایی مثل بالا رفتن نسبت سدیم به کلسیم و سدیم به پتاسیم قابل انتظار است و میزان سدیم در اندام‌های گیاهی افزایش یافته و تجمع می‌یابد. کلسیم همبستگی منفی و معنی‌داری با منیزیم($r=-0.94^{**}$) داشت. عامل دیگر در افزایش غلظت منیزیم میوه در سامانه کشت بدون خاک بسته ایجاد رابطه آنتاگونیستی با کلسیم بوده که موجب افزایش جذب منیزیم در سامانه کشت بدون خاک بسته شده است.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش نشان دادند که سامانه کشت بدون خاک بسته موجب افزایش خصوصیات کیفی میوه شامل غلظت مواد جامد محلول، ماده خشک، لیکوپن و کاروتنوئید میوه گوجه‌فرنگی شد و از این نظر سامانه جایگزین مناسبی برای سامانه کشت بدون خاک باز می‌باشد. میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه و غلظت مواد فنولی در رقم امیرا و عملکرد میوه در رقم V۴-۲۲ بهتر شد. رقم امیرا در خصوص صفات کیفی میوه شامل وزن خشک میوه، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، پلی‌فنول کل و غلظت عناصر پتاسیم، کلسیم، و سدیم نسبت به رقم V۴-۲۲ برتری داشت.

سپاس‌گزاری

بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشکده و دانشگاه شهید چمران جهت فراهم آوردن امکانات این تحقیق تقدیر و تشکر می‌شود و از شرکت سپاهان رویش اصفهان (نماینده شرکت رکزوان هلند) جهت اهدا بذر امیرا سپاسگزاری می‌گردد.

References

Ahmad khan, M., Shahid Javed, B., Ahmed Khan, K., Nadeem, F., Yousaf, B., & Umer Javed, H. 2017. Morphological and physicobiochemical characterization of various tomato cultivars in a simplified soilless media. *Annals of Agricultural Sciences*, 62, 139-143.

Ahmadi, M., & Souri, M.K. 2018. Growth and mineral elements of coriander (*Corianderum sativum* L.) plants under mild salinity with different salts. *Acta Physiologia Plantarum*, 40, 94-99.

Antolinos, V., Sanchez-Martinez, M.J., Maestre-Valero, J.F., Lopez-Gomez, A., & Martinez-Hernandez, G.B. 2020. Effects of Irrigation with Desalinated Seawater and Hydroponic System on Tomato Quality. *Water*, 12(2), 518.

Azarmi, R., & Chaparzadeh, N. 2018. The Effect of Salinity and Fruit Ripening Stage on Some Quantitative and Quantitative Characteristics of Tomato in Hydroponics. *Plant Productions*, 41(2), 91-102. [In Persian]

Benzie, I.F., & Strain, J.J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, 239(1), 70-76.

Bucheli, P., Voirol, E., Dela Torre, R., Lopez, J., Rytz, A., Tanksley, S.D., & Petiard, V.1999. Definition of nonvolatilemarkers for flavor of tomato (*Lycopersicon esculentumMill.*) as tools inselection and breeding. *Journal of agricultural and food chemistry*, 47(2), 659-664.

Chen, J., Kang, S., Du, T., Qiu, R., Guo, P., & Chen, R. 2013. Quantitative response of greenhouse tomato yield and quality to water deficit at different growth stages. *Agricultural water management*, 129, 152-162.

Dalvand, S., Alamzadeh Ansari, N., & Mortazavi, M.H. 2015. Effect of soilless substrates on fruit quality of four greenhouse tomato cultivars. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 17(4), 388-377. [In Persian]

Dehnavard, S., Souri, M.K., & Mardanlu, S. 2017. Tomato growth responses to foliar application of ammonium sulfate in hydroponic culture. *Journal of Plant Nutrition*, 40(3), 315-323.

Dorais, M., & Pepin, S. 2010. Soil oxygenation effects on growth, yield and nutrition of organic greenhouse tomato crops. In I International Conference on Organic Greenhouse Horticulture, 915, 91-99.

Fanasca, S., Colla, G., Rouphael, Y., Saccardo, F., Maiani, G., Venneria, E., & Azzini, E. 2006. Evolution of nutritional value of two tomato genotypes grown in soilless culture as affected by macrocation proportions. *HortScience*, 41(7), 1584 -1588.

FAO. 2019. Statistical database of the FAO. faostat [Electronic version]. Available: http: //faostat. fao.org/site/339/default. aspx. Access date: 2/1/2020.

Guo, C., Yang, J., Wei, J., Li, Y., Xu, J., & Jiang, Y. 2003. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition research*, 23(12), 1719-1726.

Hao, X., & Papadopoulos, A.P. 2002. Growth, photosynthesis and productivity of greenhouse tomato cultivated in open or closed Rockwool systems. *Canadian journal of plant science*, 82(4), 771-780.

Heimler, D., Romani, A., & Ieri, F. 2017. Plant polyphenol content, soil fertilization and agricultural management: a review. *European Food Research and Technology*, 243(7), 1107-1115.

Hernandez, Y., Lobo, M.G., & Gonzalez, M. 2006. Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods. *Food chemistry*, 96(4), 654-664.

Johkan, M., Nagatsuka, A., Yoshitomi, A., Nakagawa, T., Maruo, T., Tsukagoshi, S., & Shinohara, Y. 2014. Effect of moderate salinity stress on the sugar concentration and fruit yield in single-truss, high-density tomato production system. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, CH-096, 1-6.

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.

Klunklin, W., & Savage, G. 2017. Effect on quality characteristics of tomatoes grown under well-watered and drought stress conditions. *Foods*, 6(8), 56.

Koleska, I., Hasanagic, D., Todorovic, V., Murtic, S., Klokic, I., Paradikovic, N., & Kukavica, B. 2017. Biostimulant prevents yield loss and reduces oxidative damage in tomato plants grown on reduced NPK nutrition. *Journal of Plant Interactions*, 12(1), 209-218.

Layegh, M., Peyvast, G.H., Samizadeg, H., & Khososi, M. 2009. The effect of nutrient solution salinity on growth, yield and quality traits of tomato in soilless cultivation system. *Journal of Horticultural Sciences*, 22(2), 39-48. [In Persian]

Li, Y.L., Stanghellini, C., & Challa, H. 2001. Effect of electrical conductivity and transpiration on production of greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Scientia Horticulturae*, 88(1), 11-29.

Malon, M., & Andrews, J. 2001. The distribution of xylem hydraulic resistance in the fruiting truss of tomato. *Plant cell-environm*, 24, 565-570.

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.

Marti, R., Rosello, S., & Cebolla-Cornejo, J. 2016. Tomato as a source of carotenoids and polyphenols targeted to cancer prevention. *Cancers*, 8(6), 58.

Mazlomi, F., Ronaqhi, A., & Karimian, N. 2011. Effect of salinity and calcium supplementation on vegetative growth, fruit yield and concentration of some elements in strawberries in soilless cultivation. *Journal of Greenhouse Crop Science and Technology*, 2(2): 51-63. [In Persian]

Moya, C., Oyanedel, E., Verdugo, G., Flores, M.F., Urrestarazu, M., & Alvaro, J.E. 2017. Increased electrical conductivity in nutrient solution management enhances dietary and organoleptic qualities in soilless culture tomato. *HortScience*, 52(6), 868-872.

Resh, H.M. 2013. *Hydroponic food production. A definitive guidebook of soilless food growing methods* (No. Ed. 5). Woodbridge press publishing company. pp 27.

Rodriguez-Ortega, W.M., Martinez, V., Nieves, M., Camara-Zapata, J.M., & Garcia-Sanchez, F. 2017. Agronomic and physiological responses of tomato plants grown in different soilless systems to saline conditions (No. e2983v1). *PeerJ Preprints*, 9(1), 1-13.

Rodriguez-Ortega, W.M., Martinez, V., Nieves, M., Simon, I., Lidon, V., Fernandez-Zapata, J.C., & Garcia-Sanchez, F. 2019. Agricultural and physiological Responses of tomato plants Grown in Different Soilless Culture systems with saline Water under Greenhouse Conditions. *Scientific reports*, 9(1), 1-13.

Romero-Aranda, R., Soria, T., & Cuartero, J. 2001. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. *Plant science*, 160(2), 265-272.

Saito, T., Matsukura, C., Ban, Y., Shoji, K., Sugiyama, M., Fukuda, N., & Nishimura, S. 2008. Salinity stress affects assimilate metabolism at the gene-expression level during fruit development and improves fruit quality in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 77(1), 61-68.

Saleh, S., Liu, G., Liu, M., Liu, W., Gruda, N., & He, H. 2019. Reducing the salinity impact on soilless culture of tomatoes using supplemental Ca and foliar micronutrients. *Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus*, 18(3), 187-200.

Schmautz, Z., Loeu, F., Liebisch, F., Graber, A., Mathis, A., Griessler Bulc, T., & Junge, R. 2016. Tomato productivity and quality in aquaponics: Comparison of three hydroponic methods. *Water*, 8(11), 1-21.

Shongwe, L.T., Masarirambi, M.T., Oseni, T.O., Wahome, P.K., Nxumalo, K.A., & Gule, P.I. 2019. Effects of Hydroponics Systems on Growth, Yield and Quality of Zucchini (*Cucurbita pepo* L.). *Journal of Plant Studies*, 8(2), 61-72.

Souri, M.K., & Hatamian, M. 2019. Aminochelates in plant nutrition; a review. *Journal of Plant Nutrition*, 42(1), 67-78.

Tahmasebi, F., Hasibi, P., & Mesgarbashi, M. 2010. *Physiological study of the effect of irrigation with saline water from NaCl and $CaCl_2$ sources on three rapeseed (Brassica napus L.) genotypes in Ahvaz climate.* Master Thesis. Shahi Chamran University of Ahwaz. [In Persian]

Tohidloo, G., Souri M.K., & Eskandarpour, S. 2018. Growth and fruit biochemical characteristics of three strawberry genotypes under different potassium concentrations of nutrient solution. *Open Agriculture*, 3, 356-362.

Wang, M., Dong, C., & Gao, W. 2019. Evaluation of the growth, photosynthetic characteristics, antioxidant capacity, biomass yield and quality of tomato using aeroponics, hydroponics and porous tube-vermiculite systems in bio-regenerative life support systems. *Life sciences in space research*, 22, 68-75.

Whitaker, B.D. 1991. Changes in lipids of tomato fruit stored at chilling and non-chilling temperatures. *Phytochemistry*, 30(3), 757-761.

Zaller, G.J. 2007. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *Scientia Horticulturae*, 112, 191–199.

Zarei, L., Saba, M.K., & Vafai, Y. 2020. Effect of Gamma-Amino-Butyric Acid (GABA) Foliar Application on Chilling and Postharvest Quality of Tomato (cv. Newton). *Plant Productions*, 43(2), 199-212. [In Persian]

Zhang, P., Senge, M., & Dai, Y. 2016. Effects of salinity stress on growth, yield, fruit quality and water use efficiency of tomato under hydroponics system. *Reviews in Agricultural Science*, 4, 46-55.