J. Soil and Plant Interactions, Vol. 14, No. 3, Fall 2023, pp. 39-52. **Research Article**

https://jspi.iut.ac.ir EISSN: 2783-5286 https://doi.org/10.47176/jspi.14.3.21061

Comparison of Yield and Quantitative and Qualitative Characteristics of Two Strawberry Cultivars Under Two Hydroponics Culture Systems

B. Baran Sheikhmazari[1], H. Hassanpour[*], P. Noruzi and S. Nojavan

(Received: 3 May 2023; Accepted: 12 August 2023)

Abstract

Due to the limitations of water resources and poor soil quality, the use of modern and high-quality solutions is necessary to produce agricultural products with better quality. One of the effective methods for achieving this goal is the production and cultivation of plants by hydroponic methods. This study was conducted as a factorial in a completely randomized design with the aim of investigating the effect of hydroponic cultivation systems [drip system and deep flow technology (DFT)] as the first factor on the quality and yield of two strawberry cultivars (Albion, Sabrina) as the second factor with four replications. The results showed that Sabrina had the highest fruit length and width in the drip system. Also, the highest fruit weight and yield were observed in the Sabrina cultivar under the drip irrigation system. The highest titratable acidity content was observed in Sabrina cultivar under the drip system and the highest contents of total soluble solids, total phenol and total flavonoid were recorded in the DFT system. Besides, the highest total anthocyanin content was revealed in the Albion cultivar under the drip system. In general, the results of the present study showed that most of the qualitative and quantitative characteristics of strawberry fruits were affected by the cultivation system type and the yield and fruit quality of strawberries were higher in the drip system compared to the DFT system. It can be also concluded that Sabrina had the highest biochemical properties under the drip system.

Keywords: Antioxidant capacity, Deep flow technique, Drip irrigation, Total anthocyanin, Total flavonoid.

Background and Objective: By adjusting the concentration of the nutrient solution, hydroponic cultivation allows farmers to control and regulate the nutrients available to the plant (Keutgen and Pawelzik, 2007). In hydroponic culture systems (water culture), plants are grown in an environment other than soil in order to reach the maximum density of cultivation, improve performance, save water and nutrients, and reduce soil pollution (Rounaghi and Maftoon, 2006). Samec et al. (2016) reported that the variety had a significant effect on the quality characteristics of strawberries and Albion cultivar had the highest total soluble solids (TSS) and titratable acidity (TA) contents. The aim of this study was to investigate the effect of cultivation system type on the quality and yield of two strawberry cultivars (Sabrina and Albion) grown in hydroponic.

Methods: Sabrina and Albion strawberry transplants were obtained from a commercial greenhouse located in Urmia city and kept for 240 hours in a cold room (for chilling) at a temperature of 4 °C. Some traits such

1- Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
* Corresponding author, Email: ha.hassanpour@urmia.ac.ir

as length, width, weight and yield of fruits, pH, TSS, TA, antioxidant activity, total phenol, flavonoid and anthocyanin contents were evaluated. To evaluate total phenol, the method of Du et al. (2009) was performed with a slight modification. The method of Shin et al. (2014) with a slight modification was followed to measure the total flavonoid. Antioxidant capacity was evaluated using the DPPH free radical method.

Results: The results showed that the cultivation system type affected the length, width, weight and yield of fruits. Based on the results of variance analysis, the cultivation system had a significant effect on total phenol, total flavonoid and anthocyanin contents at $p < 0.05$. The results showed that Sabrina had the highest fruit length and width in the drip system. Also, the highest fruit weight and yield were observed in the Sabrina cultivar under the drip irrigation system. The highest titratable acidity content was observed in Sabrina cultivar under the drip system and the highest contents of total soluble solids, total phenol and total flavonoid were recorded in the DFT system. Besides, the highest total anthocyanin content was revealed in the Albion cultivar under the drip system.

Conclusions: The results showed that the quantitative and qualitative characteristics of strawberry fruits were affected by the type of cultivar and cultivation system. Tthe highest amount of strawberry fruit quantitative index (i.e., fruit length, width, weight and yield) was observed in the cultivar Sabrina grown under the drip system. In general, the obtained results showed that most of the quantitative and qualitative characteristics of strawberry fruit were affected by the cultivation system and Sabrina had the highest biochemical properties under the drip system.

References:

1. Du, G., Li, M., Ma, F., Liang, D., 2009. Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and vitamin C in *Actinidia* fruits. Food Chem. 113(2), 557–562.
2. Keutgen, A.J., Pawelzik, E., 2007. Cultivar-dependent cell walls modification of strawberry fruit under NaCl salinity stress. J. Agr. Food Chem. 55(18), 7580–7585.
3. Rounaghi, A., Maftoon, M., 2006. Hydroponic, First ed., Shiraz University Publishing Center, Shiraz.
4. Šamec, D., Maretić, M., Lugarić, I., Mešić, A., Salopek-Sondi, B., Duralija, B., 2016. Assessment of the differences in the physical, chemical and phytochemical properties of four strawberry cultivars using principal component analysis. Food Chem. 194, 828–834.
5. Shin, S.W., Ghimeray, A.K., Park, C.H., 2014. Investigation of total phenolic, total flavonoid, antioxidant and allyl isothiocyanate content in the different organs of *Wasabi japonica* grown in an organic system. Afr. J. Tradit. Complement. Altern. Med. 3(11), 38–45.

روابط خاک و گیاه/ سال چهاردهم / شماره سوم / پاییز ۱۴۰۲ / صفحات ۵۲-۳۹ مقاله پژوهشی
https://doi.org/10.47176/jspi.14.3.21061 EISSN: 2783-5286 https://jspi.iut.ac.ir

مقایسه عملکرد و ویژگی‌های کمّی و کیفی دو رقم توت‌فرنگی در دو سامانه آب‌کشت

بهزاد بران شیخ مزاری[1]، حمید حسن‌پور*، پرویز نوروزی و سهیلا نوجوان

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۲۱)

چکیده

با توجه به محدودیت‌های منابع آبی و کاهش کیفیت خاک، استفاده از راهکارهای نوین و پربازده برای تولید بیش‌تر و با کیفیت‌تر محصولات کشاورزی ضروری است. از جمله روش‌های مؤثر در راستای تحقق این مهم، تولید و کشت گیاهان به روش آب‌کشت است. این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با هدف بررسی اثر سامانه‌های کشت آب‌کشت شامل سامانه قطره‌ای و فناوری جریان عمیق (DFT) به‌عنوان فاکتور اول بر کیفیت و عملکرد ارقام مختلف توت‌فرنگی (آلبیون، سابرینا) به‌عنوان فاکتور دوم با چهار تکرار انجام شد. نتایج نشان داد، طول و عرض میوه رقم سابرینا کشت شده در سامانه قطره‌ای دارای بیش‌ترین میزان بود. همچنین بیش‌ترین وزن و عملکرد میوه در رقم سابرینا کشت شده در سامانه قطره‌ای مشاهده شد. بیش‌ترین میزان اسیدیته قابل تیتر (TA) در رقم سابرینا کشت شده در سامانه قطره‌ای و بیش‌ترین محتوی مواد جامد محلول (TSS)، فنل کل و فلاونوئید کل نیز در سامانه DFT مشاهده شد. همچنین بیش‌ترین محتوی آنتوسیانین کل مربوط به رقم آلبیون کشت شده در سامانه قطره‌ای بود. به‌طور کلی نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بیش‌تر ویژگی‌های کمّی و کیفی میوه توت‌فرنگی تحت تأثیر نوع سامانه کشت قرار گرفته و در سامانه قطره‌ای عملکرد و کیفیت میوه توت‌فرنگی بالاتر از سامانه DFT بود. همچنین در ارزیابی نوع رقم می‌توان نتیجه گرفت که رقم سابرینا بیش‌ترین ویژگی‌های بیوشیمیایی را در سامانه قطره‌ای داشت.

واژه‌های کلیدی: سامانه قطره‌ای، آنتوسیانین کل، فناوری جریان عمیق، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فلاونوئید کل.

مقدمه

توت‌فرنگی (*Fragaria × ananassa*) متعلق به تیره Rosaceae بوده و شامل گونه‌های مختلفی از جمله توت‌فرنگی وحشی یا جنگلی (*F. vesca*) است (Jalili Marandi, 2006). توت‌فرنگی میوه‌ای سرشار از ویتامین‌ها و مواد معدنی است (Kashi and Hekmati, 1991). میوه توت‌فرنگی منبعی عالی از فیبر و قندها است (Wang and Lin, 2003). طعم میوه توت‌فرنگی حاصل ترکیب انواع قندها، اسیدهای آلی و مواد فرار است که عوامل زیادی مانند رقم، وضعیت تغذیه‌ای گیاه و شرایط محیطی بر عطر و طعم آن تأثیر می‌گذارند. گلوکز، ساکارز و فروکتوز اصلی‌ترین قندهای محلول میوه توت‌فرنگی هستند. همچنین اسید سیتریک با میزان ۸۸٪ فراوان‌ترین اسید آلی در

۱- گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: ha.hassanpour@urmia.ac.ir

میوه توت‌فرنگی است (Akhatou and Fernandez, 2014). توت‌فرنگی به دلیل داشتن سیستم ریشه‌ای سطحی، سطح برگ زیاد و آب‌دار بودن میوه به حجم آب زیادی نیاز دارد (Klamkowski and Treder, 2006). کشت آب‌کشت با تنظیم غلظت عناصر غذایی به کشاورزان این امکان را می‌دهد که عناصر غذایی در دسترس گیاه را به‌آسانی کنترل و تنظیم کنند (Keutgen and Pawelzik, 2007). در سامانه‌های کشت هیدروپونیک (آب‌کشت)، گیاهان در بستر غیرخاکی و به‌منظور رسیدن به تراکم کشت بیشینه، بهبود عملکرد، صرفه‌جویی در مصرف آب و مواد غذایی، کاهش آلودگی‌های خاک و مشکلات جذب عناصر، کشت می‌شوند (Rounaghi and Maftoon, 2006).

در سامانه فناوری جریان عمیق[1] (DFT) محلول غذایی با عمق بیش‌تری در لوله‌های رشد جریان دارد. در این سامانه محلول غذایی به ضخامت ۲–۳ سانتی‌متر در لوله‌های پلی‌اتیلن جریان می‌یابد. گلدان‌های مشبک پلاستیکی حاوی بستر کشت بر روی این لوله‌ها قرار می‌گیرند که انتهای گلدان‌ها با محلول غذایی در حال جریان درون لوله‌ها در تماس است. لوله‌های پلی‌اتیلن با توجه به نوع و چگونگی رشد گیاه می‌تواند به روی یک سطح مستقیم و هموار و یا به‌صورت مارپیچ و زیگزاگ چیده شوند. تنظیم دما، pH و EC در سامانه DFT نسبت به سامانه لایه نازک محلول غذایی[2] (NFT) آسان‌تر است، اما دسترسی به اکسیژن کم‌تری را میسّر می‌سازد (Jamshidzad, 2016; Bancha et al., 2017). در سامانه قطره‌ای کیسه مخصوص حمل و نقل پرلیت یا بسترهای دیگر به پهلو قرار داده می‌شود. سوراخ‌های ریزی در قسمت لبه پایین برای خروج آب اضافی و سوراخ‌هایی در بالای کیسه برای استقرار گیاه ایجاد می‌گردد و سپس لوله‌های قطره‌چکان در کنار سوراخ‌هایی که گیاه در آن قرار گرفته، گذاشته می‌شود. در این سامانه آب یا مواد غذایی موجود در مخزن به هر گیاه یا گلدان با استفاده از یک پمپ با مقدار آب تنظیم شده برای هر گیاه توسط یک تایمر الکترونیک تحویل داده می‌شود (Jamshidzad, 2016; Bancha et al., 2017).

نتایج میراندا و همکاران (Miranda et al., 2014) نشان داد که سامانه‌های کشت و ژنوتیپ‌های مورد بررسی بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ارقام توت‌فرنگی مؤثر بودند. سامک و همکاران (Šamec et al., 2016) دریافتند که رقم تأثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های کیفی توت‌فرنگی داشت و رقم آلبیون بیش‌ترین میزان **مواد جامد محلول** (TSS) و اسیدیته قابل تیتر (TA) را داشت. میانگین عملکرد تولید طالبی در سامانه کشت بستر با سامانه قطره‌ای به‌ترتیب در حدود ۷۱٪ و ۱۸۴٪ بیش‌تر از سامانه آب‌کشت NFT و سامانه کشت خاک با سامانه قطره‌ای بود (Wiangsamut, 2017). بنابر نتایج جمشیدزاده و همکاران (Jamshidzad, 2016) می‌توان اظهار کرد که بیش‌ترین ارتفاع، تعداد برگ، مجموع تعداد گل، طول میوه و قطر و وزن تک میوه در سامانه قطره‌ای ولی بیش‌ترین وزن کل و تعداد میوه خیار در سامانه کشت آب‌کشت DFT بود. بر این اساس، با استفاده از محیط هیدروپونیک، میزان آب مصرفی گیاه و کارآیی مصرف آب به‌آسانی اندازه‌گیری می‌شود (Rouphael and Colla, 2005). در سامانه آب‌کشت گیاهان کم‌تر تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرند، چرا که همیشه آب و مواد غذایی در دسترس گیاه قرار دارند (Khan, 2018). از نظر زیست‌محیطی نیز تولید محصول در کشت آب‌کشت باعث افزایش بازده و بقای گیاهان، و کاهش مصرف آب و آفت‌کش‌ها می‌شود (Gruda, 2009). از این‌رو نوع سامانه کشت مهم بوده و می‌تواند عملکرد و کیفیت میوه را تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین هدف از این پژوهش، مقایسه دو رقم توت‌فرنگی (آلبیون و سابرینا) از لحاظ ویژگی‌های کمّی و کیفی و انتخاب بهترین رقم بر اساس نوع سامانه آب‌کشت است.

مواد و روش‌ها

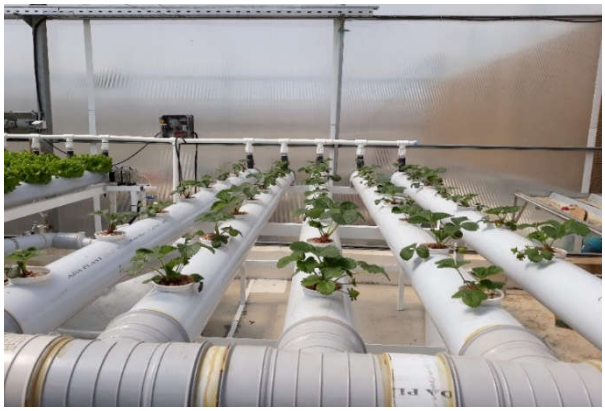
در این پژوهش نشاءهای توت‌فرنگی رقم سابرینا و آلبیون از

1. Deep flow technique
2. Nutrient film technique

جدول ۱. غلظت عناصر غذایی استفاده شده برای کشت توت‌فرنگی در سامانه آب‌کشت.

Table 1. Concentration of nutrients used for growing strawberries in the hydroponic system.

	عناصر غذایی (میلی‌گرم بر لیتر) Nutrients (mg/L)													
مرحله رشد Growth stage	N	P	K	Mg	Ca	S	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo	EC	pH
رشد رویشی Vegetative growth	207	65	184	58	221	77	6.5	2.6	0.25	0.7	0.07	0.05	2	5.8
میوه‌دهی Fruiting	182	82	301	58	148	77	6.5	2.6	0.25	0.7	0.07	0.05	2	5.8



شکل ۱. کشت توت‌فرنگی رقم سابرینا در سامانه DFT

Fig. 1. Cultivation of strawberry cv. Sabrina under the DFT system.

یک گلخانه تجاری واقع در شهرستان ارومیه تهیه شده و به مدت ۱۰ روز در سردخانه گروه علوم باغبانی (برای اعمال سرمادهی) در دمای ۴ درجه سلسیوس قرار گرفتند. پس از این مدت، نشاءها در گلخانه گروه علوم باغبانی با دمای ۲۲ درجه سلسیوس روز و ۱۵ درجه سلسیوس شب و رطوبت نسبی ۷۰ درصد، بر روی سامانه‌های آب‌کشت کشت شد. نشاءها در سامانه قطره‌ای به‌صورت خطی بر روی کیسه‌های رشد با فواصل ۲۵-۲۰ سانتی‌متر کشت شده و در سامانه DFT در لیوان‌های مخصوص با فواصل کشت ۳۰ سانتی‌متر کشت شدند (شکل ۱).

در هر دو سامانه ترکیب بستر کشت پیت‌ماس، پرلیت و کوکوپیت با نسبت حجمی ۱:۱:۳ بود و فرمول‌غذایی مورد استفاده براساس روش یامازاکی (Yamazaki, 1982) با کمی تغییر تنظیم شد (جدول ۱). روش محلول‌دهی در هر دو سامانه به‌صورت اتوماتیک بود، به‌طوری‌که در سامانه DFT تایمر ۱۰ دقیقه روشن بود و در این زمان محلول غذایی در داخل لوله‌ها جریان داشت و پس از ۵ دقیقه تایمر خاموش شده و محلول غذایی قطع می‌شد. با توجه به عدم دسترسی به ابزارهای کنترل برخط جذب و آنالیز محلول و به‌منظور جلوگیری از خطاهای احتمالی، محلول غذایی هر ۲۰ روز یکبار تجدید می‌شد.

در سامانه قطره‌ای نیز در هر روز ۷ مرحله و در هر مرحله ۱/۵ دقیقه محلول‌دهی می‌شد. فاکتورهای آزمایشی شامل نوع سامانه با دو سطح (قطره‌ای و DFT) و نوع رقم با دو سطح (آلبیون و سابرینا) بوده که در مجموع ۴ تیمار آزمایشی در این پژوهش استفاده شد. همچنین طول دوره آزمایشی در این پژوهش برابر ۵ ماه بود.

صفات مورد بررسی

در این پژوهش صفاتی مانند طول، عرض، وزن و عملکرد میوه، pH میوه، اسیدیته قابل تیتر (TA)، فعالیت آنتی‌اکسیدان، محتوی فنل، فلاونوئید و آنتوسیانین کل مورد ارزیابی قرار گرفت.

اندازه‌گیری طول و عرض، وزن و عملکرد میوه

برای اندازه گیری طول و عرض میوه از کولیس دیجیتالی استفاده شد و داده‌ها بر حسب میلی‌متر یادداشت شدند. برای تعیین وزن میوه از ترازوی دیجیتالی استفاده شد و داده‌ها

برحسب گرم یادداشت شدند. همچنین به‌منظور تعیین عملکرد، کل میوه‌های بوته‌ها از مرحله شروع میوه‌دهی تا پایان میوه‌دهی برداشت شده و وزن شدند و در پایان مجموع وزن تمام میوه‌ها در هر بوته به‌عنوان عملکرد آن بوته بر حسب گرم محاسبه شد.

اندازه‌گیری pH، اسیدیته قابل تیتر (TA) و محتوی TSS میوه توت‌فرنگی

برای اندازه‌گیری pH میوه از pH متر دیجیتالی و برای اندازه-گیری TA نیز از روش تیتراسیون با هیدروکسید سدیم استفاده شده و به‌صورت گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر بیان گردید. محتوی TSS نیز با استفاده ار رفرکتومتر دستی اندازه‌گیری شد.

استخراج عصاره برای اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، محتوای آنتوسیانین، فنل و فلاونوئید کل

عصاره‌گیری از نمونه‌ها به روش حسن‌پور و علیزاده (Hassanpour and Alizadeh, 2016) با کمی تغییر انجام شد. نمونه‌های میوه به‌صورت جداگانه به حالت پودر درآمدند. مقدار ۰/۵ گرم از نمونه پودرشده با ۵ میلی‌لیتر متانول ۸۵٪ مخلوط شده، به مدت ۱ دقیقه ورتکس شده و سپس نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت در دمای اتاق نگهداری شدند. پس از آن دوباره نمونه‌ها به مدت ۱ دقیقه ورتکس شده و سپس به مدت ۵ دقیقه در دور۱۰۰۰۰ در دمای ۴ درجه سلسیوس سانتریفیوژ شدند. سپس قسمت رویی نمونه‌ها به آرامی برداشته شده، در لوله‌های درب‌دار در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شده و برای سنجش صفات بیوشیمیایی مانند فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مورد استفاده قرار گرفت. استخراج عصاره میوه برای سنجش محتوی فلاونوئید و آنتوسیانین کل نیز بر اساس مطالعه Hassanpour and Alizadeh (2016) با کمی تغییر انجام شد. در این روش ۰/۲ گرم از نمونه پودرشده با ۵ میلی‌لیتر متانول ۸۵٪ (حاوی یک میلی‌لیتر HCl غلیظ) مخلوط شده و به مدت ۱ دقیقه ورتکس شد. پس از نگهداری نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق در دور ۱۰۰۰۰ به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس سانتریفیوژ شدند. سپس قسمت رویی نمونه‌ها به‌آرامی برداشته شده و در لوله‌های درب‌دار در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شدند.

اندازه‌گیری محتوی فنل کل میوه توت‌فرنگی

برای ارزیابی فنل کل از روش دیو و همکاران (Du et al., 2009) با کمی تغییر انجام شد. ابتدا ۳۰ میکرولیتر عصاره تهیه شده، به درون ویال ریخته شد و سپس ۱۸۰ میکرولیتر آب مقطر و ۱۲۰۰ میکرولیتر فولین ۱۰٪ به آن افزوده شد. پس از گذشت ۶ دقیقه، ۹۶۰ میکرولیتر کربنات سدیم به نمونه افزوده شد. نمونه‌ها به مدت ۱/۵ الی ۲ ساعت در مکان تاریکی در دمای اتاق نگهداری شدند. سپس جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۶۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر قرائت شد. مقدار فنل کل بر حسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تازه معادل اسید گالیک بیان شد.

اندازه‌گیری محتوی فلاونوئید کل میوه توت‌فرنگی

برای ارزیابی فلاونوئید کل از روش شین و همکاران (Shin et al., 2014) با کمی تغییر استفاده شد. ابتدا ۵۰۰ میکرولیتر عصاره تهیه شده را با ۱۵۰ میکرولیتر نیتریت سدیم ۵٪ مخلوط کرده و پس از ۵ دقیقه، ۳۰۰ میکرولیتر کلرید آلومینیوم ۱۰٪ به آن افزوده شده، و پس از طی ۵ دقیقه، ۱ میلی‌لیتر سود یک مولار افزوده شد. در نهایت حجم محلول به ۵ میلی‌لیتر رسانده شد و توسط دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج ۴۲۰ نانومتر قرائت شد. مقدار فلاونوئید کل برحسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تازه معادل کوئرستین بیان شد.

تعیین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه توت‌فرنگی

ظرفیت آنتی‌اکسیدان کل با استفاده از روش رادیکال آزاد DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ارزیابی شد. اندازه‌گیری توانایی عصاره‌ها در مهار رادیکال‌های آزاد (DPPH) به این صورت انجام شد که ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره آماده شده

با ۱۹۰۰ میکرولیتر DPPH مخلوط شد. پس از قرار دادن نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی در دمای اتاق، جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت شده و بر اساس رابطه زیر درصد بازدارندگی محاسبه شد (Nakajima et al., 2004):

درصد بازدارندگی = (Ac-As)/Ac×100 (۱)

که در این رابطه Ac و As به‌ترتیب جذب شاهد و جذب نمونه است.

تعیین محتوی آنتوسیانین کل میوه توت‌فرنگی

از روش حسن‌پور و علیزاده (Hassanpour and Alizadeh, 2016) برای اندازه‌گیری آنتوسیانین کل از روش اختلاف جذب در pH های مختلف استفاده شد. برای قرائت آنتوسیانین کل از دو طول موج ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر استفاده شد. برای محاسبه آنتوسیانین کل از فرمول زیر استفاده شد:

آنتوسیانین کل (mg/100g) =

$$(A/26900^{a})(10^{3})(449.2^{b})(20^{c}) \quad (۲)$$

10^{3}= ضریب تبدیل

a= ضریب خاموشی سیانیدین ۳ گلوکزاید

b= وزن مولکولی سیانیدین ۳ گلوکزاید

c= درجه رقیق‌سازی

تجزیه آماری داده‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. داده‌ها به وسیله نرم‌افزار SAS تجزیه آماری شد و آزمون چند دامنه‌ای دانکن به‌منظور مقایسه میانگین تیمارها مورد استفاده قرار گرفت. همچنین نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

طول، عرض، وزن و عملکرد میوه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که وزن، طول، و عملکرد کل میوه توت‌فرنگی تحت تأثیر اثر نوع سامانه در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفتند درحالی‌که عرض میوه تحت تأثیر هیچکدام از فاکتورهای آزمایشی قرار نگرفت. همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهم‌کنش نوع سامانه و رقم بر صفات وزن، طول، عرض وعملکرد میوه معنی‌دار نبود (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد، طول میوه در سامانه قطره‌ای دارای بیش‌ترین میزان بود. همچنین کم‌ترین میزان طول میوه در سامانه DFT ثبت گردید (جدول ۳). گیاهانی که در شرایط کشت DFT رشد می‌کنند با کمبود اکسیژن در محلول غذایی مواجه می‌شوند و این کمبود مانع تنفس سلول‌های ریشه و منجر به کاهش رشد می‌گردد. همچنین با توجه به اینکه در پژوهش حاضر در سامانه DFT از لیوان‌های کوچک استفاده شده است، بنابراین فضا برای رشد گیاه توت‌فرنگی کافی نبوده و حجم ریشه‌های فعال نیز کم بود. در نتیجه بستر موجود در این لیوان‌ها بیش‌تر نقش نگهدارنده گیاه را داشته و جذب عناصر غذایی و آب از طریق ریشه‌های موجود در درون محلول در حال جریان در کانال‌ها صورت گرفته است. درحالی‌که در سامانه قطره‌ای هم حجم بستر زیاد هست و هم محلول غذایی از بالای بستر در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. از این رو در این نوع سامانه بستر می‌تواند تا حدودی نقش نگهدارنده عناصر غذایی و در اختیار قرار دادن عناصر غذایی به گیاه را نیز داشته باشد و باعث رشد بهتر بوته‌های توت‌فرنگی شود. بنابراین در سامانه DFT به دلایل ذکر شده در فوق رشد بوته‌ها کم‌تر و عملکرد توت‌فرنگی‌های رشدیافته در سامانه DFT کم است (Tongaram, 2007). برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهند که میانگین وزن میوه در سامانه کشت بستر با سامانه قطره‌ای به‌ترتیب نسبت به نمونه‌های موجود در سامانه هیدروپونیک NFT (همانند سامانه DFT از نوع بسته بوده ولی عمق جریان مواد غذایی نسبت به DFT کم‌تر است) و سامانه کشت خاک با آبیاری قطره‌ای حدود ۷۰٪ و ٪ ۱۸۱ بیش‌تر بود (Wiangsamut, 2017).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر نوع سامانه کشت و نوع رقم بر برخی ویژگی‌های کمّی میوه توت‌فرنگی.

Table 2. The ANOVA results of cultivation system and cultivar type effects on some quantitative traits of strawberry fruit.

		میانگین مربعات Mean squares			
منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	وزن Weight	طول Length	عرض Width	عملکرد Yield
رقم Cultivar	1	0.12 ^{ns}	2.42^{ns}	0.46 ^{ns}	0.0025 ^{ns}
سامانه کشت Cultivation system	1	99.55**	138.47**	42.86^{ns}	3.86**
رقم × سامانه کشت Cultivar × Cultivation system	2	4.37^{ns}	2.97 ^{ns}	5.32^{ns}	0.01^{ns}
خطا Error	12	2.23	4.83	2.20	0.085
ضریب تغییرات %CV	-	12.06	6.84	5.37	5.81

^{ns}، ** و * به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد.

^{ns}, ** and *: non-significant, significant at 1 and 5% probability levels, respectively

جدول ۳. اثر نوع سامانه کشت بر برخی صفات کمّی میوه توت‌فرنگی.

Table 3. Effect of cultivation system on some quantitative traits of strawberry fruit.

تیمار Treatment	وزن میوه (گرم) Weight (g)	طول میوه (میلی‌متر) Fruit length (mm)	عرض میوه (میلی‌متر) Width fruit (mm)	عملکرد (گرم در بوته) Yield (g/plant)
سامانه قطره‌ای Drip system	15.480^{a}	36.213^{a}	30.52^{a}	256.69^{a}
سامانه DFT DFT system	9.576^{b}	32.063^{b}	27.60^{a}	88.77^{b}

در هر ستون، حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌داری بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن است.

In each column, means followed by different letters are significantly different at $p < 0.05$ based on Duncan's test.

با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، بیش‌ترین وزن میوه مربوط به سامانه قطره‌ای و کم‌ترین آن مربوط به سامانه DFT بود (جدول ۳). همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان‌دهنده تفاوت بین سامانه‌ها بود به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان عملکرد در سامانه قطره‌ای و کم‌ترین میزان آن مربوط به سامانه DFT بود (جدول ۳).

نتایج پژوهشی نشان داد میانگین وزن میوه در گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی رشدیافته در سامانه قطره‌ای و سامانه شناور به‌ترتیب برابر با ۱۹/۴ و ۱۸/۵ گرم بود (Cantliffe et al., 2001). همچنین نتایج Jamshidzad (2016) نشان داد که نوع سامانه کشت به‌طور قابل توجهی بر وزن کل میوه خیار تأثیر داشت به‌طوری‌که بیش‌ترین وزن تک‌میوه در سامانه قطره‌ای اما بیش‌ترین وزن کل و تعداد میوه خیار در سامانه کشت آب‌کشت DFT مشاهده شد. نوع سامانه کشت تاثیر چشم‌گیری بر وزن کل میوه داشت ولی نوع رقم چندان مؤثر نبود که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی ندارد. شاید دلیل این عدم هم‌خوانی،

متفاوت‌بودن گیاه مورد استفاده، طراحی متفاوت سامانه‌ها و گلدان‌های استفاده‌شده در سامانه DFT، نوع محلول غذایی و شرایط متفاوت مکان پرورش باشد. لازم به ذکر است که اجرای سامانه DFT در پژوهش‌های مختلف از لحاظ اندازه کانال‌ها و گلدان‌های استفاده شده متفاوت بوده (da Silva et al., 2023) و این باعث تفاوت نتایج پژوهش‌ها در برخی از موارد شده است. Darai and Alamzadeh Ansari (2021) به این نتیجه رسیدند که سامانه کشت بر طول میوه و عملکرد بوته خیار اثر داشت و اثر رقم بر طول میوه و عملکرد بوته میوه خیار اختلاف معنی‌داری ایجاد کرد. نتایج این بررسی نشان داد که سامانه کشت آب‌کشت هواکشت تغییریافته دارای عملکرد بیش‌تری نسبت به سامانه آب‌کشت قطره‌ای در شرایط گلخانه شد. بر اساس پژوهش‌های پیشین، مشخص شده است که سامانه DFT برای محصولات تک‌برداشتی بیش‌تر مناسب است (da Silva et al., 2023). همچنان‌که در پژوهش حاضر نیز مشاهده شد که این سامانه برای توت‌فرنگی که برداشت تدریجی دارد، مناسب نبوده و عملکرد کمی را نشان داده است. همچنین فاصله بین گیاهان در حین طراحی سامانه نیز بر رشد و عملکرد گیاهان تأثیرگذار هست (da Silva et al., 2023) که فواصل موجود در سامانه استفاده‌شده در پژوهش حاضر کم‌تر بوده و باعث رشد و عملکرد کم‌تر توت‌فرنگی شده است. در ضمن حساسیت به محتوی اکسیژن حل‌شده در محیط ریشه بسته به گونه گیاهی متفاوت است که گونه توت‌فرنگی حساسیت بیش‌تری به محتوی اکسیژن حل‌شده در محیط ریشه داشته و منجر به رشد ضعیف گیاهان شده است. همچنین در سامانه DFT نسبت به سامانه قطره‌ای دمای محلول غذایی در درون کانال‌ها به‌ویژه در بعدازظهرها بیش‌تر افزایش می‌یابد و وجود دمایی زیاد در سامانه DFT فراهمی اکسیژن محلول را در منطقه ریشه کاهش می‌دهد. بنابراین نبود اکسیژن جذب آب و مواد غذایی را کاهش داده و این امر باعث کاهش رشد ریشه و در نتیجه کاهش عملکرد می‌شود. همچنین در فصول گرم سال غلظت اکسیژن محلول بیش‌تر کاهش یافته و رشد نیز بیش‌تر تحت تأثیر قرار می‌گیرد. نکته دیگری که می‌تواند منجر به رشد ضعیف بوته‌ها در سامانه DFT شود، ورود ترشحات ریشه به محلول غذایی است. در سامانه‌های بسته مانند DFT تنظیم محلول برگشتی و ترکیب محلول غذایی آن مهم بوده و اگر به‌درستی تنظیم نشود، تعادل عناصر غذایی به‌هم می‌خورد و در نتیجه غلظت برخی از عناصر نوسان زیادی داشته و رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، درحالی‌که در سامانه‌های باز مانند سامانه قطره‌ای چنین مشکلی وجود ندارد (da Silva et al., 2023).

pH و TA

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) آثار ساده و برهمکنش نوع سامانه و رقم بر pH معنی‌دار نشد، درحالی‌که رقم تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر میزان TA داشت. نتایج نمودار مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۲) نشان داد که بیش‌ترین میزان TA مربوط به رقم سابرینا و کم‌ترین میزان آن مربوط به رقم آلبیون بود. در پژوهشی مشخص شد که رقم تأثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های کیفی میوه توت‌فرنگی داشت به‌طوری‌که رقم آلبیون بیش‌ترین میزان TA را نشان داد (Šamec et al., 2016). همچنین در پژوهش دیگری مشخص شد که محتوای اسیدیته قابل تیتر تحت تأثیر نوع سامانه و رقم قرار گرفتند و محتوای اسیدیته قابل تیتر در سامانه قطره‌ای بیش‌تر بود (Miranda et al., 2014).

TSS

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) اثر سامانه بر TSS میوه توت‌فرنگی در سطح احتمال ٪۵ معنی‌دار بود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین (شکل ۳) بیش‌ترین میزان TSS مربوط به سامانه DFT و کم‌ترین آن مربوط به سامانه قطره‌ای بود. احتمال دارد با توجه به این‌که رشد میوه‌ها در سامانه DFT کم‌تر بوده است محتوی آب کم‌تری در درون میوه‌های رشدیافته در سامانه DFT وجود دارد (به دلیل اکسیژن محلول کم، جذب عناصر غذایی و آب به وسیله ریشه‌ها کاهش یافته است که در نتیجه

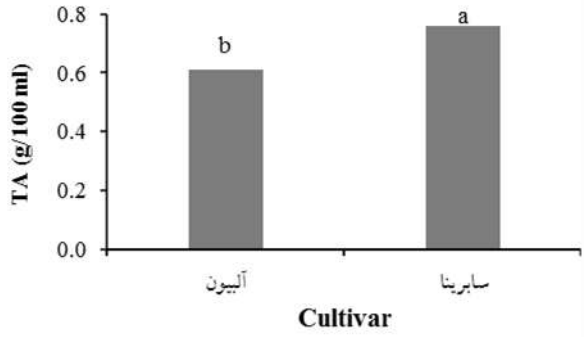
جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس اثر نوع رقم و سامانه کشت بر برخی صفات بیوشیمیایی میوه توت‌فرنگی.

Table 4. ANOVA results of variety and cultivation system type effects on some biochemical traits of strawberry fruit.

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares		
		پی‌اچ pH	اسیدیته قابل تیتر Titratable acidity	مواد جامد محلول Total soluble solids
رقم Cultivar	1	0.008 ns	0.09*	0.22 ns
سامانه کشت Cultivation system	1	0.03ns	0.018 ns	9.45*
رقم × سامانه کشت Cultivation × Cultivar system	2	0.02 ns	0.004 ns	4.95 ns
خطا Error	12	0.01	0.01	1.25
ضریب تغییرات %CV	-	3.19	19.50	13.48

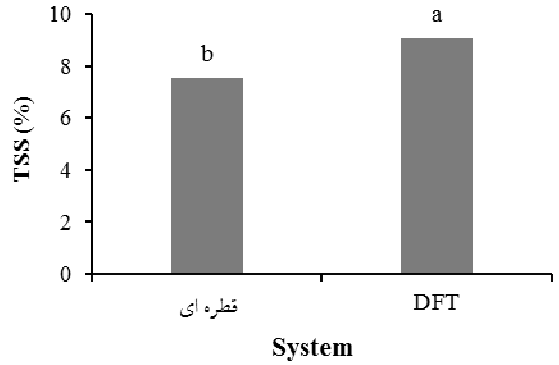
ns، ** و * به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: non-significant, significant at 1 and 5% probability levels, respectively



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر نوع رقم بر میزان اسیدیته قابل تیتر (TA) میوه توت‌فرنگی؛ حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بین میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن است.

Fig. 2. Mean comparison of cultivar type effect on the titratable acidity (TA) content in strawberry fruit; Means followed by dissimilar letters are significantly different (Duncan, $p < 0.05$).



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر نوع سامانه کشت بر میزان مواد جامد محلول (TSS) میوه توت‌فرنگی؛ حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد در بین میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن است.

Fig. 3. Mean comparison of cultivation system type effect on the total soluble solids (TSS) content in strawberry fruit; Means followed by dissimilar letters are significantly different (Duncan, $p < 0.05$).

آب کم‌تری جذب میوه‌ها خواهد شد). بنابراین محتوی مواد جامد محلول در میوه‌های این سامانه افزایش می‌یابد. همچنین کمبود اکسیژن در سامانه DFT (به دلیل تعبیه قسمت سرریز محلول در سامانه که دارای اختلاف ارتفاع با کف مسیرهای هادی محلول است، در زمان توقف سامانه و خاموشی آن، مسیرهای هدایت محلول غذایی کاملاً خالی از آب یا محلول

جدول ۵. تجزیه واریانس اثر نوع رقم و سامانه کشت بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فنل، فلاونوئید و آنتوسیانین کل میوه توت‌فرنگی.

Table 5. ANOVA results of variety and cultivation system type effects on some biochemical traits of strawberry fruit.

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares			
		ظرفیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant capacity	فنل کل Total phenol	فلاونوئید کل Total flavonoid	آنتوسیانین کل Total anthocyanin
رقم Cultivar	1	0.002 ns	0.003 ns	1.78 ns	12.08*
سامانه کشت Cultivation system	1	0.001 ns	5.29*	12.45*	1.45 ns
رقم × سامانه کشت Cultivar × Cultivation system	2	0.005 ns	0.009 ns	2.43 ns	2.09 ns
خطا Error	12	0.02	1.16	3.45	3.07
ضریب تغییرات %CV	-	5.81	13.50	10.66	8.55

ns، ** و * به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد.

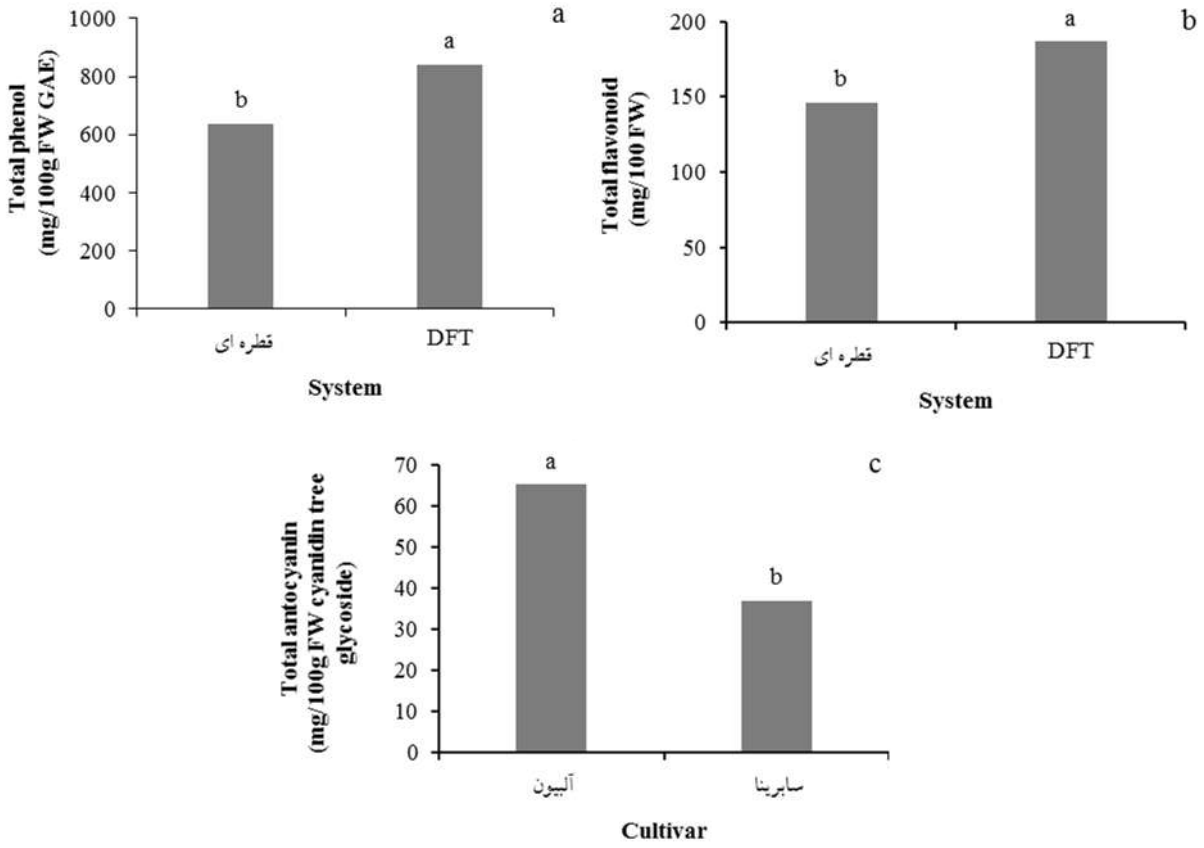
ns, ** and *: non-significant, significant at 1 and 5% probability levels, respectively

غذایی نمی‌شوند) باعث رشد کم‌تر ریشه‌ها و جذب کم‌تر محلول و آب در آن‌ها می‌شود و این باعث افزایش مواد جامد محلول می‌گردد. در سامانه DFT کنترل مداوم مقدار عناصر غذایی برای گیاهان دشوار است. بنابراین احتمال دارد که میزان EC محلول با گذشت زمان افزایش بیش‌تری یابد و معمولاً در میوه‌های تولیدشده تحت EC زیاد افزایش مواد قندی و طعم میوه نیز مشاهده می‌شود (Miranda et al., 2014).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، محتوی فنل، فلاونوئید، آنتوسیانین کل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که آثار ساده و برهمکنش نوع سامانه و رقم بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه توت‌فرنگی معنی‌دار نبود. براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۵)، اثر سامانه بر محتوی فنل کل در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۴-a) نشان داد که بیش‌ترین محتوی فنل کل مربوط به سامانه DFT بود و کم‌ترین محتوی آن در سامانه قطره‌ای مشاهده شد. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۵) نشان داد که سامانه کشت تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر محتوی فلاونوئید کل داشت، ولی اثر برهم‌کنش نوع سامانه و رقم و اثر رقم بر محتوی فلاونوئید کل معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۴-b) نیز نشان داد که بیش‌ترین محتوی فلاونوئید کل مربوط به سامانهDFT و کم‌ترین میزان آن مربوط به سامانه قطره‌ای بود. همچنین براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۵)، نوع سامانه و برهم‌کنش نوع سامانه و نوع رقم تأثیر معنی‌داری بر محتوی آنتوسیانین کل نداشتند. ولی رقم تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر میزان آنتوسیانین کل داشت، به‌طوری‌که مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۴-c) نشان داد که بیش‌ترین محتوی آنتوسیانین کل در رقم آلبیون کشت‌شده در سامانه قطره‌ای مشاهده شد. درحالی‌که کم‌ترین محتوی آنتوسیانین کل مربوط به رقم سابرینا بود.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که محتوی ترکیبات فنلی (مانند فنل و فلاونوئید کل) در سامانه DFT نسبت به سامانه قطره‌ای افزایش دارد. احتمال دارد با توجه به این‌که در سامانه DFT به دلیل حجم کم بستر و همچنین به دلیل جذب عناصر غذایی به‌طور مستقیم به وسیله ریشه‌های موجود در کانال، بستر



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر نوع سامانه کشت بر محتوی فنل کل (a) و محتوی فلاونوئید کل (b) ، و اثر نوع رقم بر محتوی آنتوسیانین کل (c) میوه توت‌فرنگی؛ حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بین میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن است.

Fig. 4. Mean comparison of cultivation system type effect on total phenol content (a) and total flavonoid (b), and cultivar type effect on total anthocyanin content (c) of strawberry fruit; Means followed by dissimilar letters are significantly different (Duncan, $p < 0.05$).

تنها نقش نگدارنده گیاه را داشته و نقشی در نگهدارنده عناصر غذایی هر چند به مقدار کم نداشته باشد. ولی در سامانه قطره‌ای به دلیل حجم زیاد بستر و تغذیه از بالا، بستر می‌تواند تا حدودی نقش نگهدارنده عناصر غذایی و در اختیار قرار دادن آن‌ها به گیاه را نیز داشته باشد. لذا این تفاوت‌ها می‌تواند نقش مؤثری در رشد و کیفیت محصول و متابولیت‌های ثانویه میوه داشته باشد (Miranda et al., 2014). همچنین در سامانه DFT وجود کمبود اکسیژن حل‌شده در محیط ریشه می‌تواند باعث ایجاد تنش گردد که تنش حاصله می‌تواند سبب افزایش متابولیت‌ها ثانویه (از جمله ترکیبات فنلی) شود (Rouphael and Colla, 2005). در پژوهشی مشخص گردید که نوع سامانه‌های کشت بر محتوی ترکیبات فنلی و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ارقام توت‌فرنگی (آلبیون، کامارزا، فستیوال و اسوگرند) تأثیرگذار بودند (Miranda et al., 2014). Darai and Alamzadeh Ansari (2021) با بررسی تأثیر سامانه‌های کشت مختلف بر گیاه خیار دریافتند که سامانه هواکشت تغییریافته از لحاظ غلظت مواد فنلی دارای برتری‌هایی نسبت به سامانه باز بود. به عبارت دیگر بخش هوایی گیاه توسعه بیش‌تری در سامانه باز داشته اما سامانه بسته از نظر طعم و میزان فنل بیش‌تر از سامانه باز بود یا به عبارت دیگر کیفیت میوه افزایش یافت. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که محتوی آنتوسیانین کل تحت تأثیر نوع سامانه کشت قرار نگرفته است ولی نوع رقم تأثیر معنی‌داری بر محتوی آنتوسیانین کل داشت. نتایج پژوهش‌های پیشین نیز نشان داده است که ژنوتیپ و رقم به‌عنوان فاکتورهای

اصلی تغییر آنتوسیانین‌ها و میزان قند میوه‌های توت‌فرنگی می باشند (Crespo et al., 2010) و همچنین رنگ توت‌فرنگی تحت تأثیر تجمع آنتوسیانین‌ها و ترکیبات فنلی به وجود می‌آید (Šamec et al., 2016).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که ویژگی‌های کمی و کیفی توت فرنگی تحت تأثیر نوع رقم و سامانه قرار گرفت. بر اساس نتایج بیش‌ترین میزان شاخص‌های کمی میوه توت‌فرنگی (طول میوه، عرض میوه، وزن و عملکرد میوه) در رقم سابرینا کشت‌شده در سامانه قطره‌ای مشاهده شد. به‌طور کلی نتایج حاصله نشان داد که بیش‌تر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی تحت تأثیر سامانه کشت قرار گرفت. همچنین در بررسی انتخاب رقم می‌توان نتیجه گرفت که رقم سابرینا بیش‌ترین ویژگی‌های کمی و کیفی را در سامانه قطره‌ای داشت.

تشکر و سپاسگزاری

در انجام این پژوهش، حمایت مالی خاصی از مؤسسات عمومی، صنعتی و غیرانتفاعی دریافت نشده است.

تضاد منافع

نویسندگان مقاله اذعان دارند هیچ‌گونه تضاد منافعی با شخص، شرکت یا سازمانی برای این پژوهش ندارند.

منابع مورد استفاده

1. Akhatou, L., Fernandez, A., 2014. Influence of cultivar and culture system on nutritional and organoleptic quality of strawberry. Sci. Hortic. 178(3), 259–265.
2. Bancha, W., Manoch, K., Chaiwat, M., 2017. Yield, fruit quality, and growth of cantaloupe varieties grown in hydroponic system and drip irrigation systems of substrate and soil culture. Int. J. Agr. Technol. 13(71), 1381–1394.
3. Cantliffe, D.J.N., Shaw, E., Jovicich, J.C., Rodriguez, I., Secker Karchi, Z., 2001. Passive ventilated high roof greenhouse production of vegetables in a humid mild winter climate. Acta Hortic. 559, 515–520.
4. Crespo, P., Bordonaba, J.G., Terry, L.A., Carlen, C., 2010. Characterization of major taste and health-related compounds of four strawberry genotypes grown at different Swiss production sites. Food Chem. 12, 16–24.
5. Alamzadeh Ansari, N., Darai, H., 2022. Comparison of open and combined closed hydroponic systems on water productivity, nutrient use efficiency yield and fruit quality of cucumber. J. Irrig. Sci. Eng. https://doi: 10.22055/jise.2022.41963.2042. (In Persian with English abstract)
6. Darai, H., Alamzadeh Ansari, N., 2021. The effect of two hydroponic cultivation systems on some morphological and biochemical characteristics of three greenhouse cucumber hybrids. In: Proceedings of 12th Congress of Horticultural Sciences, September, 5-8, Rafsanjan, Iran. (In Persian with English abstract)
7. da Silva, M.G., Costa, I.P., Alvez, L.S., Soares, T.M., Gheyi, H.R., 2023. Coriander cultivation under different nutrient solution depths in hydroponic systems: a comparison between conventional DFT and adapted DFT with PVC pipes. Water Res. Irrig. Manag. 123(3), 29–43.
8. Du, G., Li, M., Ma, F., Liang, D., 2009. Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and vitamin C in *Actinidia* fruits. Food Chem. 113(2), 557–562.
9. Erkan, M., Selcuk, N., 2015. The effects of 1-MCP treatment on fruit quality of medlar fruit (*Mespilus germanica* L. cv. Istanbul) during long term storage in the palliflex storage system. Postharvest Biol. Technol. 100, 81–90.
10. Gruda, N., 2009. Do soilless culture systems have an influence on product quality of vegetables? J. Appl. Bot. Food Qual. 82, 141–147.
11. Jalili Marandi, R., 2006. Small Fruits (Grape, Strawberry, Kiwifruit, Raspberry, Gooseberry, Currant and Cornelianberry), Second ed., Urmia Jahade Daneshgahi Press, Urmia, Iran. (In Persian)
12. Jamshidzad, M., 2016. Investigating Two Systems of Hydroponic Cultivation Techniques (Deep Cultivation and Drip Cultivation) on The Growth and Development of Two Greenhouse Cucumber Varieties (Karim and 225RZ). MSc Thesis, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.
13. Hassanpour, H., Alizadeh, S., 2016. Evaluation of phenolic compound, antioxidant activities and antioxidant enzymes of barberry genotypes in Iran. Sci. Hortic. 200, 125–131.
14. Kashi, A., Hekmati, J., 1991. Growing Strawberries, First ed., Siahtiri Press, Tehran. (In Persian)

15. Klamkowski, K., Treder, W., 2006. Morphological and physiological responses of strawberry plants to water stress. Agr. Conspec. Sci. 71, 159–165.
16. Keutgen, A.J., Pawelzik, E., 2007. Cultivar-dependent cell walls modification of strawberry fruit under NaCl salinity stress. J. Agr. Food Chem. 55(18), 7580–7585.
17. Khan, F.A.A., 2018. A review on hydroponic greenhouse cultivation for sustainable agriculture. Int. J. Agr. Environ. Food Sci. 2(2), 59–66.
18. Miranda, F.R., Dasilva, F.S., Dossantos, F.S.R., Dasilva, C.D.F.B., Rossetti, G., 2014. Production of strawberry cultivars in closed hydroponic systems and coconut fibre substrate. Rev. Ciênc. Agron. 45(4), 833–841.
19. Nakajima, J.I., Tanaka, I., Seo, S., Yamazaki, M., Saito, K., 2004. LC/PDA/ESI- MS profiling and radical scavenging activity of anthocyanins in various berries. J. Biomed Biotechnol. 5, 241–247.
20. Rounaghi, A., Maftoon, M., 2006. Hydroponic, First ed., Shiraz University publishing Center, Shiraz. (In Persian)
21. Rouphael, Y., Colla, G., 2005. Radiation and water use efficiencies of greenhouse Zucchini squash in relation to different climate parameters. Eur. J. Agron. 23(2), 183–194.
22. Šamec, D., Maretić, M., Lugarić, I., Mešić, A., Salopek-Sondi, B., Duralija, B., 2016. Assessment of the differences in the physical, chemical and phytochemical properties of four strawberry cultivars using principal component analysis. Food Chem. 194, 828–834.
23. Sato, S., Sakaguchi, S., Furukawa., H., Ikeda, H., 2006. Effects of NaCl application to hydroponic nutrient solution on fruit characteristic of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Sci. Hortic. 109(3), 248–53.
24. 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), 533–555.
25. Shadmehri, F., Chalovi, V., Sadeghy, H., 2019. Effect of planting date on yield and yield components of three strawberry cultivars cultivated without soil in Sari weather conditions. J. Sci. Technol. Greenhouse Cult. 9(4), 15–26.
26. Shin, S.W., Ghimeray, A.K., Park, C.H., 2014. Investigation of total phenolic, total flavonoid, antioxidant and allyl isothiocyanate content in the different organs of *Wasabi japonica* grown in an organic system. Afr. J. Tradit. Complement. Altern. Med. 3(11), 38–45.
27. Sonneveld, C., Voogt, W., 2009. Plant nutrition in future greenhouse production. In: Sonneveld, C., Voogt, W. (Eds.), Plant Nutrition of Greenhouse Crops. Springer, Dordrecht, pp. 393–403.
28. Tongaram, D., 2007. Soilless Culture, First ed., Dee Publishers, Bangkok.
29. Wang, S.Y., Zheng, W., Galletta, G.J., 2002. Cultural system affects fruit quality and antioxidant capacity in strawberries. J. Agr. Food Chem. 50(22), 6534–6542.
30. Wang, S.Y., Lin, H.S., 2003. Compost as a soil supplement increases the level of antioxidant compounds and oxygen radical absorbance capacity in strawberries. J. Agr. Food Chem. 51(23), 6844–50.
31. Wiangsamut, B., 2017. Yield, fruit quality, and growth of 4 cantaloupe varieties grown in hydroponic system and drip irrigation systems of substrate and soil culture. Int. J. Agr. Technol. 13(7), 1381–1394.
32. Yamazaki, K., 1982. Nutrient Solution Culture, Pak-kyo Co., Tokyo.