فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۳، شماره ۵۹، فروردین و اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۳ صفحه: ۲۷۱-۲۸۸
https://doi.org/10.22034/13.59.271

مقاله پژوهشی

شاخص‌های رشد و نموی و کیفیت توت‌فرنگی (*Fragaria × ananassa* Duch.) پرورش‌یافته در فضای آزاد تحت تأثیر هدایت الکتریکی محلول غذایی در کشت بدون خاک

جلیل رحیم‌دوست، محمد جواد نظری‌دلجو* و موسی ارشد
گروه علوم و مهندسی باغبانی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۳، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۰۶/۲۸)

چکیده
پژوهش حاضر با هدف تولید دو رقم توت‌فرنگی در شرایط کشت بدون خاک در فضای آزاد تحت تأثیر سطوح مختلف هدایت الکتریکی محلول غذایی انجام گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در چهار تکرار با دو فاکتور رقم (آلبیون و آروماس) و هدایت الکتریکی ۰/۶۵، ۱/۳ و ۱/۹۵ (dS/m) انجام شد. در طول آزمایش صفات مختلف رشد و نموی، کیفی و بیوشیمیایی توت‌فرنگی تحت تأثیر تیمارها مورد ارزیابی قرار گرفت. براساس نتایج آزمایش، بیشتر صفات مورد بررسی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رقم و غلظت محلول غذایی (هدایت الکتریکی) قرار گرفتند. بر همین اساس بیشترین عملکرد میوه در بوته (۳۱۴/۰۱ گرم) در رقم آروماس حاصل شد. همچنین در بین سطوح مختلف هدایت الکتریکی، سطح ۱/۳ (dS/m) تأثیر بهتری بر شاخص‌های رشدی، بیوشیمیایی و عملکردی دو رقم توت‌فرنگی داشت. افزایش هدایت الکتریکی از ۱/۳ به ۱/۹ (dS/m) منجر به کاهش شاخص‌هایی از جمله سطح برگ (۷۵ درصد)، وزن خشک برگ (۳۱/۵ درصد)، ماندگاری میوه (۱۹ درصد)، شاخص کلروفیل (۹ درصد)، محتوای نسبی آب برگ (۱۴ درصد)، ویتامین ث (۴ درصد) و آنتوسیانین به میزان ۲۸ درصد گردید؛ لیکن نشت یونی، مواد جامد محلول و پرولین در بالاترین غلظت محلول غذایی (EC= 1.9 dS/m) نسبت به غلظت ۱/۳ (dS/m) به ترتیب به میزان ۱۰، ۲۱ و ۲۴ درصد افزایش یافتند. براساس نتایج آزمایش، غلظت ۱/۳ (dS/m) به‌عنوان غلظت بهینه محلول غذایی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و کیفیت میوه توت‌فرنگی تولیدشده در فضای آزاد در سیستم کشت بدون خاک داشت.

کلمات کلیدی: توت‌فرنگی، عملکرد، فضای آزاد، کم‌آبی، هایدروپونیک

مقدمه
در مقایسه با کشاورزی سنتی که امکان کشت در خاک‌های شور، آهکی، غیرحاصلخیز و مناطق کم آب به‌شدت کاهش می‌یابد، کشاورزی مدرن و تولید در کشت‌های بدون خاک شامل آبکشت (Hydroponic)، آئروپونیک (Aeroponics) و آکواپونیک (Aquaponics) که از محلول‌های غذایی به‌جای خاک، برای تأمین عناصر مورد نیاز گیاه استفاده می‌نماید، می‌تواند راهکار مناسب و سودمندی برای رفع محدودیت‌های آب و خاک و در نتیجه امکان افزایش سطح کشت و عملکرد در واحد سطح باشد (Fussy and Papenbrock, 2022). در سال‌های اخیر، کشت بدون خاک به‌عنوان یک استراتژی امیدوارکننده برای رشد انواع محصولات زراعی و باغی اهمیت

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: nazarideljou@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

فزاینده‌ای پیدا کرده است (Fussy and Papenbrock, 2022). در این سیستم کشت، به‌دلیل محدودیت ظرفیت بافری مواد مغذی و تأثیر پتانسیل اسمزی محلول غذایی بر رشد و نمو محصول، تعیین غلظت و نسبت متعادل بین عناصر معدنی ضروری است. سطوح بحرانی عناصر معدنی برای بسیاری از محصولات تعیین شده است. لیکن عوامل متعددی روی غلظت نهایی عناصر معدنی محلول غذایی تأثیرگذار هستند. بر همین اساس بستر مورد استفاده (حجم و خواص فیزیکوشیمیایی)، نوع محصول (گیاه و مرحله رشد)، حجم بستر، سیستم‌های کشت، سیستم آبیاری و شرایط آب و هوایی غالب از مهمترین عوامل مؤثر در تعیین غلظت بهینه عناصر معدنی در کشت بدون خاک است. به‌طورکلی، محلول‌های غذایی با غلظت کم منجر به کمبود و در غلظت‌های زیاد منجر به جذب بیش از حد مواد مغذی و در نتیجه سمیت، کاهش رشد و عملکرد خواهند گردید (Nguyen *et al*., 2021).

توت‌فرنگی (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) از خانواده گل‌سرخیان، گیاهی علفی چند ساله با ساقه‌های رونده یا استولون با میوه‌های سرشار از فیبر، آب، ویتامین، آنتی‌اکسیدانت و سایر مواد مغذی است (Newerli-Guz *et al*., 2023). بسته به شرایط آب و هوایی منطقه مورد نظر، و هدف تولیدکننده (تازه‌خوری یا فرآوری)، پرورش توت‌فرنگی در هر منطقه می‌تواند به صورت گلخانه‌ای (خاکی و بدون خاک) و یا در هوای آزاد و مزرعه‌ای (عمدتاً بستر خاکی) انجام گیرد (رضوی و خلقتی‌بنا، ۱۳۹۶). با توجه به اهمیت کشت بدون خاک در فضای آزاد در راستای مدیریت بهینه نهاده‌ها به‌ویژه مدیریت کود و مصرف آب، تعیین سطح بهینه عناصر معدنی در قالب هدایت الکتریکی محلول غذایی (Electrical conductivity; EC) با توجه به اطلاعات محدود موجود، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. در آزمایشی تأثیر هدایت الکتریکی محلول‌غذایی در چهار سطح ۱/۵، ۲، ۲/۵ و ۳ (dS/m) روی پارامترهای رشد و نموی و بیوشیمیایی سه اکوتیپ گیاه شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) در کشت بدون خاک انجام شد، نتایج نشان داد که سطوح مختلف هدایت الکتریکی اکثر صفات مورد بررسی را تحت تأثیر معنی‌دار قرارداد. به‌طوریکه در هر سه اکوتیپ با افزایش هدایت الکتریکی محلول غذایی به ۳ (dS/m)، شاخص‌های ارتفاع و قطر بوته، طول میانگره، سطح برگ و قطر ریشه روند کاهشی نشان داد (ملک‌زاد و همکاران، ۱۴۰۰). همچنین در تحقیقی Nguyen و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند که تغییر هدایت الکتریکی محلول غذایی روی گیاه نعنا (*Perilla frutescens*) منجر به کاهش شاخص‌های رشدی، کاهش عناصر غذایی، افزایش محتوای فنل کل، افزایش آنتوسیانین و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی شد. در پژوهشی دیگر نیز نظری دلجو و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی سطوح مختلف هدایت الکتریکی محلول غذایی در چهار سطح ۰/۷، ۱/۴، ۲/۸ و ۵/۶ (dS/m) روی گیاه بهلیمو (*Liooia citriodora*)، گزارش کردند که افزایش هدایت الکتریکی محلول غذایی منجر به کاهش هدایت روزنه‌ای، کاهش وزن تر برگ، کاهش سطح برگ، شاخص کلروفیل و افزایش پرولین شد.

همان‌طوری‌که اشاره شد بیشتر تحقیقات انجام‌شده در ارتباط با تأثیر هدایت الکتریکی محلول غذایی بر گیاهان باغبانی در شرایط گلخانه بوده و تحقیقات مرتبط با فضای آزاد محدود است. برهمین اساس در آزمایش حاضر علاوه بر بررسی امکان کشت بدون خاک توت‌فرنگی در فضای آزاد (بدون سازه و کنترل شرایط محیطی)، مهمترین هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف هدایت الکتریکی محلول غذایی بر شاخص‌های رشد و نموی، عملکرد و کیفیت دو رقم توت‌فرنگی در شرایط فضای آزاد بود.

مواد و روش‌ها

شرایط محیطی و مواد گیاهی مورد استفاده: این پژوهش به منظور ارزیابی قابلیت کشت بدون خاک توت‌فرنگی در فضای آزاد تحت تأثیر هدایت الکتریکی محلول غذایی در سه سطح ۰/۶۵، ۱/۳ و ۱/۹۵ (dS/m) و تأثیر آن بر شاخص‌های مورفولوژیکی، عملکرد، ماندگاری و بیوشیمیایی دو رقم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

توت‌فرنگی پر کشت‌وکار آلبیون (Albion) و آروماس (Aromas)، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با چهار تکرار (چهار گیاه در هر واحد آزمایشی و ۱۶ گیاه در هر تیمار) در فضای آزاد محوطه دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد با مختصات طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۴۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۶ دقیقه شمالی طراحی و اجرا شد. شرایط محیطی محل کشت شامل میانگین دمای روزانه و شبانه به‌ترتیب برابر ۲۹ و ۱۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی روزانه و شبانه به ترتیب برابر ۱۵-۴ و ۴۵-۲۰ درصد، شدت نور ۱۲۰-۴۰ هزار لوکس، طی فصول بهار و تابستان متفاوت بود.

گیاهچه‌های یکنواخت و سالم دو رقم توت‌فرنگی روز خنثی (آلبیون و آروماس) پس از هرس ریشه و برگ‌های خشک شده، با مخلوط قارچکش کاپتان-کاربندازیم ضدعفونی شدند. گیاهچه‌های ضدعفونی شده به کیسه‌های کشت پلی‌اتیلنی حاوی بستر فیبرنارگیل (الیاف فرآوری‌شده نارگیل) و پرلایت (۵-۳ میلی‌متر) با نسبت حجمی برابر و با ابعاد ۲۰×۲۰×۵۰ سانتی‌متر (چهار بوته در هر کیسه) منتقل شدند. محلول غذایی مورد استفاده در سه سطح هدایت الکتریکی بر اساس فرمولاسیون کودی Caruso و همکاران (۲۰۱۱) (جدول ۱) آماده و محلول‌دهی بوته‌ها یک هفته پس از استقرار، با توجه به وضعیت رطوبتی بستر روزانه سه مرتبه (اوایل صبح، اوایل ظهر و عصر) اعمال گردید. با توجه به قرارگرفتن بسترها در معرض هوای آزاد، محلول‌دهی در سه نوبت جهت جلوگیری از خشک‌شدن بسترها و تنش احتمالی به ریشه‌ها صورت پذیرفت. به‌طور میانگین، مصرف روزانه هر بوته حدود ۲۸۰ میلی‌لیتر بود (جدول ۲). pH محلول غذایی در تمامی تیمارها برابر ۵/۸ تنظیم شد. برای تهیه محلول غذایی از آب دیونیزه حاصل از فیلتراسیون آب آبیاری با دستگاه اسمزمعکوس آکواجوی (RO-102, UV-NEW) استفاده گردید. محلول‌دهی بوته‌ها، یک هفته پس از آبیاری با آب معمولی و پس از استقرار کامل بوته‌ها، انجام شد.

صفات رشد و نموی: برخی شاخص‌های رشدی مانند سطح برگ، سطح ویژه برگ (رابطه ۱)، همچنین وزن خشک برگ و درصد ماده خشک میوه (Ghasemi *et al.*, 2018) مورد سنجش قرار گرفت.

(رابطه ۱):

$$Specific\ leaf\ area\ (SLA) = \frac{\text{Leaf area}}{\text{Leaf dry weight}}$$

اجزاء عملکرد و ماندگاری میوه: اجزاء عملکرد شامل تعداد گل و گل‌آذین در بوته و عملکرد کل در طول آزمایش کنترل و از رابطه ۲ محاسبه شد (Bagale, 2018).

(رابطه ۲):

$$\%\ \text{Fruit Set} = \frac{\text{Number of fruit}}{\text{Number of flowers}} \times 100$$

همچنین درصد میوه‌های غیرقابل فروش یا عرضه به بازار نیز با شمارش تعداد میوه‌های ریز، بدشکل، پوسیده و نارس نسبت به تعداد کل میوه در بوته از روش Bagale (۲۰۱۸) و از رابطه ۳ محاسبه گردید.

(رابطه ۳):

$$\%Non-marketable\ Fruit = \frac{\text{Number of fruits not available}}{\text{Total number of fruit}}$$

ماندگاری پس از برداشت میوه نیز در دو دمای ۲ (یخچال) و ۲۲ (انکوباتور) درجه سلسیوس پس از انتخاب میوه‌های هم‌اندازه و هم‌شکل انجام گرفت. همچنین کاهش وزن میوه از مهمترین پارامترهای ارزیابی ماندگاری پس از برداشت میوه در دمای ۲ درجه سلسیوس در نظر گرفته شد (Barikloo and Ahmadi, 2018).

صفات فیزیولوژیک: هدایت روزنه‌ای برگ با استفاده از دستگاه هدایت رزونه‌ای‌سنج قابل حمل (Promoter, USA) و شاخص کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD Index) اندازه‌گیری شد. همچنین پایداری غشای سلولی یا نشت یونی برگ (Lutts *et al.*, 1996) و محتوای نسبی آب برگ (Ritchie *et al.*, 1990) از آخرین برگ توسعه‌یافته در زمان گلدهی اندازه‌گیری شد.

سنجش اسیدآمینه پرولین به روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) با استفاده از معرف نین‌هیدرین انجام شد. بدین منظور ۰/۵ گرم از بافت برگی تثبیت‌شده با نیتروژن مایع و نگهداری شده در فریزر ۸۰- درجه سیلسیوس با ۱۰ میلی‌لیتر اسید

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

جدول ۱- غلظت عناصر معدنی محلول غذایی مورد استفاده در آزمایش براساس فرمولاسیون کودی Caruso و همکاران (۲۰۱۱).

هدایت الکتریکی (dS/m)	عناصر پرمصرف	گرم در لیتر	عناصر کم‌مصرف	گرم در لیتر
۰/۶۵	فسفات پتاسیم	۰/۰۳۴	کلات آهن (۶٪) DTPA	۰/۰۴۲
	نیترات پتاسیم	۰/۱۰۳	سولفات مس	۰/۰۰۵
	نیترات کلسیم	۰/۲۴۰	سولفات منگنز	۰/۰۰۵۶
	سولفات منیزیم	۱۹/۶۸	سولفات روی	۰/۰۱۰۹
	---	--	اسید بوریک	۰/۰۰۰۷۶
	---	--	مولبدات سدیم	۰/۰۰۰۳۱
۱/۳	فسفات پتاسیم	۰/۰۶۸	کلات آهن (۶٪) DTPA	۰/۰۴۲
	نیترات پتاسیم	۰/۲۰۶	سولفات مس	۰/۰۰۵
	نیترات کلسیم	۰/۴۸۰	سولفات منگنز	۰/۰۰۵۶
	سولفات منیزیم	۰/۳۹۳۶	سولفات روی	۰/۰۱۰۹
	---	--	اسید بوریک	۰/۰۰۰۷۶
	---	---	مولبدات سدیم	۰/۰۰۰۳۱
۱/۹۵	فسفات پتاسیم	۰/۱۰۲	کلات آهن (۶٪) DTPA	۰/۰۴۲
	نیترات پتاسیم	۰/۳۰۹	سولفات مس	۰/۰۰۵
	نیترات کلسیم	۰/۷۲۰	سولفات منگنز	۰/۰۰۵۶
	سولفات منیزیم	۰/۵۹۰۴	سولفات روی	۰/۰۱۰۹
	---	--	اسید بوریک	۰/۰۰۰۷۶
	---	--	مولبدات سدیم	۰/۰۰۰۳۱

جدول ۲- مصرف روزانه محلول غذایی (میلی‌لیتر) به ازای هر بوته توت‌فرنگی در کشت بدون خاک در فضای آزاد

فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
۱۵۰	۱۵۰	۲۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰

سولفوسالیسیلیک ۳ درصد در هاون چینی سائیده و هموژنیزه شد. مخلوط حاصل به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. به ۲ میلی‌لیتر از عصاره صاف شده، ۲ میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک اضافه و به مدت یک ساعت در حمام آب گرم با دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده و پس از یک ساعت جهت خاتمه واکنش به محیط حاوی یخ منتقل شد. در پایان و پس از سردشدن نمونه‌ها، ۴ میلی‌لیتر تولوئن به هر کدام اضافه و پس از تکان دادن و تشکیل دو فاز مجزا میزان جذب قسمت رنگی فوقانی هر نمونه در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر خوانده شد. غلظت پرولین بر حسب میکرومول بر گرم ماده تر بر اساس منحنی استاندارد پرولین محاسبه گردید.

صفات کیفی میوه: مواد جامد محلول (Total soluble Solid (TSS)) میوه، با استفاده از دستگاه رفراکتومتر دستی (Atago Co. Ltd., Tokyo; Japan) در دمای اتاق و بر حسب درجه بریکس (°Brix) و اسیدیته قابل تیتراسیون میوه به روش تیتراسیون با هیدروکسید سدیم اندازه‌گیری شد (Roussos *et al.*, 2011). اسیدیته قابل تیتراسیون میوه براساس اسید غالب

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

توت‌فرنگی (اسید سیتریک) بیان شد. ویتامین ث (اسید آسکوربیک) میوه‌های رسیده قرمز رنگ به روش تیتراسیون با ید در یدور پتاسیم در حضور معرف نشاسته یک درصد اندازه‌گیری شد (ماجدی، ۱۳۷۳).

اندازه‌گیری آنتوسیانین نیز به روش اختلاف pH یعنی تهیه بافرهای با pH برابر ۱ و ۴/۵ صورت گرفت (Lee *et al.*, 2005). بر همین اساس مقدار مشخصی از عصاره استخراج‌شده میوه به‌طور جداگانه با هر یک از بافرها مخلوط و در طول موج‌های ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (Perkin Elmer UV/VIS Lambda 25; USA) قرائت شد. اختلاف جذب نمونه‌های رقیق‌شده با استفاده از رابطه ۴ و نتایج برحسب میلی‌گرم سیانیدین ۳- گلیکوزید در گرم وزن تر معادل رنگدانه اصلی آنتوسیانین از رابطه ۵ گزارش شدند.

(رابطه ۴):

$$A = (A520nm - A700nm)pH1 - (A520nm - A700nm)pH4.5$$

(رابطه ۵):

$$TCA = (A \times MW \times DF \times 103/\varepsilon \times l)$$

که در آن: A اختلاف جذب از فرمول اول، MW: جرم مولکولی سیانیدین تری‌گلیکوزید برابر با ۴۴۹/۲، DF: ضریب رقت، ۱۰۳: تبدیل گرم به میلی‌گرم، **ε**: ضریب خاموشی مولی سیانیدین تری‌گلیکوزید برابر با ۲۶۹۰۰ و ۱: طول مسیر طی شده در سل برابر با ۱ سانتی‌متر.

تجزیه و تحلیل، همچنین نرمال بودن داده‌های این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه 9.1) و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چنددامنه‌ای توکی در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

صفات رشدی: براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر EC بر سطح ویژه برگ، ماده خشک میوه و اثر رقم بر وزن خشک برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود، همچنین سطح برگ تحت تأثیر اثرات متقابل رقم × EC قرار گرفت. (جدول ۳).

سطح ویژه برگ: با توجه به جدول مقایسه میانگین داده‌ها مشخص شد که بیشترین سطح ویژه برگ (۷۳/۰۷ سانتی‌متر مربع بر گرم وزن خشک) در EC=۱/۳ dS/m و کمترین سطح ویژه برگ با میزان ۳۵/۳۳ سانتی‌متر مربع در گرم وزن خشک در EC=۱/۹۵ dS/m مشاهده شد (جدول ۴). سطح ویژه برگ در رقم آلبیون (۶۲/۱۲ سانتی‌متر مربع در گرم وزن خشک) بیشتر از آروماس (۴۹/۸۲ سانتی‌متر مربع در گرم وزن خشک) بود (جدول ۶). همچنین بیشترین وزن خشک برگ (۵۴/۸۱ گرم) در EC=۱/۳ dS/m مشاهده شد. بین هدایت الکتریکی ۰/۶۵ و ۱/۹۵ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری مشاهده نشد (جدول ۴). در بین ارقام مورد بررسی، وزن خشک برگ در رقم آلبیون (۴۵/۹۴ گرم) بیشتر از آروماس (۴۲/۳۲ گرم) بود (جدول ۵). افزایش هدایت الکتریکی تا EC=۱/۹۵ dS/m منجر به کاهش سطح برگ در هر دو رقم توت‌فرنگی گردید، بر همین اساس بیشترین سطح برگ (۴۶۴۱/۵ سانتی‌متر مربع) در EC=۱/۳ dS/m و رقم آلبیون مشاهده شد و کمترین سطح برگ با میزان ۱۱۴۷/۵ سانتی‌متر مربع در EC=۱/۹۵ dS/m و رقم آروماس مشاهده شد (شکل ۱).

درصد ماده خشک میوه: براساس نتایج بیشترین درصد ماده خشک میوه (۱۵/۶۶ درصد) در EC=۱/۳ dS/m و کمترین میزان ماده خشک میوه با میزان ۱۲/۸۷ درصد در EC=۰/۶۵ dS/m مشاهده شد (جدول ۴). درصد ماده خشک میوه در رقم آروماس (۱۴/۶۷ درصد) بیشتر از آلبیون (۱۳/۶۷ درصد) بود (جدول ۵).

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شد که اثر EC و رقم بر عملکرد میوه، تعداد گل در بوته، ماندگاری میوه و کاهش وزن میوه و همچنین اثرات متقابل EC × رقم بر میزان میوه غیرقابل فروش و ماندگاری میوه در سطح احتمال ۱ درصد و بر تعداد گل در گل آذین در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۶).

تعداد گل در گل‌آذین: با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها مشخص شد افزایش هدایت الکتریکی منجر به کاهش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس برخی شاخص‌های مورفولوژیکی دو رقم توت‌فرنگی در سطوح مختلف هدایت الکتریکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		سطح برگ	سطح ویژه برگ	وزن خشک برگ	ماده خشک میوه
اثر بلوک	۳	۶۸۵۶۶/۴^{ns}	۲۱/۴۲^{ns}	۱۹/۸۹^{ns}	۰/۶۴۴**
EC محلول غذایی	۲	۱۴۷۷۱۲۴۸**	۲۹۲۳/۱۴**	۶۹۹/۶۲ **	۱۵/۷۴ **
رقم	۱	۳۷۲۹۳۶۸/۵**	۹۰۸/۲۴ **	۷۸/۶۶ *	۵/۹۱**
EC × رقم	۲	۳۶۳۱۹۶/۴۲*	۲۳/۶۲ ^{ns}	۸/۰۷ ^{ns}	۰/۰۶۴^{ns}
خطا	۱۵	۶۳۶۶۹/۰۳	۹/۶۷	۱۱/۰۳	۰/۱۱۲
ضریب تغییرات (٪)		۹/۷۶	۵/۵۵	۷/۵۲	۲/۳۶

ns: عدم معنی‌داری، *: معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و **: معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۴- مقایسه میانگین برخی صفات مورفولوژیکی دو رقم توت‌فرنگی در سطوح مختلف هدایت الکتریکی

هدایت الکتریکی (dS/m)	سطح ویژه برگ (سانتی‌متر مربع بر گرم وزن خشک)	وزن خشک برگ (گرم در بوته)	ماده خشک میوه (درصد)
۰/۶۵	۵۹/۵۰ ^{b*}	۳۹/۹۸^{b}	۱۲/۸۷ ^{c}
۱/۳	۷۳/۰۷^{a}	۵۴/۸۱^{a}	۱۵/۶۶^{a}
۱/۹۵	۳۵/۳۳^{c}	۳۷/۵۷^{b}	۱۳/۹۷^{b}

***میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک براساس آزمون توکی در سطح احتمال ۱ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.**

جدول ۵- مقایسه میانگین برخی صفات مورفولوژیکی و کیفی دو رقم توت‌فرنگی در سطوح مختلف هدایت الکتریکی(درصد)

رقم	سطح ویژه برگ (سانتی‌متر مربع بر گرم وزن خشک)	وزن خشک برگ	عملکرد میوه	تعداد گل در بوته	ماندگاری میوه در ۲۲°C	ماده خشک میوه	کاهش وزن میوه در ۲°C
	(گرم در بوته)				(ساعت)	(درصد)	
آلبیون	۶۲/۱۲^{a*}	۴۵/۹۴^{a}	۲۷۹/۷۱^{b}	۲۵/۵۸^{b}	۸۰^{a}	۱۳/۶۷^{b}	۲/۹۸ ^{a}
آروماس	۴۹/۸۲^{b}	۴۲/۳۲ ^{b}	۳۱۴/۰۱^{a}	۲۹/۴۱ ^{a}	۷۴/۳۳^{b}	۱۴/۶۷^{a}	۲/۱۴^{b}

***میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک براساس آزمون توکی در سطح احتمال ۱ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.**

تعداد گل در گل آذین در دو رقم توت‌فرنگی شد که بیشترین تعداد گل در گل آذین (۸/۲۵ عدد) در EC=۰/۶۵ dS/m و رقم آروماس مشاهده شد و کمترین تعداد گل در گل آذین با میزان چهار عدد در EC=۱/۹۵ dS/m و رقم آلبیون مشاهده شد (شکل ۲).

تعداد گل در بوته: با توجه به نتایج جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۷) مشخص شد که افزایش هدایت الکتریکی منجر به کاهش تعداد گل در بوته شد هر چند که بین غلظت‌های ۰/۶۵ و ۱/۳ (dS/m) اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری مشاهده نشد و تعداد کل در بوته در هدایت الکتریکی ۱/۹۵ (dS/m) در کمترین میزان (۲۵/۳۷) بود. همچنین تعداد گل در بوته در رقم آروماس با میزان ۲۹/۴۱ درصد بیشتر از رقم آلبیون با میزان ۲۵/۵۸ بود (جدول ۷).

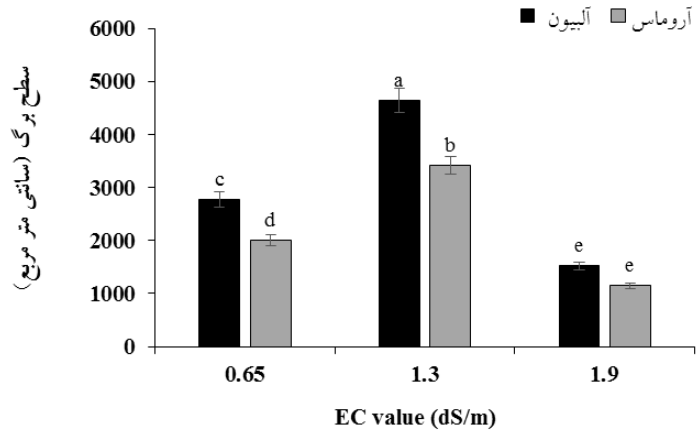
عملکرد میوه: با توجه به نتایج جدول مقایسه میانگین داده‌ها مشخص شد که تأثیر هدایت الکتریکی در ۰/۶۵ و ۱/۳ (dS/m) عمکرد میوه دارای روندی افزایشی بود و بین این دو

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

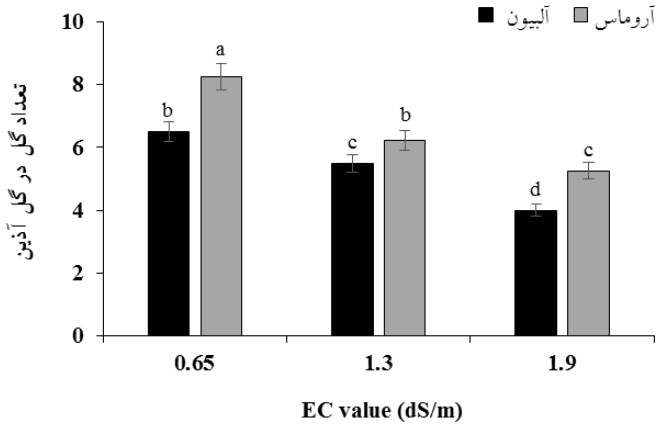
جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزای آن و ماندگاری در دو رقم توت‌فرنگی تحت تأثیر سطوح مختلف هدایت الکتریکی محلول غذایی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		عملکرد میوه	میوه غیر قابل فروش	تعداد گل در گل آذین	تعداد گل در بوته	ماندگاری میوه در دمای ۲°C	ماندگاری میوه در دمای ۲۲°C	کاهش وزن میوه در دمای ۲°C
اثر بلوک	۳	۶۲۰/۸۰*	۰/۰۷ ns	۰/۹۳۰**	۱/۴۴ns	۴۹۳/۱۵**	۱۰۴/۳۳**	۲/۳۸**
تغییرات EC	۲	۲۸۸۹۶/۵**	۲۳/۵۰ **	۱۵/۱۶ **	۳۲/۳۷ **	۵۵۶۸۱/۷۱ **	۲۵۲۰/۶۶ **	۱۳/۲۳ **
رقم	۱	۷۰۶۱/۳۴**	۸/۴۳ **	۹/۳۷ **	۸۸/۱۶**	۶۷۲/۰۴ **	۱۹۲/۶۶ **	۴/۲۳ **
تغییرات EC× رقم	۲	۲۰۷/۷۹ ns	۳۹/۰۰۸ **	۰/۵۰*	۱/۲۹ns	۱۲۶/۲۹**	۰/۶۶ns	۰/۰۹۷ns
خطا	۱۵	۱۴۱/۵۳	۰/۲۵۰	۰/۰۹۷	۲/۲۷	۱۰/۵۵	۸/۰۶	۰/۲۴۰
ضریب تغییرات (٪)		۴/۰۰۷	۸/۰۰۸	۵/۲۳	۵/۴۸	۰/۸۸	۳/۶۸	۱۹/۱۳

ns: عدم معنی‌داری، *: معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و **: معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد



شکل ۱- تأثیر هدایت الکتریکی و رقم بر سطح برگ توت‌فرنگی در کشت بدون خاک در فضای آزاد. (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک براساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵ رصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.)



شکل ۲- تأثیر هدایت الکتریکی و رقم بر تعداد گل در گل‌آذین در توت‌فرنگی در کشت بدون خاک در فضای آزاد. (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک براساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵ رصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

جدول ۷- مقایسه میانگین عملکرد، اجزاء عملکرد و ماندگاری دو رقم توت‌فرنگی در سطوح مختلف هدایت الکتریکی محلول غذایی

تیمار		عملکرد میوه (گرم در بوته)	تعداد گل در بوته	ماندگاری میوه در ۲۲°C (ساعت)	کاهش وزن میوه ۲°C (ساعت)
رقم	آلبیون	۲۷۹/۷۱^{b*}	۲۵/۵۸^{b}	۸۰^{a}	۲/۹۸^{a}
	آروماس	۳۱۴/۰۱^{a}	۲۹/۴۱^{a}	۷۴/۳۳^{b}	۲/۱۴^{b}
هدایت الکتریکی (dS/m)	۰/۶۵	۳۲۶/۶۰^{a}	۲۹/۳۷^{a}	۵۹/۵^{c}	۳/۸۴^{a}
	۱/۳	۳۳۶/۳۰^{a}	۲۷/۷۵^{a}	۹۵^{a}	۱/۲۷^{c}
	۱/۹	۲۲۷/۶^{b}	۲۵/۳۷^{b}	۷۷^{b}	۲/۵۸^{b}

***میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک براساس آزمون توکی در سطح احتمال ۱ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.**

سطح اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری مشاهده نشد؛ لیکن عملکرد میوه در هدایت الکتریکی ۱/۹۵ (dS/m) دارای روندی کاهشی بود (جدول ۷). عملکرد میوه در رقم آروماس با میزان ۳۱۴/۰۱ درصد بیشتر از رقم آلبیون با میزان ۲۷۹/۷۱ گرم در بوته بود (جدول ۷).

میوه غیرقابل فروش: براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها مشخص شد که بیشترین درصد میوه‌های غیرقابل فروش با میزان ۱۰/۹۶ درصد در EC=۱/۹۵ dS/m و رقم آلبیون مشاهده شد و کمترین درصد میوه‌های غیرقابل فروش نیز با میزان ۴/۴۴ درصد در EC=۰/۶۵ dS/m و رقم آلبیون مشاهده شد (شکل ۳).

ماندگاری میوه در دمای ۲ درجه سلسیوس: براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها مشخص شد که بیشترین ماندگاری میوه توت‌فرنگی با میزان ۴۵۳/۲۵ ساعت در EC=۱/۳ dS/m و رقم آلبیون مشاهده شد و کمترین ماندگاری میوه توت‌فرنگی در دمای ۲ درجه سلسیوس میزان ۳۷۸/۷۵ ساعت در EC=۱/۹۵ dS/m و رقم آروماس مشاهده شد (شکل ۴).

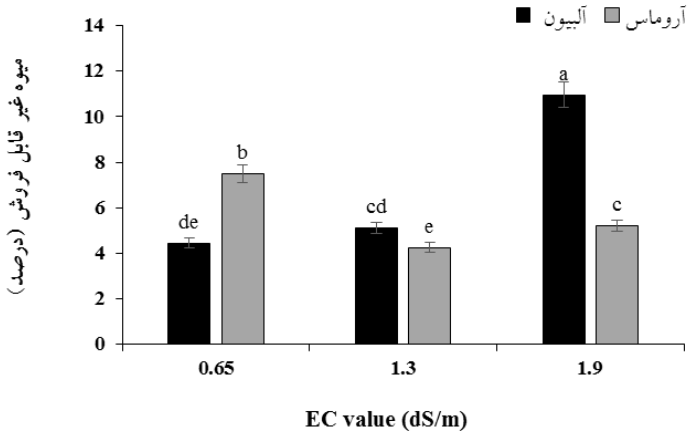
ماندگاری میوه در دمای ۲۲ درجه سلسیوس: با توجه به نتایج مشخص شد که بیشترین ماندگاری در دمای ۲۲ درجه سلسیوس (۹۵ ساعت) در EC=۱/۳ dS/m و کمترین ماندگاری در دمای ۲۲ درجه سلسیوس با میزان ۵۹/۵ ساعت در EC=۰/۶۵ dS/m مشاهده شد. ماندگاری در دمای ۲۲ درجه سلسیوس در رقم آلبیون (۸۰ ساعت) بیشتر از رقم آروماس (۷۴/۳۳ ساعت) بود (جدول ۷).

کاهش وزن میوه در دمای ۲ درجه سلسیوس: براساس نتایج میوه‌های توت‌فرنگی در EC=۰/۶۵ dS/m دارای بیشترین کاهش وزن با میزان ۳/۸۴ درصد بودند و کمترین درصد کاهش وزن میوه در دمای ۲ درجه سلسیوس با میزان ۱/۲۷ درصد در EC=۱/۳ dS/m مشاهده شد. رقم آلبیون با میزان ۲/۹۸ درصد دارای بیشترین درصد کاهش وزن میوه در دمای ۲ درجه سلسیوس در مقایسه با رقم آرماس (۲/۱۴ درصد) بود (جدول ۷).

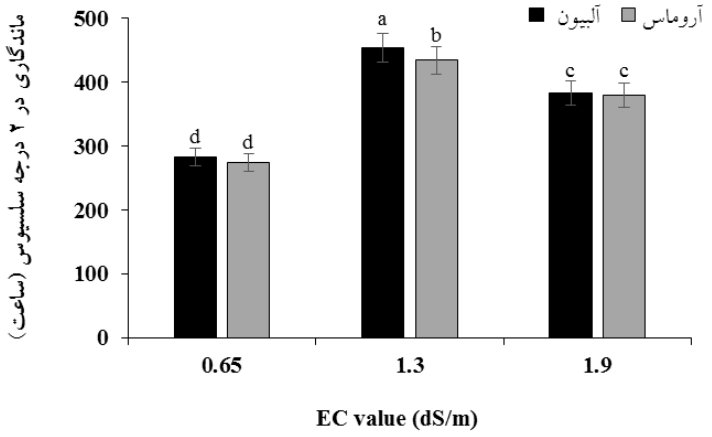
با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شد که اثرات ساده تغییرات EC و رقم بر هدایت روزنه‌ای، محتوای نسبی آب برگ، شاخص کلروفیل، نشت یونی، مواد جامد کل، اسیدتیه قابل تیتراسیون، ویتامین ث، پرولین و آنتوسیانین کل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید اما اثرات متقابل EC × رقم بر هیچ کدام از شاخص‌های مذکور از لحاظ آماری معنی‌دار نگردید (جدول ۸).

هدایت روزنه‌ای: با توجه به نتایج بیشترین هدایت روزنه‌ای با میزان ۳۳۷/۱۳ میلی‌مول H_2O بر متر مربع بر ثانیه در EC=۱/۳ dS/m مشاهده شد و کمترین هدایت روزنه‌ای با میزان ۲۵۴/۳۷ میلی‌مول H_2O بر مترمربع بر ثانیه در EC=۱/۹۵ dS/m مشاهده شد (جدول ۹)، رقم آلبیون با میزان ۳۰۸/۰۲ میلی‌مول H_2O بر مترمربع بر ثانیه دارای بیشترین هدایت روزنه‌ای در مقایسه با رقم آرماس (۲۹۳/۰۸ میلی‌مول H_2O بر مترمربع بر ثانیه) بود (جدول ۱۰).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]



شکل ۳- تأثیر هدایت الکتریکی و رقم بر درصد میوه غیرقابل‌فروش در توت‌فرنگی در کشت بدون خاک در فضای آزاد



شکل ۴- تأثیر هدایت الکتریکی و رقم بر ماندگاری میوه در دمای ۲ درجه سلسیوس در توت‌فرنگی در کشت بدون‌خاک در فضای آزاد. (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک براساس آزمون توکی در سطح احتمال ۱ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند).

جدول ۸- نتایج تجزیه واریانس برخی شاخص‌های بیوشیمیایی و کیفی دو رقم توت‌فرنگی در سطوح مختلف هدایت الکتریکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		هدایت روزنه‌ای	محتوای نسبی آب	شاخص کلروفیل	نشت یونی برگ	مواد جامد کل	اسیدتیه قابل تیتراسیون	ویتامین ث	پرولین	آنتوسیانین کل
اثر بلوک	۳	۵۴۴/۳۳**	۱/۸۳^{ns}	۶/۰۶**	۳/۲۷^{ns}	۰/۲۳^{ns}	۰/۰۰۳*	۲۴/۵۴**	۰/۶۹^{ns}	۰/۳۳^{ns}
EC	۲	۱۴۲۵۲/۹۷**	۱۷۴/۲۷**	۲۳۶/۳۷**	۲۳۴/۵۷**	۲۸/۰۳**	۰/۱۴**	۴۳۵/۱۸**	۲۰/۹۶**	۳۵/۱۹**
رقم	۱	۱۳۴۰/۱۱**	۲۴/۴۸**	۲۵/۴۴**	۱۵۰/۱۵**	۶/۲۰**	۰/۰۱**	۶۳/۳۲**	۹/۰۵**	۲۴/۷۹**
EC × رقم	۲	۳۶/۸۳^{ns}	۱/۹۰^{ns}	۰/۶۶۵^{ns}	۰/۴۲۷^{ns}	۰/۲۸۶^{ns}	۰/۰۰۰۴^{ns}	۲/۴۴^{ns}	۰/۹۲^{ns}	۰/۵۲۹^{ns}
خطا	۱۵	۳۶/۵۶	۱/۵۱	۰/۳۹	۲/۹۱	۰/۲۸۱	۰/۰۰۰۹	۳/۲۸	۰/۵۱۳	۰/۲۱۷
ضریب تغییرات (٪)		۲/۰۱	۲/۷۷	۱/۵۹	۲/۵۴	۳/۶۲	۲/۷۷	۳/۳۰	۱۴/۶۶	۳/۶۶

ns: عدم معنی‌داری، *: معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و **: معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

محتوای نسبی آب برگ: براساس نتایج جدول ۱۰ مشخص شد که میوه‌های توت‌فرنگی در EC=۰/۶۵ dS/m

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

جدول ۹- مقایسه میانگین برخی صفات بیوشیمیایی و کیفی دو رقم توت‌فرنگی در سطوح مختلف هدایت الکتریکی

هدایت الکتریکی (dS/m)	هدایت روزنه‌ای (میلی‌مول H_2O بر مترمربع بر ثانیه)	محتوای نسبی آب (درصد)	شاخص کلروفیل (SPAD)	نشت یونی (درصد)	مواد جامد کل (Brix°)
۰/۶۵	۳۱۰/۱۵ b	۴۸/۲۶a	۳۳/۴۰ c	۶۱/۹۸c	۱۳/۱۵c
۱/۳	۳۳۷/۱۳a	۴۵/۷۲ b	۴۴/۱۶a	۶۶/۳۹b	۱۳/۹۷b
۱/۹	۲۵۴/۳۷c	۳۹/۲۱c	۴۰/۱۴b	۷۲/۷۵a	۱۶/۷۲a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک براساس آزمون توکی در سطح احتمال ۱ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

ادامه جدول ۹-

هدایت الکتریکی (dS/m)	اسیدتیه قابل تیتراسیون (درصد)	ویتامین ث (میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه)	پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر)	آنتوسیانین (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر)
۰/۶۵	۰/۹۷c	۴۶/۴۲c	۳/۱۶ c	۱۲/۳۶b
۱/۳	۱/۰۹ b	۶۰/۲۶a	۵/۱۲b	۱۴/۹۸a
۱/۹	۱/۲۴ a	۵۷/۷۶b	۶/۳۷a	۱۰/۸۳c

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک براساس آزمون توکی در سطح احتمال ۱ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

جدول ۱۰- مقایسه میانگین برخی صفات بیوشیمیایی و کیفی در دو رقم توت فرنگی در سطوح مختلف هدایت الکتریکی

رقم	هدایت روزنه‌ای (میلی‌مول H_2O بر مترمربع بر ثانیه)	محتوای نسبی آب (درصد)	شاخص کلروفیل (SPAD)	نشت یونی (درصد)	مواد جامد محلول کل (Brix°)
آلبیون	۳۰۸/۰۲ a	۴۵/۴۱a	۴۰/۲۶ a	۶۴/۵۴ b	۱۴/۱۰ b
آروماس	۲۹۳/۰۸b	۴۳/۳۹b	۳۸/۲۰ b	۶۹/۵۴a	۱۵/۱۲ a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک براساس آزمون توکی در سطح احتمال ۱ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

ادامه جدول ۱۰-

رقم	اسیدتیه قابل تیتراسیون (درصد)	ویتامین ث (میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه)	پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر)	آنتوسیانین (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر)
آلبیون	۱/۰۸ b	۵۶/۴۴ a	۵/۵۰ a	۱۳/۷۴a
آروماس	۱/۱۲ a	۵۳/۱۹b	۴/۲۷ b	۱۱/۷۱b

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک براساس آزمون توکی در سطح احتمال ۱ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

دارای بیشترین محتوای نسبی آب برگ با میزان ۴۸/۲۶ گرم بر درصد وزن بودند و کمترین محتوای نسبی آب برگ سلسیوس

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

با میزان ۳۹/۲۱ گرم بر درصد وزن در EC=۱/۹۵ dS/m مشاهده شد. رقم آلبیون با میزان ۴۵/۴۱ گرم بر درصد وزن دارای بیشترین محتوای نسبی آب برگ در مقایسه با رقم آرماس (۴۳/۳۹ گرم بر درصد وزن) بود (جدول ۱۰).

شاخص کلروفیل: براساس نتایج مشخص شد که میوه‌های توت‌فرنگی در EC=۱/۳ dS/m دارای بیشترین شاخص کلروفیل با میزان ۴۴/۱۶ بود و کمترین درصد شاخص کلروفیل با میزان ۳۳/۴۰ در EC=۰/۶۵ dS/m مشاهده شد (جدول ۹). رقم آلبیون با میزان ۴۰/۲۶ دارای شاخص کلروفیل بیشتری در مقایسه با رقم آرماس (۳۸/۲۰) بود (جدول ۱۰).

نشت یونی: نتایج نشان داد که افزایش EC منجر به افزایش نشت یونی در توت‌فرنگی شد به طوریکه بیشترین میزان نشت یونی (۷۲/۷۵ درصد) در EC=۱/۹۵ dS/m مشاهده شد و کمترین نشت یونی (۶۱/۹۸ درصد) نیز در EC=۰/۶۵ dS/m مشاهده شد (جدول ۱۰). رقم آروماس با میزان ۶۹/۵۴ دارای میزان نشت یونی بیشتری در مقایسه با رقم آلبیون (۶۴/۵۴) بود (جدول ۱۰).

مواد جامد محلول: نتایج به‌دست آمده نشان داد که افزایش EC منجر به افزایش میزان مواد جامد کل در توت‌فرنگی شد به طوری‌که بیشترین میزان مواد جامد کل (۱۶/۷۲ بریکس) در EC=۱/۹۵ dS/m مشاهده شد و کمترین مواد جامد کل (۱۳/۱۵ بریکس) نیز در EC=۰/۶۵ dS/m مشاهده شد (جدول ۱۰). رقم آروماس با میزان ۱۵/۱۲ بریکس دارای میزان مواد جامد کل بیشتری در مقایسه با رقم آلبیون (۱/۱۰ بریکس) بود (جدول ۱۰).

اسیدتیه قابل تیتراسیون: افزایش EC منجر به افزایش اسیدتیه قابل تیتراسیون در توت‌فرنگی شد به طوریکه بیشترین اسیدتیه قابل تیتراسیون (۱/۲۴ درصد) در EC=۱/۹۵ dS/m مشاهده شد و کمترین مواد جامد کل (۰/۹۷ درصد) نیز در EC=۰/۶۵ dS/m مشاهده شد (جدول ۱۰). اسیدتیه قابل تیتراسیون رقم آروماس با میزان ۱/۱۲ درصد دارای اسیدتیه قابل تیتراسیون بیشتری در مقایسه با رقم آلبیون (۱/۰۸ درصد) بود (جدول ۱۰).

ویتامین ث: میوه‌های توت‌فرنگی در EC=۱/۳ dS/m دارای بیشترین میزان ویتامین ث با میزان ۶۰/۲۶ میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه بود و کمترین میزان ویتامین ث با میزان ۴۶/۴۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه در EC=۰/۶۵ dS/m مشاهده شد (جدول ۱۰). رقم آلبیون با میزان ۵۶/۴۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه دارای میزان ویتامین ث بیشتری در مقایسه با رقم آرماس (۵۳/۱۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه) بود (جدول ۱۰).

پرولین: افزایش EC منجر به افزایش میزان پرولین در توت‌فرنگی شد، به طوریکه بیشترین میزان پرولین (۶/۳۷ میکرومول بر گرم وزن تر) در EC=۱/۹۵ dS/m مشاهده شد و کمترین میزان پرولین (۳/۱۶ میکرومول بر گرم وزن تر) نیز در EC=۰/۶۵dS/m مشاهده شد (جدول ۹). همچنین نتایج مقایسه میانگین در جدول ۱۰ نشان داد که رقم آلبیون با میزان ۵/۵۰ میکرومول بر گرم وزن تر دارای میزان پرولین بیشتری در مقایسه با رقم آرماس (۴/۲۷ میکرومول بر گرم وزن تر) بود.

آنتوسیانین: نتایج به دست آمده نشان داد که بیشترین میزان آنتوسیانین با میزان ۱۴/۹۸ (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) در EC=۱/۳ dS/m مشاهده شد و کمترین میزان آنتوسیانین با میزان ۱۰/۸۳ (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) در EC=۱/۹۵ dS/m مشاهده شد (جدول ۹)، نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در جدول ۱۱ نشان داد که رقم آلبیون با میزان ۱۳/۷۴ (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) دارای بیشترین میزان آنتوسیانین در مقایسه با رقم آرماس (۱۱/۷۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) بود.

بحث

نتایج حاصل از مقایسه میانگین در رابطه با صفات بیانگر تأثیر مثبت هدایت الکتریکی تا سطح ۱/۳ دسی‌زیمنس بر متر بر شاخص‌های ذکرشده بود؛ در حالیکه افزایش هدایت الکتریکی از ۱/۳ به ۱/۹۵ (dS/m) باعث کاهش این صفات گردید. بین دو رقم آلبیون و آروماس دارای به طور تقریبی می‌توان گفت که رقم آلبیون در سطوح مختلف هدایت الکترکی دارای

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

عملکرد بهتری بود هر چند که هر دو رقم در برخی شاخص‌های متفاوت، تأثیرات متفاوتی نشان دادند. به‌طورکلی می‌توان گزارش کرد که افزایش هدایت الکتریکی تا ۱/۹ (dS/m) منجر به ایجاد مشکل (افزایش پتانسیل و تنش اسمزی) در ارقام تحت تیمار گردید، لذا می‌توان بیان نمود که هدایت الکتریکی در سطوح ۰/۶۵ و ۱/۳ (dS/m) برای توت‌فرنگی مناسب بودند و سطح ۱/۳ (dS/m) نتایج مطلوب‌تری نسبت به سطوح ۰/۶۵ و ۱/۹۵ (dS/m) نشان داد. علاوه براین می‌توان به این نکته اشاره کرد که افزایش میزان هدایت الکتریکی به ۱/۹۵ (dS/m) اثر کاهشی بر رشد رویشی، اجزاء عملکرد و صفات بیوشیمیایی توت‌فرنگی داشت. افزایش هدایت الکتریکی در محیط ریشه می‌تواند پتانسیل آب در گیاه و به دنبال آن برگ را کاهش دهد، بنابراین آب کمتری توسط گیاه جذب‌شده و در نتیجه جریان آب به طرف میوه کاهش می‌یابد (لایق و همکاران، ۱۳۸۸). بنابراین یکی از دلایل کاهش رشد گل و میوه در هدایت الکتریکی ۱/۹۵ (dS/m) در این آزمایش می‌تواند کاهش جریان آب به این اندام‌ها باشد.

از سوی دیگر هدایت الکتریکی مناسب باعث افزایش تورژسانس در بافت‌های گیاهی و همچنین افزایش میزان فتوسنتز در گیاهان گردیده و بدین طریق باعث افزایش نیاز به کربوهیدرات برای رشد می‌شود (Gupta and Huang, 2014). احتمالاً در این آزمایش نیز محدوده مناسب هدایت الکتریکی محلول غذایی (EC=۱/۳ dS/m) منجر به بهبود شاخص‌های مرتبط با ظرفیت فتوسنتزی شامل شاخص کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و سطح برگ ارقام توت‌فرنگی در مقایسه با سایر سطوح گردیده است. هدایت الکتریکی بهینه با تقویت ساختار کلروپلاست‌ها، افزایش میزان کلروفیل و پایداری رنگیزه‌های فتوسنتزی، باعث افزایش سطح فتوسنتزی گیاه شده که خود منجر به افزایش تثبیت دی‌اکسید کربن می‌شود که یکی از عوامل اصلی افزایش رشد و عملکرد گیاهان در اثر هدایت الکتریکی بهینه است (مؤمن‌پور و همکاران، ۱۳۹۴). مطالعات انجام‌شده نشان داده است که هدایت الکتریکی محلول غذایی در سطح بهینه منجر به رشد فیزیولوژیکی گیاهان از طریق جذب عناصر معدنی، کنترل باز و بسته شدن روزنه‌ها و افزایش تبادل گازهای جوی می‌شود. همچنین علت افزایش هدایت روزنه‌ای با هدایت الکتریکی بهینه افزایش تورژسانس سلولی به دلیل افزایش جذب آب توسط ریشه باشد که تحت سطوح بهینه هدایت الکتریکی محلول غذایی در گیاهان صورت گرفته باشد (Gupta and Huang, 2014). کاهش سطح برگ (منابع تولید) و عدم انتقال مواد یکی از عوامل مهم در کاهش وزن خشک برگ در گیاهان است، روند کاهش وزن خشک برگ همزمان با افزایش سطوح هدایت الکتریکی محلول غذایی که در پژوهش حاضر مشاهده گردید که با نتایج نظری‌دلجو و همکاران (۱۳۸۶) در یک راستا بود.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با افزایش سطح هدایت الکتریکی مواد جامد محلول افزایش معنی‌داری می‌یابد. در تأیید نتایج این آزمایش، در تحقیقی اثر دو سطح هدایت الکتریکی در دو محلول غذایی در یک محیط‌کشت بدون خاک در کدو سبز مورد بررسی قرار گرفت، میانگین محتوای کل مواد جامد محلول و اسیدیته در میوه در سطح هدایت الکتریکی بالاتر به طور معنی‌داری بیشتر بود (Liopa-Tsakalidi *et al.*, 2015). همچنین افزایش مواد جامد محلول میوه، ویتامین ث و اسیدیته قابل تیتراسیون در گوجه‌فرنگی با افزایش سطح هدایت الکتریکی گزارش شده است (آذرمی و چاپارزاده، ۱۳۹۷). افزایش سطوح هدایت الکتریکی موجب افزایش مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در گوجه‌فرنگی (Juarez-Lopez *et al.*, 2013; Krauss *et al.*, 2006) و توت‌فرنگی (D'Anna *et al.*, 2003) شد. گزارش شده است که طی شرایط نامساعد محیطی به منظور حفظ جذب آب در گیاهان، با استفاده از تنظیم اسمزی TSS (مواد جامد محلول کل) افزایش می‌یابد. علاوه‌براین، افزایش TSS، سازگاری فعال گیاهان برای مقابله با افزایش غلظت عناصر غذایی است و موجب جذب بیشتر آب می‌شود (Krauss *et al.*, 2006). افزایش مواد جامد محلول به دلیل جذب کمتر آب، تقسیم آب کمتر و غلیظ‌شدن آن است (لولایی و همکاران، ۱۳۹۲). افزایش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

مواد جامد کل و اسیدتیه قابل تیتراسیون همزمان با افزایش سطوح هدایت الکتریکی محلول غذایی که در پژوهش حاضر مشاهد گردید با نتایج Lee و Kader (۲۰۰۰) در گوشت میوه پاپایا و Bagale (۲۰۱۸) در توت‌فرنگی مطابقت دارد. در پژوهشی دیگر نیز گزارش شد که افزایش مواد جامد محلول در گوجه‌فرنگی با هدایت الکتریکی ۴/۵ dS/m ممکن است رابطه مهمی با ظرفیت میوه‌های تحت تنش برای تجمع اسمولیت‌ها داشته باشد که باعث جذب آب توسط ریشه‌ها می‌شود (Zushi and Matsuzoe, 2011). بنابراین باعث افزایش تولید مواد جامد محلول می‌گردد (Rodriguez *et al*., 2019).

هدایت الکتریکی عاملی بسیار مهم در محلول غذایی است که می‌تواند رشد و کیفیت گیاه را از طریق تغییر در جذب عناصر غذایی تحت تأثیر قرار دهد (Yu *et al*., 2016). بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان استنباط کرد که واکنش منفی صفات مورفولوژیکی به افزایش هدایت الکتریکی (EC=۱/۹۵ dS/m) در محلول غذایی، در نتیجه تأثیر منفی افزایش املاح موجود در محلول غذایی (عناصر پرمصرف) و سمیت ناشی از آن در سطوح زیاد هدایت الکتریکی باشد. علاوه‌براین رابطه آنتاگونیستی بین عناصر غذایی (Currey *et al*., 2019) می‌تواند عامل مهم دیگری در کاهش رشد در غلظت‌های زیاد باشد، بنابراین احتمالاً در پژوهش حاضر افزایش هدایت الکتریکی از ۱/۳ به ۱/۹۵ (dS/m) منجر به اختلال در جذب عناصر غذایی شده و متعاقباً منجر به تأثیر منفی بر شاخص‌های رشدی گیاه شده است. افزایش هدایت الکتریکی منجر به ایجاد تنش اسمزی و سمیت یونی در گیاه و در نتیجه کوچک‌شدن سطح برگ، کاهش سطح ویژه برگ، افزایش تبخیر و تعرق و غیرفعال‌شدن برخی از تنظیم‌کننده‌های رشد می‌شود که نتیجه آن، کاهش رشد و عملکرد گیاه است (Abou-Hadid *et al*., 1995; Ding *et al*., 2018). اکثر پژوهش‌های انجام‌شده نشان‌دهنده روند کاهشی اغلب صفات مورفولوژیکی گیاهان در شرایط تنش اسمزی ناشی از افزایش عناصر غذایی موجود در محلول غذایی، در سطوح بالای هدایت الکتریکی در کشت‌های بدون خاک است، به‌طور مثال در گیاه دارویی *Crepidiastrum denticulatum* گزارش شده است که تغییر غلظت عناصر غذایی در محدوده ۲/۵-۲ (dS/m) منجر به آسیب فیزیولوژیک در این گیاه می‌شود (Sato *et al*., 2004). در پژوهشی دیگر، تغذیه گیاه *Spathipyllum wallisii* در سطوح مختلف هدایت الکتریکی نشان داد که واکنش اندام‌های رویشی به سطح الکتریکی ۱/۲ (dS/m) در مقایسه با سطوح الکتریکی ۲، ۲/۵ و ۳ (dS/m) مطلوب‌تر است، این پژوهشگران کاهش شاخص‌های رشدی مانند وزن خشک و سطح برگ در سطوح هدایت الکتریکی بالا را در نتیجه کاهش کلروفیل، فتوسنتز و ظرفیت فتوسنتزی بیان کردند (Dewir *et al*., 2005). دلایل ذکرشده می‌تواند علت کاهش برخی شاخص‌های رشدی گیاه توت‌فرنگی در هدایت الکتریکی ۱/۹۵ (dS/m) باشد و به‌طورکلی می‌توان بیان نمود که هدایت الکتریکی ۱/۳ (dS/m) تأثیر مطلوب‌تری در شاخص‌های رشدی و عملکردی توت‌فرنگی به ویژه در رقم آلبیون داشت.

همان‌طور که در نتایج پژوهش حاضر مشاهده شد افزایش هدایت الکتریکی تا ۱/۹۵ (dS/m) منجر به افزایش نشت یونی در میوه‌های توت‌فرنگی(ارقام آلبیون و آروماس) شد. تغییرات لیپیدها در ساختار غشاء سلولی موجب افزایش نفوذپذیری غشاء نسبت به یون‌ها و ماکرومولکول‌ها می‌شود، علاوه‌براین یکی دیگر از عوامل افزایش نفوذپذیری غشاء نسبت به یون‌ها و ماکرومولکول‌ها کمبود آب است که با تأثیر بر ساختار غشایی موجب افزایش نفوذپذیری در آن می‌شود (دانشمند، ۱۳۹۲؛ امامی بیستگانی و بخشنده، ۱۴۰۰). بنابراین می‌توان چنین استنباط کرد که در پژوهش حاضر نیز با افزایش هدایت الکتریکی و کاهش جذب آب توسط ریشه موجب افزایش نشت یونی در توت‌فرنگی شده است.

مطالعه حاضر نشان داد که سطح هدایت الکتریکی ۱/۳ (dS/m) نتایج بسیار خوبی به‌دنبال داشت. در این تیمار صفات عملکرد کل و عملکرد قابل فروش میوه بالاتر از سطوح ۶۵/۰ و ۱/۹۵ (dS/m) بود. این می‌تواند به دلیل تأثیر مثبت و عدم سمیت این سطح هدایت الکتریکی برای گیاهان باشد. در واقع

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

می‌توان گفت گیاهان دچار تنش نبودند. بوته‌های توت‌فرنگی در این سطح از هدایت الکتریکی می‌توانند به خوبی رشد کنند. این مورد توسط Caruso و همکاران (۲۰۱۱) مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که کمترین هدایت الکتریکی (dS/m EC=۰/۳۸۱) برای تولید میوه توت‌فرنگی در فصل بهار مؤثر است. درصد میوه‌های غیرقابل فروش یک صفت نامطلوب بوده و افزایش هدایت الکتریکی در پژوهش حاضر منجر به افزایش میوه غیرقابل فروش گردید، نتایج مشابهی توسط Nguyen و همکاران (۲۰۲۱) به دست آمد، این پژوهشگران گزارش کردند که افزایش هدایت الکتریکی تا ۱ (dS/m) عملکرد نعنای ارغوانی (*Perilla frutescens*) و فروش آن تأثیری منفی دارد. کیفیت میوه رابطه مستقیمی با سطح هدایت الکتریکی داشت که مؤید کار تحقیقاتی Caruso و همکاران (۲۰۱۱) در توت‌فرنگی بود. میانگین تعداد میوه‌های قابل فروش در بوته، میانگین وزن تک میوه و درصد ماده خشک میوه به‌طور قابل‌توجهی تحت تأثیر سطوح هدایت الکتریکی قرار گرفت. به‌طوریکه ثابت شد هدایت الکتریکی ۱/۳ (dS/m) در افزایش درصد ماده خشک و وزن تک میوه نسبت به هدایت الکتریکی ۱/۹۵ (dS/m) بهتر است.

با توجه به مشاهدات صورت گرفته در قسمت آنالیز داده‌ها، افزایش ویتامین ث و آنتوسیانین با افزایش هدایت الکتریکی به دست آمد. مطالعات متعدد نتایج مثبت، منفی و یا بدون تغییر در محتوای آنتی‌اکسیدان‌ها شامل ویتامین ث و آنتوسیانین و تعامل با عوامل دیگر مانند رقم و شرایط رشد از جمله درجه حرارت و شدت نور را نشان داده‌اند (Kanayama and Kochetov, 2015). ویتامین ث یکی از مهمترین فاکتورهای کیفی در بسیاری از محصولات باغی و یک ماده ضروری برای انسان است. بیش از ۹۰ درصد ویتامین ث رژیم غذایی انسان توسط میوه‌ها و سبزیجات از طریق اسید آسکوربیک و دهیدروآسکوربیک اسید تأمین می‌شود (Lee and Kader, 2000). در این مطالعه، ویتامین ث روند افزایشی را تا ۱/۳ (dS/m) نشان داد. Ding و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که افزایش هدایت الکتریکی روی کلم منجر به افزایش محتوای اسید آسکوربیک می‌شود. در پژوهشی Muller و Hippe (۱۹۸۷) دریافتند که غلظت ویتامین ث با عرضه نیتروژن در کاهو همبستگی مثبت دارد. در پژوهش حاضر سطوح هدایت الکتریکی در اثر تغییر عناصر پرمصرف تغییر پیدا کرد که می‌تواند بر میزان ویتامین ث از طریق تأثیر در عرضه نیتروژن تأثیرگذار باشد. همچنین در پژوهشی Lee و Kader (۲۰۰۰) نشان دادند که بافت‌های گیاهی با دریافت شدت نور بیشتر در طول فصل رشد، محتوای ویتامین ث بیشتری را تولید می‌کنند. شدت نور نسبتاً بالا باعث می‌شود تا کارایی فتوسنتز در گیاهان افزایش یابد که این باعث انتقال بیشتر مواد قندی برای رشد و متابولیسم گیاه می‌شود. بر همین اساس با توجه به اینکه پژوهش حاضر نیز در فضای آزاد و در معرض مستقیم نور انجام گرفت، می‌تواند توجیه‌کننده تغییرات ویتامین ث باشد. گزارش شده است که توت‌فرنگی دارای انواع ضداکسایش‌های غیرآنزیمی از جمله ویتامین ث، ترکیبات فنولی، فلانوئیدی، آنتوسیانین، کارتنوئیدها و سایر متابولیسم‌های ثانویه است (Aminifard *et al*., 2013). در واقع سیستم دفاع غیرآنزیمی برای مهار گونه‌های اکسیژن فعال شامل ترکیبات فنولی، فلانوئیدها، آنتوسیانین، کارتنوئیدها، ویتامین ث، پرولین و غیره است (Daiponmak *et al*., 2010). افزایش غلظت این مولکول‌های زیستی نقش مهمی در کاهش آسیب‌های ناشی از تنش‌های محیطی و افزایش تحمل گیاه به این شرایط ایفا می‌کند (Daneshmand *et al*., 2010). گزارش شده است که افزایش سطوح هدایت الکتریکی در محلول‌های غذایی در گوجه‌فرنگی غلظت فنول، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و کاروتنوئیدها را به‌طور معنی‌داری افزایش داده است (Aminifard *et al*., 2013). بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر مشاهده می‌شود که ویتامین ث و پرولین تحت افزایش هدایت الکتریکی افزایش پیدا کرده و موجب تولید میوه توت‌فرنگی با کیفیت بالاتر شده است که هر دو رقم تقریباً نتایج نزدیک به هم داشتند.

نتیجه‌گیری

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

براساس نتایج آزمایش، امکان تولید ترت‌فرنگی در فضای آزاد به‌روش بدون خاک میسر گردید. همچنین سطح بهینه غلظت عناصر معدنی محلول غذایی (هدایت الکتریکی) نقش مهمی در بهبود پارامترهای رشد و نموی، عملکرد و کیفیت ارقام توت‌فرنگی مورد بررسی در کشت بدون خاک در فضای آزاد دارد. بر همین اساس محلول غذایی حاوی هدایت الکتریکی برابر ۱/۳ (dS/m) برای هر دو رقم مورد بررسی در فضای آزاد، توصیه می‌گردد.

منابع

آذرمی، رسول، و چاپارزاده، نادر (۱۳۹۷). تأثیر شوری و مرحله رسیدن میوه بر برخی خصوصیات کمی و کیفی میوه گوجه فرنگی در سیستم آبکشت. *مجله تولیدات گیاهی (علمی کشاورزی)*، ۱۴، ۱۰۲-۹۱. https://doi.org/10.22055/ppd.2018.20715.1432

امامی بیستگانی، زهره، و بخشنده، عبدالمهدی (۱۴۰۰). فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان دارویی. نشر آموزش (مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی)، تهران.

دانشمند، فاطمه (۱۳۹۲). اثر پیش‌تیمار آسکوربیک اسید در گیاه گوجه‌فرنگی و واکنش به تنش خشکی میزان تنش اکسیداتیو، اسمولیت‌ها، ترکیبات فنلی و پروتئین. *نشریه زیست‌شناسی گیاهی ایران*، ۵(۱۸)، ۶۶-۵۳. https://dorl.net/dor/20.1001.1.20088264.1392.5.18.5.7

رضوی، فرزانه، و خلقتی‌بنا، فاطمه (۱۳۹۶). مدیریت کشت و پرورش توت‌فرنگی در مزرعه و گلخانه. سازمان جهاد کشاورزی استان چهارمحال و بختیاری، مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی – اداره رسانه‌های آموزشی، *نشریه فنی*، ۳۳.

لایق، معصومه، پیوست، غلامعلی، سمیع‌زاده، حبیب‌الله، و خصوصی، محمد (۱۳۸۸). تأثیر شوری محلول غذایی بر رشد، عملکرد و صفات کیفی گوجه‌فرنگی در سیستم کشت بدون خاک. *مجله علوم باغبانی ایران*، ۴۵، ۷۷-۲۷. https://dorl.net/dor/20.1001.1.2008482.1388.40.4.2.5

مؤمن‌پور، علی، بخشی، داوود، ایمانی، علی، و رضایی، حامد (۱۳۹۴). اثر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در برخی از ژنوتیپ‌های انتخابی بادام پیوندشده روی پایه G. *فن‌آوری تولیدات گیاهی*، ۱۵، ۷۹۱-۷۰۲. https://doi.org/10.22069/jopp.2019.14325.2283

ماجدی، محسن (۱۳۷۳). روش‌های آزمایش شیمیایی مواد غذایی. انتشارات جهاد دانشگاهی تهران. تهران.

لولایی، ابوالفضل، سماوات، سعید، و حبیبی، شهروز (۱۳۹۲). بررسی اثر متقابل شوری و کلرید کلسیم بر صفات کیفی و عملکرد توت‌فرنگی رقم کاماروزا. *فصلنامه پژوهش‌های علوم گیاهی*، ۲۹، ۴۸-۳۶. https://dorl.net/dor/20.1001.1.76712423.1392.8.29.4.2

نظری‌دلجو، محمدجواد، طباطبایی، جلال، و جابریان همدانی، حمیده (۱۳۹۱). تأثیر غلظت‌های مختلف عنصرهای غذایی و بررسی تولید گیاه دارویی به‌لیمو (*Lippia citriodora* L.B.K.) در شرایط آبکشت. *مجله علوم و فنون باغبانی ایران*، ۱۳، ۳۱۹-۳۳۰.

ملک‌زاد، سیداحمد، تبریزی، لیلا، دلشاد، مجتبی، و عزیزی، الهام (۱۴۰۰). تأثیر میزان هدایت الکتریکی محلول غذایی بر خصوصیات کمی و کیفی سه اکوتیپ شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) در کشت هیدروپونیک. *نشریه تولید گیاهان زراعی*، ۱۴، ۱۴۰-۱۲۷. https://doi.org/10.22069/ejcp.2021.18554.2374

Abou-Hadid, A. F., Abd-Elmoniem, E. M., El-Shinawy, M. Z., & Abou-Elsoud, M. (1995). Electrical conductivity effect on growth and mineral composition of lettuce plants in hydroponic system. *Strategies for Market Oriented Greenhouse Production, 434*, 59-66. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1996.434.6

Aminifard, M. H., Aroiee, H., Nemati, H., Azizi, M., & Jaafar, H. Z. (2013). Fulvic acid affects pepper antioxidant activity and fruit quality. *African Journal of Biotechnology, 11*(68), 13179-13185. https://doi.org/10.5897/AJB12.1507

Bagale, K. V. (2018). The effect of electrical conductivity on growth and development of strawberries grown in deep tank hydroponic systems, a physiological study. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 7*(1S), 1939-1944.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

Barikloo, H, & Ahmadi, E. (2018). Shelf life extension of strawberry by temperatures conditioning, chitosan coating, modified atmosphere, and clay and silica nanocomposite packaging. *Scientia Horticulturae, 240*, 496-508. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.012

Bates, L. S., Waldren, R. A., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soi,l 39*, 205-207. https://doi.org/10.1007/BF00018060

Caruso, G., Villari, G., Melchionna, G., & Conti, S. (2011). Effects of cultural cycles and nutrient solutions on plant growth, yield and fruit quality of alpine strawberry (*Fragaria vesca* L.) grown in hydroponics. *Scientia Horticulturae, 129*(3), 479-485. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.04.020

Currey, C. J., Walters, K. J., & Flax, N. J. (2019). Nutrient solution strength does not interact with the daily light integral to affect hydroponic cilantro, dill, and parsley growth and tissue mineral nutrient concentrations. *Agronomy, 9*(7), 389. https://doi.org/10.3390/agronomy9070389

Daiponmak, W., Theerakulpisut, P., Thanonkao, P., Vanavichit, A., & Prathepha, P. (2010). Changes of anthocyanin cyanidin-3-glucoside content and antioxidant activity in Thai rice varieties under salinity stress. *Science Asia, 36*, 286-291. http://dx.doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2010.36.286

Daneshmand, F., Arvin, M. J., & Kalantari, K. M. (2010). Physiological responses to NaCl stress in three wild species of potato in vitro. *Acta Physiologiae Plantarum,32*, 91-101. https://doi.org/10.1007/s11738-009-0384-2

D'anna, F., Incalcaterra, G., Moncada, A., & Miceli, A. (2003). Effects of different electrical conductivity levels on strawberry grown in soilless culture. *In International Symposium on Managing Greenhouse Crops in Saline Environment, 609*, 355-360. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.609.53

Dewir, Y. H., Chakrabarty, D., Ali, M. B., Hahn, E. J., & Paek, K. Y. (2005). Effects of hydroponic solution EC, substrates, PPF and nutrient scheduling on growth and photosynthetic competence during acclimatization of micropropagated Spathiphyllum plantlets. *Plant Growth Regulation, 46*, 241-251. https://doi.org/10.1007/s10725-005-0161-1

Ding, X., Jiang, Y., Zhao, H., Guo, D., He, L., Liu, F., & Yu, J. (2018). Electrical conductivity of nutrient solution influenced photosynthesis, quality, and antioxidant enzyme activity of pakchoi (*Brassica campestris* L. ssp. Chinensis) in a hydroponic system. *PloS One, 13*, e0202090. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202090

Fussy, A, & Papenbrock, J. (2022). An overview of soil and soilless cultivation techniques—chances, challenges and the neglected question of sustainability. *Plants,11*(9), 1153. https://doi.org/10.3390/plants11091153

Ghasemi, K., Emadi, S. M., & Ghasemi, Y. (2018). Effect of different culture media on broccoli (*Brassica oleracea* var. Italica) yield components and mineral elements concentration in soilless culture. *Journal of Horticultural Science, 31*(4), 694-704. https://doi.org/10.22067/jhorts4.v31i4.58860

Gupta, B, & Huang, B. (2014). "Mechanism of salinity tolerance in plants: Physiological, biochemical, and molecular characterization. *Hindawi Publishing Corporation International Journal of Genomics, 18*, 1-12. https://doi.org/10.1155/2014/701596

Juarez-Lopez, P., Medina-Torres, R., Cruz-Crespo, E., Reed, D. W., Kent, M., Cisneros-Zevallos, L., & Ramirez-Vallejo, P. (2013). Effect of electrical conductivity of the nutrient solution on fruit quality of three native tomato genotypes (*Lycopersicon esculentum* var. Cerasiforme). *In International Symposium on Growing Media and Soilless Cultivation, 1034*, 505-508. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1034.63

Kanayama, Y, & Kochetov, A. (2015). Abiotic Stress Biology in Horticultural Plants. Springer, New York, NY, USA. https://doi.org/10.1007/978-4-431-55251-2

Krauss, S., Schnitzler, W. H., Grassmann, J., & Woitke, M. (2006). The influence of different electrical conductivity values in a simplified recirculating soilless system on inner and outer fruit quality characteristics of tomato. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54*(2), 441-448. https://doi.org/10.1021/jf051930a

Lee S. K. & Kader, A. A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biololgy and Technology, 20*, 207-220. https://doi.org/10.1016/S0925-5214 (00)00133-2

Lee, J., Durst, R. W., Wrolstad, R. E., & Collaborators, E. (2005). Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative study. *Journal of AOAC international, 88*(5), 1269-1278. https://doi.org/10.1093/jaoac/88.5.1269

Liopa-Tsakalidi, A., Barouchas, P., & Salahas, G. (2015). Response of zucchini to the electrical conductivity of the nutrient solution in hydroponic cultivation. *Agriculture and Agricultural Science Procedia, 4*, 459-462. https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.03.053

Lutts, S., Kinet, J. M., & Bouharmont, J. (1996). NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany, 78*, 389-398. https://doi.org/10.1006/anbo.1996.0134

Muller K. & Hippe, J. (1987). Influence of differences in nutrition on important quality characteristics of some agricultural crops. *Plant and Soil, 100*, 35-45. https://doi.org/10.1007/978-94-009-3627-0_4.

Newerli-Guz, J., Smiechowska, M., Drzewiecka, A., & Tylingo, R. (2023). Bioactive ingredients with health-promoting properties of strawberry fruit (*Fragaria* × *ananassa* Duchesne). *Molecules, 28*(6), 2711.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

Nguyen, T. K. L., Moon-San, Y., & Myung-Min, O. (2021). Effect of a newly-developed nutrient solution and electrical conductivity on growth and bioactive compounds in *Perilla frutescens* var. Crispa. *Agronomy, 11*, 1-16. https://doi.org/10.3390/agronomy11050932

Ritchie, S. W., Nguyen, H. T., & Holaday, A. S. (1990). Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop science, 30*, 105-111. https://doi.org/10.2135/cropsci1990.0011183X003000010025x

Rodriguez, F., Pedreschi, R., Fuentealba, C., de Kartzow, A., Olaeta, J. A., & Alvaro, J. E. (2019). The increase in electrical conductivity of nutrient solution enhances compositional and sensory properties of tomato fruit cv. Patron. *Scientia Horticulturae, 244*, 388-398. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.09.059

Roussos, P. A., Sefferou, V., Denaxa, N. K., Tsantili, E., & Stathis, V. (2011). Apricot (*Prunus armeniaca* L.) fruit quality attributes and phytochemicals under different crop load. *Scientia Horticulturae, 129*, 472-478. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.04.021

Sato, S., Ikeda, H., Furukawa, H., Murata, Y., & Tomoda, M. (2004). Effects of nutrient solution concentration on inorganic and glycyrrhizin contents of *Glycyrrhiza glabra* Linn. Yakugaku Zasshi. *Journal of the Pharmaceutical Society of Japan, 124*, 705-709. https://doi.org/10.1248/yakushi.124.705

Yu, J., Jang, I. B., Suh, S. J., & Kweon, K. B. (2016). Effects of nutrient solution on growth and amount of ginsenoside of twoyear old ginseng grown under hydroponic culture. *Korean Journal of Medicinal Crop Science, 24*, 198-206. https://doi.org/10.7783/KJMCS.2016.24.3.198

Zushi, K. & Matsuzoe, N. (2011). Utilization of correlation network analysis to identify differences in sensory attributes and organoleptic compositions of tomato cultivars grown under salt stress. *Scientia Horticulturae, 129*, 18-26. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.02.011

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

Influence of electrical conductivity of nutrient solution on growth, development, and quality parameters of open field-grown strawberry (*Fragaria* x *ananassa* Duch.) in soilless cultivation

Jalil Rahim Doust, Mohammad Javad Nazarideljou* and Mousa Arshad

Department of Horticultural Science, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran
(Received: 2023/04/12, Accepted: 2023/09/19)

Abstract

This research was conducted with the objective of cultivating two strawberry cultivars under soilless conditions in an open field and examining the influence of varying electrical conductivity (EC) levels in the nutrient solution. The experiment employed a factorial design based on a randomized complete block design with four replications, considering two cultivars (Albion and Aromas) and three EC levels: 0.65, 1.3, and 1.95 (dS/m). Throughout the experiment, we assessed a range of developmental, qualitative, and biochemical traits of strawberries under the various treatment conditions. The results indicated that the majority of the traits examined were significantly affected by both the cultivar type and the concentration of the nutrient solution (EC). Notably, the Aromas variety exhibited the highest fruit yield per plant, recording 314.01 grams. Furthermore, among the different EC levels tested, 1.3 (dS/m) demonstrated superior effects on the growth, biochemical composition, and performance indicators of both strawberry cultivars. An increase in EC from 1.3 to 1.9 (dS/m) resulted in decreased values for several indicators, including leaf surface area (75% reduction), leaf dry weight (31.5% reduction), fruit shelf life (19% reduction), chlorophyll index (9% reduction), relative leaf juice content (14% reduction), vitamin C content (4% reduction), and a substantial 28% reduction in anthocyanin content. Conversely, ion leakage, dissolved solids, and proline content increased by 10%, 21%, and 24%, respectively, at the highest nutrient solution concentration (EC: 1.9 dS/m) compared to the concentration of 1.3 (dS/m). In conclusion, the results of this experiment highlight the significance of maintaining an EC concentration of 1.3 (dS/m) as the optimal nutrient solution concentration for soilless cultivation in an open field. This concentration substantially influenced both the yield and quality of strawberries produced in this particular agricultural system.

Keywords: Dehydration, Hydroponic, Open Field, Strawberry, Yield

Corresponding author, Email: nazarideljou@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]