

مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی عملکرد و بهره‌وری مصرف آب گیاه توت‌فرنگی گلخانه‌ای تحت سطوح مختلف آبیاری در بسترهای کشت خاکی و غیرخاکی

شمسی رضایی^۱، حمید زارع ایبانه^{۲*}، حسن ساری‌خانی^۳، مهدی جوزی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۳/۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۵/۲

چکیده

به منظور بررسی تاثیر بستر کشت بر عملکرد، بهره‌وری آب و برخی ویژگی‌های رشد گیاه توت‌فرنگی، آزمایشی در گلخانه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور بستر کشت و سطوح آبیاری انجام شد. تیمارهای آبیاری در سه سطح شامل آبیاری کامل (FI)، کم‌آبیاری به میزان ۸۰ (DI80) و ۶۰ درصد نیاز آبی (DI60) و چهار بستر کشت شامل خاک (Soil)، کوکوپیت:پرلیت با نسبت‌های حجمی ۷۰:۳۰ (C30 P70)، ۶۰:۴۰ (C40 P60) و ۵۰:۵۰ درصد (C50 P50) بود. نتایج نشان داد بیشترین مقادیر عملکرد میوه و بهره‌وری آب در بین تیمارهای بستر کشت به ترتیب به مقدار ۸/۹۹ کیلوگرم بر متر مربع و ۴۱/۵۳ کیلوگرم بر مترمکعب به بستر C50 P50 اختصاص یافت و در بین تیمارهای آبیاری به ترتیب ۹/۵۳ کیلوگرم بر متر مربع و ۳۵/۸۸ کیلوگرم بر مترمکعب به تیمار FI تعلق داشت. بیشترین مقادیر عملکرد و بهره‌وری آب در شرایط اثرات متقابل عوامل مورد بررسی به ترتیب به مقدار ۱۱/۴۱ کیلوگرم بر متر مربع در ترکیب بستر C50 P50 با آبیاری کامل و ۴۴/۷۸ کیلوگرم بر مترمکعب در ترکیب بستر C50 P50 با سطح ۸۰ درصد نیاز آبی حاصل شد. براساس نتایج حاصل این پژوهش در صورت اعمال کم‌آبیاری، بستر C50 P50 با اعمال کم‌آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی قابل پیشنهاد است.

واژه‌های کلیدی: توت‌فرنگی رقم سابرینا، شاخص‌های رشد، کشت بدون خاک، کم‌آبیاری

مقدمه

al., 2007). کشت گلخانه‌ای راه‌کاری موثر در افزایش بهره‌وری آب و امکان کنترل بیشتر پخش و توزیع مواد غذایی برای گیاهان است. بستر کشت خاکی و غیر خاکی بر رشد و تولید محصولات اثرگذار بوده و انتخاب مناسب آن یکی از عوامل موثر در تولید موفق محصولات کشاورزی می‌باشد (Afsharipoor and Roosta, 2010). از جمله ویژگی‌های مواد بستر کشت ظرفیت نگهداری بالای آب و مواد غذایی، تهویه کافی، زهکشی مناسب، ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و عدم تأثیر منفی بر رشد گیاه است (Majdi et al., 2012). استفاده از ماده معدنی پرلیت و ماده آلی کوکوپیت جزء بسترهای متداول کشت می‌باشد. پرلیت ماده معدنی حاصل از فعالیت سنگ آتش‌فشانی است که فاقد قدرت تبادل کاتیونی و مواد غذایی بوده و بیشتر برای افزایش قدرت هوادهی بستر کاشت کاربرد دارد (جعفرنیا و همکاران، ۱۳۹۷). کوکوپیت از نظر فیزیکی ماده‌ای اسفنجی شبیه پیت‌ماس، با منشاء آلی از پوسته میوه نارگیل، دارای خلل و فرج بالا، تهویه خوب، ظرفیت نگهداری بالای آب، دوام زیاد و پایداری فیزیکی مناسب است (Ahmed and Gohnson, 2000).

رشد جمعیت و گسترش کشاورزی از یک سو و تقاضای برداشت بیشتر از منابع محدود آب از سوی دیگر، ضرورت افزایش بهره‌وری آب با کشت در محیط‌های کنترل شده را نشان می‌دهد. فصلی بودن تولیدات کشاورزی سبب شده تا امکان تولید محصولات در خارج از فصل از طریق کشت گلخانه‌ای مد نظر قرار گیرد (Tehranifar et

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران

۲- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران

۳- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران

۴- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

(Email: zare@basu.ac.ir)

*- نویسنده مسئول:

شامل کوکوپیت و پرلیت در گلخانه است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در گلخانه پژوهشی دانشگاه بوعلی سینا با مختصات جغرافیایی ۳۴ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی، ۴۸ درجه و ۲۸ دقیقه طول شرقی و میانگین ارتفاع ۱۸۲۰ متر از سطح دریا انجام شد. این آزمایش برای بررسی اثر بستر کشت بر برخی ویژگی‌های رشد و عملکرد گیاه توت‌فرنگی رقم سابرینا به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور بستر کشت (کوکوپیت و پرلیت با نسبت‌های حجمی ۳۰ و ۷۰ (C30 P70)، ۴۰ و ۶۰ (C40 P60)، ۵۰ و ۵۰ درصد (C50 P50) و شاهد خاک (Soil) و سطوح آبیاری (شامل آبیاری کامل (FI)، کم‌آبیاری به‌میزان ۸۰ (DI80) و ۶۰ درصد نیاز آبی (DI60) در ۱۲ تیمار ۳ تکرار انجام شد. پارامترهای مورد ارزیابی گیاه توت‌فرنگی نیز شامل طول ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک اندام زیرزمینی، تعداد میوه در بوته، وزن تک میوه، عملکرد میوه و بهره‌وری آب بود. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بستر خاک و ویژگی‌های فیزیکی بسترهای ترکیبی در جداول ۱ ارائه شده است.

بافت خاک بستر خاکی مورد استفاده با توجه به درصد اندازه ذرات رس (۲۷ درصد)، سیلت (۱۹ درصد) و شن (۵۴ درصد)، لومی‌رسی شنی بود که بافتی سبک و مناسب برای گشت گلخانه‌ای گیاه توت‌فرنگی است. لازم به ذکر است که بافت خاک به‌روش هیدرومتری (Bauycos, 1962)، قابلیت هدایت الکتریکی و اسیدیته عصاره اشباع با هدایت‌سنج مدل EUTEOH، نیتروژن کل به‌روش کج‌لدال، فسفر کل به‌روش اولسن و سامرز (Olsen and Sommers, 1982)، پتاسیم به‌روش اسپکتوفتومتری، رطوبت ظرفیت زراعی با دستگاه صفحات فشاری و جرم مخصوص ظاهری به‌روش سیلندرهای فلزی تعیین شد. ویژگی‌های فیزیکی بستر ترکیبی کوکوپیت-پرلیت نیز مطابق دستورالعمل راویو و همکاران تعیین گردید (Ravive and Lieth, 2007). کیفیت آب آبیاری براساس طبقه‌بندی آزمایشگاه شوری خاک آمریکا در کلاس C2S1 بود.

بوته‌های توت‌فرنگی در مرحله سه برگی پس از ضد عفونی با قارچ‌کش رورال^۲ یک در هزار در شروع هفته سوم اسفندماه ۱۳۹۶ به گلدان‌های پلاستیکی با قطر ۱۸ و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر منتقل شدند. در کف تمامی گلدان‌ها یک لایه ۳ سانتی‌متری سنگ‌ریزه و ۴ سوراخ ۵ میلی‌متری جهت تبادل هوا و خروج آب اضافی ایجاد گردید. از دو دسته کود استوک یک کیلوگرمی A و B، حاوی عناصر کم‌مصرف و پرمصرف برای رشد گیاه، در بستر کوکوپیت-پرلیت به‌عنوان محلول

مطابق گزارش فائو سطح زیر کشت جهانی توت‌فرنگی ۳۹۵۸۴۴ هکتار و تولید آن ۹۲۲۳۸۱۵ تن و میانگین عملکرد آن ۲۳۳۰۱/۷ کیلوگرم در هکتار است (FAO, 2017). سطح زیر کشت توت‌فرنگی در ایران ۵۷۱۸ هکتار با میانگین عملکرد ۱۱۸۳۱ کیلوگرم در هکتار و تولید کل کشور ۶۴۰۹۷ تن می‌باشد که استان‌های کردستان، مازندران و گلستان به‌ترتیب بیشترین تولید در کشور را دارند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷). از حدود ۹ هزار هکتار گلخانه در سطح کشور، ۵/۱ درصد آن (۴۸۹/۱ هکتار) به کشت توت‌فرنگی اختصاص دارد. میزان تولید توت‌فرنگی در گلخانه‌های کشور حدود ۲۱۴۶۱ تن و عملکرد آن ۴۳۸۸۱ کیلوگرم در هکتار است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷). توت‌فرنگی به‌دلیل داشتن سیستم ریشه‌ای سطحی، سطح برگ زیاد و آبدار بودن میوه به حجم آب بالایی نیاز دارد (Klamkowski and Treder, 2006). کمبود آب با تأثیر بر ویژگی‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی مراحل مختلف رشد و نمو گیاه باعث کاهش فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، عملکرد ماده خشک و در نهایت عملکرد گیاه می‌شود (Ghaderi et al., 2015). خدامرادی و همکاران (۱۳۹۸) نشان دادند ترکیبات آلی، نقش مهمی در فراهم کردن مواد غذایی جهت افزایش رشد ریشه، ساقه و عملکرد گیاه توت‌فرنگی رقم سابرینا^۱ دارد. لویز در پژوهشی نشان داد توت‌فرنگی‌های رشد یافته در بسترهای غیر خاکی مانند پیت، زودرس و سنگین‌تر هستند (Lopez, 2002). پورحسینی و همکاران (۱۳۸۹) توانایی کوکوپیت در نگهداشت آب و مواد غذایی را موجب افزایش رشد رویشی بوته‌ها و تعداد برگ‌های گیاه توت‌فرنگی در مقایسه با بستر کشت خاکی گزارش نمودند. کوکوپیت با تأثیر در اسیدیته (pH) بستر کشت، موجب جذب عناصر غذایی و رشد مطلوب گیاه توت‌فرنگی می‌گردد (دیلمقانی‌حسنلویی و همتی، ۱۳۹۰). نتایج آزمایش جعفرلو و همکاران (۱۳۹۵) روی اثر تراکم و نوع بستر کشت توت‌فرنگی در کشت هیدروپونیک نشان داد که بیشترین و کمترین عملکرد با ۱/۱۷ و ۱/۸۷ کیلوگرم در متر مربع به‌ترتیب از بستر کشت کوکوپیت-پرلیت به نسبت مساوی و بستر پرلیت حاصل شد. ارس و آناپالی از بسترهای کشت ۱۰۰ درصد پرلیت، ۱۰ درصد خاک + ۹۰ درصد پرلیت، ۲۰ درصد خاک + ۸۰ درصد پرلیت، ۳۰ درصد خاک + ۷۰ درصد پرلیت، ۴۰ درصد خاک + ۶۰ درصد پرلیت، ۵۰ درصد خاک + ۵۰ درصد پرلیت برای گیاه توت‌فرنگی استفاده نمود. نتایج آزمایش آن‌ها نشان داد طول و وزن تر ریشه در بسترهای حاوی درصد بالای خاک، بیشتر بود (Ors and Anapali, 2010).

هدف از انجام این پژوهش ارزیابی عملکرد میوه، بهره‌وری مصرف آب و برخی مولفه‌های رشد گیاه توت‌فرنگی (رقم سابرینا) تحت سطوح مختلف آبیاری در بسترهای کشت خاکی و غیرخاکی

تیمارهای ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی، مقدار آب آبیاری به دست آمده برای تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی) را به ترتیب در ضریب ۰/۸ و ۰/۶ ضرب و مقدار حاصل در اختیار تیمارهای ذکر شده قرار می‌گرفت.

غذایی استفاده شد. پی‌اچ محلول غذایی به کمک اسید نیتریک ۶۵ درصد در محدوده ۶/۵-۶ تنظیم شد. تیمارهای آبیاری در مرحله ۵ برگه، یعنی شش هفته پس از استقرار نشاءها اعمال گردید. تامین آب مورد نیاز در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی براساس اختلاف رطوبت هر گلدان نسبت به رطوبت ظرفیت زراعی بود. برای تامین مقدار آب در

جدول ۱- برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک و مشخصات فیزیکی بسترهای ترکیبی مورد استفاده

| بستر | هدایت الکتریکی | اسیدیته | رطوبت در ظرفیت زراعی | جرم مخصوص ظاهری | فسفر | پتاسیم | ازت |
|--------------|----------------|---------|----------------------|-------------------|--|---------|-------|
| خاک | dS/m | (-) | (اعشار) | g/cm ³ | (ppm) | (ppm) | (ppm) |
| | ۲۱/۱۹ | ۷/۷۴ | ۰/۱۹ | ۱/۳۳ | ۱۳/۳۵ | ۱۸۹ | ۰/۱ |
| کوکویت+پرلیت | هدایت الکتریکی | اسیدیته | ظاهری | حقیقی | تخلخل کل رطوبت در ظرفیت زراعی ظرفیت نگهداشت آب | | |
| | dS/m | (-) | g/cm ³ | g/cm ³ | (%) | (اعشار) | (%) |
| | ۰/۸۲ | ۶/۷۴ | ۰/۱۵۴ | ۱/۰۶۹ | ۸۵/۵ | ۰/۱۲۱ | ۵۷/۹۲ |
| | ۰/۹۱ | ۶/۶۷ | ۰/۱۵۰ | ۱/۰۲۲ | ۸۵/۳ | ۰/۱۳۰ | ۶۷/۰۶ |
| | ۱/۰ | ۶/۶۱ | ۰/۱۴۵ | ۰/۹۷ | ۸۴/۷ | ۰/۱۳۶ | ۷۶/۲۰ |

تیمارهای ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی، به ترتیب ۰/۸ و ۰/۶ نیاز آبی تیمار ۱۰۰ درصد (شاهد) در نظر گرفته شد. در نهایت تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه آماری میانگین پارامترهای مورد بررسی از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح یک و پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

مقدار آب آبیاری

در شکل ۱ میزان مصرف آب آبیاری طی فصل کشت توت‌فرنگی در تیمارهای مختلف آبیاری نشان داده شده است. نتایج شکل ۱ نشان می‌دهد که مقدار آب آبیاری در تیمارهای FI، DI80 و DI60 به ترتیب ۲۶۵، ۲۲۴ و ۱۸۳ میلی‌متر بود.

طول ریشه گیاه

در جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری و بستر کشت بر صفات مورد بررسی گیاه توت‌فرنگی ارائه شده است. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد اثر تیمارهای بستر کشت و نیاز آبیاری و اثرات متقابل آن‌ها بر کلیه صفات به‌جز وزن خشک ریشه و وزن تک میوه (در سطوح آبیاری) اثر معنی‌داری ($P \leq 0.01$) دارد. اریکسلی و همکاران نیز اثرگذاری متفاوت محیط‌های مختلف کشت، بر صفات رویشی طول ریشه توت‌فرنگی و وزن تر و خشک آن را گزارش نمودند (Ercisli et al., 2005).

پس از رسیدن محصول و برداشت توت‌فرنگی، وزن میوه‌های هر بوته و عملکرد هر تیمار در تکرارهای مشابه با ترازوی دیجیتالی دارای دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. وزن خشک میوه‌ها نیز با برش‌های ورقه‌ای میوه‌ها و خشک نمودن آن‌ها در آون پس از ۴۸ ساعت تحت دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. در نهایت در روز ۹۵ ام پس از کشت قسمت هوایی گیاه از محل طوقه جدا و وزن تر و خشک اندام هوایی و اندام زیرزمینی تعیین گردید. طول ریشه توسط خط‌کش دارای دقت ۱ میلی‌متر اندازه‌گیری گردید (خدامرادی و همکاران، ۱۳۹۶؛ مشفق و همکاران، ۱۳۹۳).

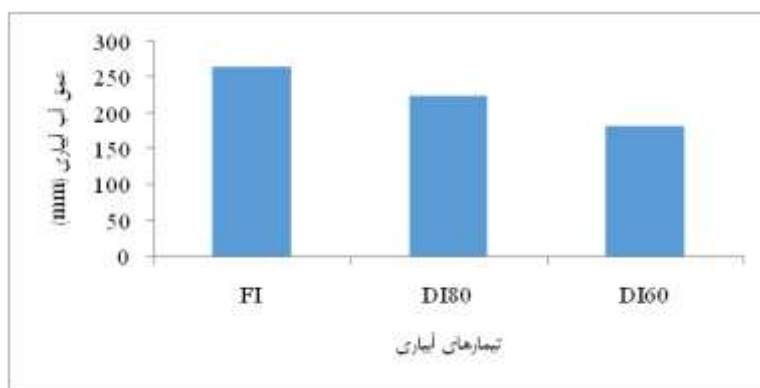
مقدار بهره‌وری آب (WP) از نسبت عملکرد میوه (Y) به مقدار آب مصرفی (Ig) در قالب رابطه ۱ تعیین شد (جوزی و زارع ایبانه، ۱۳۹۴).

$$WP = \frac{Y}{Ig} \quad (1)$$
 که در آن WP بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب، Ig بر حسب متر مکعب و Y بر حسب کیلوگرم می‌باشد.

همچنین برای تعیین آب مصرفی (Ig) در تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی) از رابطه ۲، به صورت زیر استفاده شد.

$$Ig = (\theta_{fc} - \theta_i) \times Drz \times A \quad (2)$$

در آن Ig عمق آب آبیاری بر حسب m^3 ، θ_{fc} رطوبت حجمی ظرفیت زراعی بستر شاهد بر حسب اعشار و θ_i رطوبت حجمی قبل آبیاری بستر شاهد بر حسب اعشار، A مساحت گلدان بر حسب m^2 و Drz عمق گلدان بر حسب متر می‌باشد. برای تعیین رطوبت خاک قبل از آبیاری با یک میکرو اگر (مته) نمونه‌ای از بستر شاهد برداشته و سپس با ترکیبی از مواد مشابه بستر پر می‌شد و نمونه خاک در آون دمای ۱۰۵ درجه به مدت ۲۴ ساعت خشک می‌شد. مقدار آب آبیاری



شکل ۱- میزان آب آبیاری طی فصل کشت توت‌فرنگی در تیمارهای مختلف آبیاری

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری بر ویژگی‌های رشد و عملکرد توت‌فرنگی رقم ساب‌رینا در چهار بستر آزمایش

| میانگین مربعات (MS) | | وزن اندام هوایی | | وزن ریشه | | طول ریشه | | درجه آزادی | منابع تغییر | |
|--------------------------------|--------------------|---------------------|---------|--------------------|---------|----------|----------|------------|-------------|-------------------------------|
| وزن تک میوه عملکرد بهره‌وری آب | تعداد میوه در بوته | تر خشک | تر خشک | تر خشک | تر خشک | تر خشک | تر خشک | | | |
| ۶۶۶/۷۹** | ۳۳/۲۷** | ۱۷۲/۸** | ۵۶/۰۲** | ۰/۰۸ ^{ns} | ۲۶/۵۳** | ۱۰۴/۸۰** | ۵۳۳/۷۹** | ۷۱/۸۰** | ۳ | بستر کشت |
| ۷۴/۷۱** | ۴۳/۴۶** | ۲۶/۴۸ ^{ns} | ۷۵/۴۴** | ۰/۰۳ ^{ns} | ۸۲/۶۴** | ۵۳/۷۵** | ۹۸۳/۸۶** | ۲۳۰/۵۲** | ۲ | سطوح آبیاری |
| ۲۳/۵۴** | ۱/۰۷** | ۶۱/۸۲* | ۲۹/۵۴** | ۰/۱۳ ^{ns} | ۰/۸۵** | ۲/۶۳** | ۱۶/۸۶** | ۱۰/۹۷** | ۶ | اثر متقابل بستر و سطوح آبیاری |
| ۱/۶۰ | ۰/۰۶ | ۲۱/۷۱ | ۱/۶۹ | ۰/۰۴ | ۲/۴۴ | ۰/۷۰ | ۰/۹۲ | ۴/۶۷ | ۲۴ | خطای آزمایشی |
| ۳/۷۶ | ۳/۱۹ | ۲۰/۰۳ | ۱۴/۷۸ | ۱۵/۸۹ | ۱۳/۶۱ | ۱۲/۰۴ | ۳/۶۸ | ۸/۶۸ | - | ضریب تغییر (درصد) |

^{ns}، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد ($P \leq 0.05$ و $P \leq 0.01$)

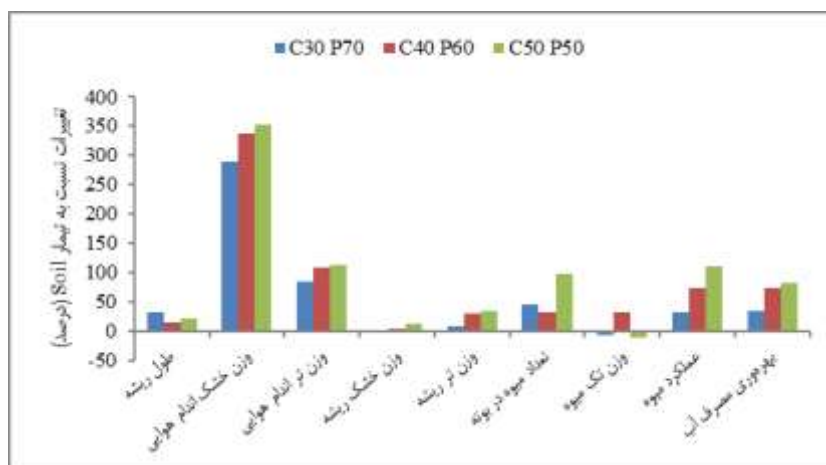
در شکل‌های ۲ تا ۴ درصد تغییرات طول ریشه و سایر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده گیاه توت‌فرنگی در بسترهای متفاوت کشت، تیمارهای مختلف آبیاری و اثرات متقابل عامل‌های مورد بررسی نسبت به تیمار شاهد نشان داده شد. که بر این اساس بیشترین درصد تغییرات طول ریشه نسبت به تیمار شاهد در بسترهای متفاوت کشت، تیمارهای مختلف آبیاری و اثرات متقابل عامل‌های مورد بررسی به ترتیب به تیمارهای C30 P70، C30 P70 × DI60 و DI60 به میزان ۳۱/۸، ۴۰/۷ و ۱۰۰ درصد اختصاص داشت (شکل‌های ۲ تا ۴). خدامرادی و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی روی گیاه توت‌فرنگی اظهار داشتند که مواد آلی موجود در بسترهای غیرخاکی سبب افزایش متابولیسم ریزجانداران، افزایش جذب عناصر غذایی، بهبود وضعیت فیزیکی و افزایش رشد ریشه و ساقه می‌شوند. در خصوص بیشتر بودن مقدار طول ریشه در تیمار DI60، می‌توان اظهار داشت که گیاه تحت تأثیر کاهش مقدار آب آبیاری با مکانیسم افزایش طول ریشه سعی در جذب آب از اعماق پایین‌تر را دارد. هریس و کمپیل تغییرات صفت طول ریشه اصلی را عمدتاً ژنتیکی دانسته و عوامل محیطی از جمله کاهش مقدار رطوبت را نیز روی آن موثر می‌دانند (Harris and Campbell, 1989).

مقایسه میانگین داده‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است که بر اساس آن، بیشترین طول ریشه در بین تیمارهای بستر کشت مربوط به تیمار C30 P70 به میزان ۲۸/۱۱ سانتی‌متر و در بین تیمارهای آبیاری مربوط به تیمار DI60 به میزان ۲۹/۶۶ سانتی‌متر و در شرایط اثرات متقابل عامل‌های مورد بررسی به تیمار C30 P70 × DI60 به میزان ۳۶ سانتی‌متر اختصاص یافت. در بین تیمارهای بستر کشت کمترین طول ریشه، به میزان ۲۱/۳۳ سانتی‌متر به تیمار بستر خاک (Soil) تعلق داشت. در بین تیمارهای آبیاری، کمترین مقدار آن به میزان ۲۱/۰۸ سانتی‌متر به تیمار FI اختصاص یافت. در شرایط اثرات متقابل نیز کمترین طول ریشه (۱۸ سانتی‌متر) به تیمار Soil × FI اختصاص داشت. مطابق نتایج جدول ۳ برهم‌کنش کاهش مقدار آب آبیاری با بستر کشت موجب افزایش اندازه طول ریشه گردید. به گونه‌ای که در بستر خاکی اندازه طول ریشه از ۱۸ سانتی‌متر در سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری به ۲۶ سانتی‌متر در سطح ۶۰ درصد نیاز آبیاری افزایش یافت. در بسترهای غیر خاکی نیز به‌طور مشابه افزایش طول ریشه در نتیجه برهم‌کنش سطح آبیاری قابل مشاهده است. به‌عنوان نمونه در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد از بستر C30 P70 طول ریشه ۲۲/۶۶ سانتی‌متر است که با کاهش نیاز آبیاری به ۶۰ درصد طول ریشه در همین بستر به ۳۶ سانتی‌متر افزایش یافت.

جدول ۳- مقایسه میانگین برخی ویژگی‌های مشاهداتی گیاه توت‌فرنگی در تیمارهای بستر کشت، آبیاری و اثرات متقابل آن‌ها

| عامل | تیمار | طول ریشه cm | وزن اندام هوایی | | وزن ریشه | | تعداد میوه در بوته | وزن تک میوه gr | عملکرد (kg/m ²) | بهره‌وری آب (kg/m ³) |
|----------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| | | | خشک gr | تر gr | خشک gr | تر gr | | | | |
| بستر کشت | Soil | ۲۱/۳۳ ^c | ۲/۰۴ ^c | ۱۴/۶۳ ^c | ۱/۲۹ ^a | ۹/۷۳ ^b | ۶/۱۱ ^c | ۲۲/۵۵ ^b | ۴/۲۷ ^d | ۲۲/۸۸ ^d |
| | C30 P70 | ۲۸/۱۱ ^a | ۷/۹۵ ^b | ۲۷/۱۰ ^b | ۱/۳۰ ^a | ۱۰/۴۳ ^b | ۸/۸۸ ^b | ۲۱/۱۳ ^b | ۵/۶۶ ^c | ۳۰/۹۶ ^c |
| | C40 P60 | ۲۴/۳۳ ^b | ۸/۹۱ ^a | ۳۰/۵۳ ^a | ۱/۳۵ ^a | ۱۲/۷۶ ^a | ۸/۱۱ ^b | ۲۹/۶۱ ^a | ۷/۴۴ ^b | ۳۹/۷۳ ^b |
| نیاز آبیاری | C50 P50 | ۲۵/۶۶ ^b | ۹/۲۴ ^a | ۳۱/۲۰ ^a | ۱/۴۴ ^a | ۱۳/۱۴ ^a | ۱۲/۱۱ ^a | ۱۹/۷۷ ^b | ۸/۹۹ ^a | ۴۱/۵۳ ^a |
| | FI | ۲۱/۰۸ ^c | ۹/۰۰ ^a | ۳۳/۸۰ ^a | ۱/۲۶ ^a | ۱۳/۹۷ ^a | ۱۱/۴۱ ^a | ۲۱/۷۱ ^a | ۹/۵۳ ^a | ۳۵/۸۸ ^a |
| | DI80 | ۲۳/۸۳ ^b | ۷/۲۰ ^b | ۲۷/۸۰ ^b | ۱/۳۱ ^a | ۱۱/۹۶ ^b | ۸/۵۸ ^b | ۲۳/۴۷ ^a | ۷/۷۵ ^b | ۳۴/۴۲ ^b |
| اثر متقابل بستر کشت و تنش رطوبتی | DI60 | ۲۹/۶۶ ^a | ۴/۹۲ ^c | ۱۶/۰۰ ^c | ۱/۳۶ ^a | ۸/۷۱ ^c | ۶/۴۳ ^c | ۲۴/۶۶ ^c | ۵/۷۳ ^c | ۳۱/۰۲ ^c |
| | Soil × FI | ۱۸/۰۰ ^g | ۲/۸۲ ^e | ۲۱/۰۹ ^e | ۱/۲۶ ^a | ۱۲/۷۳ ^{bc} | ۸/۶۶ ^{cd} | ۲۰/۷۸ ^{bc} | ۷/۰۱ ^e | ۲۶/۳۸ ^{fg} |
| | Soil × DI80 | ۲۰/۰۰ ^{fg} | ۲/۰۹ ^{ef} | ۱۵/۷۵ ^g | ۱/۲۹ ^a | ۱۰/۱۳ ^c | ۶/۰۰ ^e | ۲۳/۷۷ ^{bc} | ۵/۵۱ ^g | ۲۴/۴۶ ^g |
| | Soil × DI60 | ۲۶/۰۰ ^{bcd} | ۱/۲۳ ^f | ۷/۰۶ ^h | ۱/۳۳ ^a | ۶/۳۳ ^d | ۳/۶۷ ^e | ۲۳/۰۸ ^{bc} | ۳/۲۹ ^h | ۱۷/۸۰ ^h |
| | C30 P70 × FI | ۲۲/۶۶ ^{def} | ۱۰/۸۶ ^b | ۳۳/۴۳ ^c | ۱/۰۱ ^a | ۱۳/۳۵ ^{cd} | ۱۲/۰۰ ^b | ۱۸/۹۰ ^{bc} | ۸/۸۷ ^d | ۳۳/۳۸ ^e |
| | C30 P70 × DI80 | ۲۵/۶۷ ^{bcd} | ۸/۱۳ ^c | ۲۸/۹۲ ^d | ۱/۶۱ ^a | ۱۰/۱۷ ^{bc} | ۸/۰۰ ^{cde} | ۲۰/۷۹ ^{bc} | ۶/۲۷ ^f | ۲۷/۸۳ ^{fg} |
| | C30 P70 × DI60 | ۳۶/۰۰ ^a | ۵/۵۴ ^d | ۱۸/۹۵ ^e | ۱/۲۷ ^a | ۷/۲۳ ^d | ۶/۶۷ ^{de} | ۲۳/۶۸ ^{bc} | ۵/۸۵ ^g | ۳۱/۶۶ ^e |
| | C40 P60 × FI | ۲۰/۶۷ ^{efg} | ۱۲/۲۱ ^a | ۳۸/۷۴ ^{bf} | ۱/۲۰ ^a | ۱۴/۸۴ ^a | ۱۰/۰۰ ^{bc} | ۲۷/۷۵ ^{ab} | ۱۰/۸۵ ^b | ۴۰/۸۳ ^{bc} |
| | C40 P60 × DI80 | ۲۴/۳۳ ^{cde} | ۹/۱۰ ^{bc} | ۳۲/۸۳ ^c | ۱/۱۴ ^a | ۱۳/۵۹ ^{ab} | ۸/۶۷ ^{cd} | ۲۷/۱۱ ^{ab} | ۹/۱۵ ^d | ۴۰/۶۰ ^c |
| | C40 P60 × DI60 | ۲۸/۰۰ ^{ab} | ۶/۵۳ ^d | ۲۰/۰۴ ^{ef} | ۱/۲۸ ^a | ۱۰/۵۴ ^{bc} | ۵/۶۷ ^{ef} | ۳۳/۹۷ ^a | ۶/۹۷ ^e | ۳۷/۷۵ ^d |
| | C50 P50 × FI | ۲۳/۰۰ ^{def} | ۱۱/۸۶ ^a | ۴۱/۹۲ ^a | ۱/۵۷ ^a | ۱۵/۲۶ ^a | ۱۵/۰۰ ^a | ۱۹/۲۸ ^{bc} | ۱۱/۴۱ ^a | ۴۲/۹۵ ^{ab} |
| | C50 P50 × DI80 | ۲۵/۳۳ ^{bcd} | ۹/۴۷ ^{bc} | ۳۳/۷۳ ^c | ۱/۱۸ ^a | ۱۳/۴۰ ^{ab} | ۱۱/۶۷ ^b | ۲۲/۰۱ ^{bc} | ۱۰/۰۹ ^c | ۴۴/۷۸ ^a |
| C50 P50 × DI60 | ۲۸/۶۶ ^b | ۶/۳۸ ^d | ۱۷/۶۹ ^f | ۱/۵۸ ^a | ۱۰/۷۴ ^{bc} | ۹/۶۷ ^{bc} | ۱۷/۹۲ ^c | ۶/۸۱ ^e | ۳۶/۸۷ ^d | |

حروف مشابه در هر ستون و گروه تیماری نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد.



شکل ۲- درصد تغییرات ویژگی‌های اندازه‌گیری شده گیاه توت‌فرنگی در بسترهای متفاوت کشت نسبت به تیمار شاهد خاک

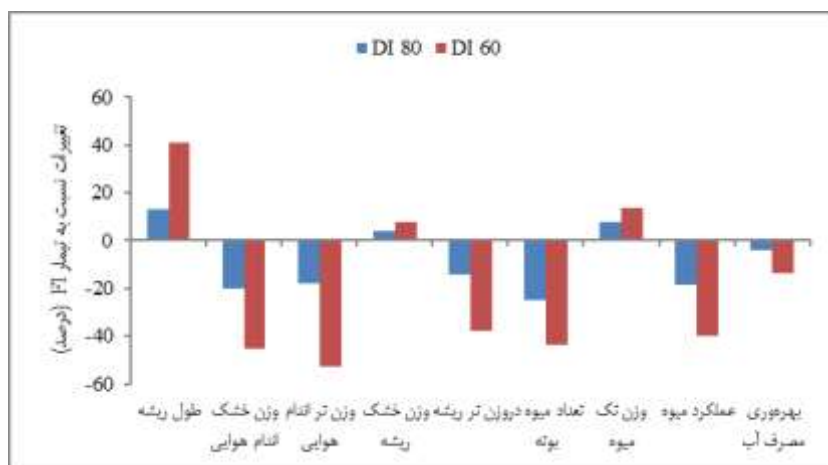
C50 P50 به ترتیب به میزان ۳۱/۲ و ۹/۲۴ گرم اختصاص یافت و در بین تیمارهای آبیاری به تیمار FI به ترتیب به مقدار ۳۳/۸ و ۹/۰ گرم اختصاص داشت. بیشترین مقادیر این پارامترها در شرایط اثرات متقابل عامل‌های مورد بررسی به تیمار C50 P50 × FI به ترتیب

وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه

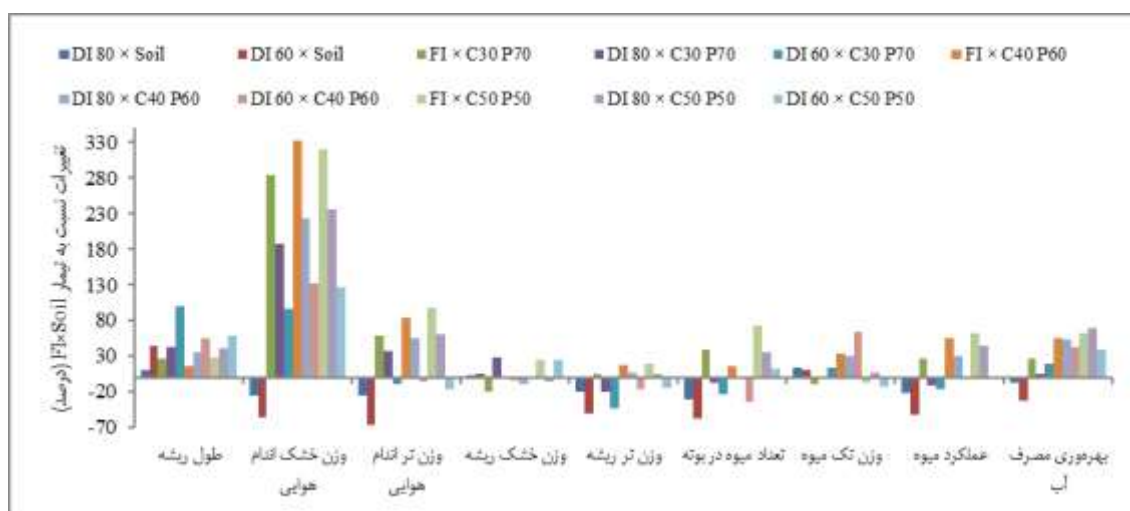
مقایسه میانگین داده‌ها در جدول ۳ نشان داد بیشترین مقادیر وزن تر و خشک اندام هوایی در بین تیمارهای بستر کشت به تیمار

حاصل نشان می‌دهد مقدار وزن تر و خشک اندام هوایی با افزایش مقدار کوکوپیت، افزایش و به‌زای کاهش مقدار آب آبیاری کاهش می‌یابد. در این راستا از جدول ۳ ملاحظه می‌گردد که مقدار وزن خشک و تر اندام هوایی در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری از بستر C30 P70 به‌ترتیب از ۱۰/۸۶ و ۳۳/۴۳ گرم به ۵/۵۴ و ۱۸/۹۵ گرم در تیمار DI60 کاهش یافت.

به‌میزان ۴۱/۹۲ و ۱۱/۸۶ گرم اختصاص یافت. همچنین در بین تیمارهای بستر کشت کمترین مقادیر وزن خشک و تر اندام هوایی، به‌ترتیب به‌میزان ۲/۰۴ و ۱۴/۶۳ گرم به تیمار بستر خاک (Soil) و در بین تیمارهای آبیاری به‌ترتیب به مقدار ۴/۹۲ و ۱۶/۰۰ گرم به تیمار DI60 اختصاص یافت. در شرایط اثرات متقابل عامل‌های مورد بررسی کمترین مقادیر وزن خشک و تر اندام هوایی به‌ترتیب به‌میزان ۱/۲۲، ۷/۰۶ گرم به تیمار Soil × DI60، اختصاص یافت. نتایج



شکل ۳- درصد تغییرات ویژگی‌های اندازه‌گیری شده گیاه توت‌فرنگی در تیمارهای مختلف آبیاری نسبت به تیمار شاهد (FI)



شکل ۴- درصد تغییرات ویژگی‌های اندازه‌گیری شده گیاه در شرایط اثرات متقابل تیمارها نسبت به اثر متقابل FI × Soil

به‌ترتیب به تیمارهای C50 P50، DI60، C50 P50 × FI و C50 P50 به‌میزان ۱۱۳/۲، ۵۲/۷- و ۹۹/۸ درصد اختصاص یافت. کاهش وزن تر اندام هوایی در گیاهان تحت شرایط کمبود آب به‌علت عدم توسعه و رشد سلولی ناشی از فشار تورژسانس است. کاهش وزن خشک اندام هوایی نیز به‌علت کاهش رشد گیاه، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز و پیری زودرس برگ‌ها می‌باشد (Abd El-Mageeda and Semida,)

براساس نتایج شکل‌های ۲ تا ۴، بیشترین درصد تغییرات وزن خشک اندام هوایی در بسترهای متفاوت کشت، تیمارهای مختلف آبیاری و اثرات متقابل به‌ترتیب به تیمارهای C50 P50، DI60 و C40 P60 × FI به‌میزان ۳۵۲/۹، ۴۵/۳- و ۳۳۳ درصد اختصاص داشت. همچنین بیشترین درصد تغییرات وزن تر اندام هوایی در بسترهای متفاوت کشت، تیمارهای مختلف آبیاری و اثرات متقابل

درصد اختصاص داشت. همچنین بیشترین درصد تغییرات وزن تر ریشه نیز به ترتیب به تیمارهای C50 P50، DI60 و Soil \times DI60 به میزان ۳۵/۱، ۳۷/۷- و ۵۰/۴- درصد اختصاص یافت. افزایش وزن تر و خشک ریشه در بسترهای غیرخاکی در مقایسه با بستر خاکی می‌تواند ناشی از تهویه بهتر و توزیع مناسب‌تر رطوبت و مواد غذایی در کل ناحیه ریشه به واسطه وجود کوکوپیت با منشاء آلی در ترکیب با پرلیت باشد. از طرفی مطابق جدول ۱ بستر C50 P50 دارای بیشترین میزان رطوبت در ظرفیت زراعی و بیشترین مقدار ظرفیت نگهداری آب (۷۶/۲ درصد) در مقایسه با دو بستر غیر خاکی دیگر است که این امر می‌تواند به افزایش وزن تر و خشک ریشه بیانجامد.

تعداد میوه در بوته و وزن تک میوه

مقایسه میانگین داده‌ها در جدول ۳ نشان داد در بین تیمارهای بستر کشت، بیشترین مقادیر تعداد میوه در بوته (۱۲/۱۱) و وزن تک میوه (۲۹/۶۱ گرم) به ترتیب به تیمار C50 P50 و C40 P60 اختصاص یافت و در بین تیمارهای آبیاری بیشترین مقادیر آن‌ها به ترتیب با ۱۱/۴۱ و ۲۴/۶۶ گرم به تیمارهای FI و DI60 تعلق داشت در شرایط اثرات متقابل عامل‌های مورد بررسی، بیشترین تعداد میوه در بوته به تیمار C50 P50 \times FI به تعداد ۱۵ عدد و وزن تک میوه به تیمار C40 P60 \times DI60 به میزان ۳۳/۹۷ گرم اختصاص یافت. براساس نتایج شکل‌های ۲ تا ۴، بیشترین درصد تغییرات تعداد میوه در بوته نسبت به تیمار شاهد در بسترهای متفاوت کشت، تیمارهای مختلف آبیاری و اثرات متقابل به ترتیب به تیمارهای C50 P50، DI60، P50 و C50 P50 \times DI80، ۹۸/۲، ۴۳/۷- و ۷۳/۲ درصد اختصاص داشت. همچنین بیشترین درصد تغییرات وزن تک میوه نیز به ترتیب به تیمارهای C40 P60، C40 P60 \times DI60 و C40 P60 \times DI60 به میزان ۳۱/۳، ۱۳/۶ و ۶۳/۵ درصد اختصاص یافت (شکل ۲ تا ۴). با توجه به نتایج جدول ۳، تعداد میوه در بوته و وزن تک میوه در بین تیمارهای بسترکشت با افزایش نسبت کوکوپیت، تغییرات منظمی نداشت اما در بین تیمارهای آبیاری با کاهش کاربرد آب آبیاری، تعداد میوه در بوته کاهش و وزن تک میوه افزایش یافت.

عملکرد میوه

مقایسه میانگین داده‌ها در جدول ۳ نشان می‌دهد که بیشترین کمترین مقادیر عملکرد میوه توت‌فرنگی در بین تیمارهای بستر کشت به ترتیب به تیمارهای C50 P50 و Soil با مقادیر ۸/۹۹ و ۴/۲۷ کیلوگرم بر متر مربع و در بین تیمارهای آبیاری نیز به ترتیب به تیمارهای FI و DI60 با مقادیر ۹/۵۳ و ۵/۷۳ کیلوگرم بر متر مربع اختصاص داشت. در شرایط اثرات متقابل عامل‌های مورد بررسی، بیشترین و کمترین مقادیر عملکرد میوه به ترتیب به تیمارهای C50

(2015)، قادری و سی و سه مرده (۱۳۹۰) و گرانت و همکاران مواردی از کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی در شرایط کمبود آب را گزارش نموده‌اند (Grant et al., 2010). وزن خشک اندام هوایی مهم‌ترین شاخص مورد ارزیابی از اثرات کمبود آب بر ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه است. از آنجایی که در شرایط کمبود آب، دهیدراسیون و کاهش حجم سلولی در شاخه‌ها و برگ‌ها بیشتر از ریشه رخ می‌دهد لذا رشد اندام هوایی بیشتر از رشد ریشه‌ها تحت تأثیر کمبود آب قرار می‌گیرند. برخی از گیاهان در پاسخ به کمبود آب، میزان جذب آب را از طریق حفظ نسبی رشد ریشه افزایش می‌دهند و بدین ترتیب گستره جذب رطوبتی خود را افزایش می‌دهند (Kimak et al., 2001). همان‌طور که در بخش قبل ذکر شد کمبود آب باعث توسعه ریشه به بخش‌های عمیق‌تر و مرطوب‌تر خاک می‌شود و با جلوگیری از توسعه برگ، میزان مصرف کربن و انرژی را در اندام‌های هوایی کاهش داده و سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی گیاه در ریشه توزیع می‌گردد که این امر سبب افزایش توانایی ریشه در جذب آب و مواد معدنی می‌شود (گلدانی و همکاران، ۱۳۸۷). رضوی و همکاران گزارش کردند کمبود آب سبب کاهش تعداد برگ، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی توت‌فرنگی می‌گردد (Razavi et al., 2008).

وزن تر و خشک ریشه گیاه

مقایسه میانگین داده‌ها در جدول ۳ نشان داد بیشترین مقادیر وزن تر و خشک ریشه گیاه توت‌فرنگی در بین تیمارهای بستر کشت به تیمار C50 P50 به ترتیب به میزان ۱۳/۱۴ و ۱/۴۴ گرم اختصاص یافت و در بین تیمارهای آبیاری بیشترین مقادیر وزن تر ریشه به تیمار FI به میزان ۱۳/۹۷ گرم و وزن خشک ریشه به تیمار DI60 به مقدار ۱/۳۶ گرم اختصاص داشت. در شرایط اثرات متقابل عامل‌های مورد بررسی، بیشترین مقدار وزن تر ریشه به تیمار C50 P50 \times FI به میزان ۱۵/۲۶ گرم و وزن خشک ریشه به تیمار C30 P70 \times DI80 به میزان ۱/۶۱ گرم اختصاص یافت. همچنین در بین تیمارهای بستر کشت کمترین مقادیر وزن خشک و تر ریشه، به ترتیب به میزان ۱/۲۹ و ۹/۷۳ گرم به تیمار (Soil) تعلق داشت. در بین تیمارهای آبیاری کمترین مقادیر وزن تر ریشه به تیمار DI60 به مقدار ۸/۷۱ گرم و وزن خشک ریشه به تیمار FI به مقدار ۱/۲۶ گرم اختصاص داشت. در شرایط اثرات متقابل نیز کمترین مقادیر وزن تر ریشه به تیمار Soil \times DI60 به میزان ۶/۳۲ گرم و وزن خشک ریشه به تیمار C30 P70 \times FI به میزان ۱/۰۱ گرم اختصاص یافت. براساس نتایج شکل‌های ۲ تا ۴ نیز، بیشترین درصد تغییرات وزن خشک ریشه نسبت به تیمار شاهد در بسترهای متفاوت کشت، تیمارهای مختلف آبیاری و اثرات متقابل به ترتیب به تیمارهای C50 P50، DI60 و C30 P70 \times DI80 به میزان ۱/۱۶، ۷/۹ و ۲۷/۸

به واسطه استفاده از دو ماده آلی کوکوپیت و معدنی پرلیت مشاهده نشد. لذا بیشترین مقدار بهره‌وری آب به بسترهای غیرخاکی تعلق دارد. افزایش بهره‌وری مصرف آب، مطلوب بودن بستر غیرخاکی را نسبت به بستر خاکی نشان می‌دهد و مبین استفاده مناسب‌تر از آب در شرایط محدودیت آب برای کشت گلخانه است. آب از عوامل اصلی و تاثیرگذار بر مولفه‌های رشد است و کمبود آن موجب کاهش مولفه‌های رشد و به تبع کاهش مقادیر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب شده است (شکل ۲ تا ۴). در همین راستا نتایج شکل ۳ نشان می‌دهد بیشترین تغییرات کاهشی برای تمامی صفات، مربوط به تیمار آبیاری DI60 می‌باشد هر چند گیاه سعی داشته تا با افزایش ۱۳ درصدی طول ریشه در تیمار DI80 و افزایش ۴۱ درصدی در تیمار DI60 مانع از کاهش مولفه‌های رشد و عملکرد میوه گیاه گردد. لیکن نتایج شکل ۳ نشان می‌دهد که افزایش طول ریشه به‌تنهایی در افزایش عملکرد و عوامل وابسته به آب موثر نیست و برای داشتن عملکرد مناسب علاوه بر آب بایستی بستر کشت مناسب برای جذب آب و مواد غذایی نیز در اختیار گیاه باشد. در تایید این موضوع نتایج شکل‌های ۲ و ۳ نشان می‌دهد درصد افزایش طول ریشه در بستر کشت C30 P70 حدود ۳۲ درصد است که از درصد رشد ریشه در تیمار آبیاری DI80 (۱۳ درصد) بیشتر است، لیکن براساس نتایج جدول ۳ مقدار عملکرد آن (۵/۶۶ کیلوگرم بر متر مربع) از عملکرد تیمار آبیاری DI80 (۷/۷۵ کیلوگرم بر متر مربع) کمتر است. کوکوپیت به دلیل ظرفیت تبادل کاتیونی بالا (دیلمقانی‌حسنلوئی و هم‌تیمی، ۱۳۹۰) و ذخیره بیشتر مواد غذایی (طاووسی و شاهین‌رخسار، ۱۳۸۹) موجب مدیریت بهتر آب شده و افزایش سطح کوکوپیت از ۳۰ درصد به ۵۰ درصد نیز افزایش بیشتر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب را به دنبال داشته است.

در مجموع با توجه به نتایج جدول ۳ و شکل‌های ۲ تا ۴ می‌توان چنین اظهار داشت که بهترین ترکیب بستر کاشت، بستر ترکیبی کوکوپیت و پرلیت با نسبت حجمی ۵۰:۵۰ (C50 P50) است که در شرایط عدم اعمال کم‌آبیاری بیشترین عملکرد (۱۱/۴۱ کیلوگرم بر متر مربع)، و بیشترین بهره‌وری مصرف آب (۴۲/۹۵ کیلوگرم بر متر مکعب) را داشته است. این افزایش در حالت اثرات متقابل C50 P50 × FI در مقایسه با Soil × FI برای عملکرد و بهره‌وری مصرف آب به ترتیب ۶۲/۷۷ و ۶۲/۸۱ درصد است (شکل ۴). هم‌چنین در صورت اعمال کم‌آبیاری نیز ترکیب تیماری C50 P50 × DI80 با عملکرد و بهره‌وری مصرف آب به ترتیب ۱۰/۰۹ کیلوگرم بر متر مربع و ۴۴/۷۸ کیلوگرم بر متر مکعب، مناسب‌ترین بستر برای مقابله با کمبود آب به جهت جبران رشد گیاه است. در این حالت ترکیب تیمار آبیاری با بستر کشت، مقدار تمامی ویژگی‌های گیاه توت‌فرنگی (به‌جز وزن خشک ریشه) نسبت به تیمار اثر متقابل بستر خاکی در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد افزایش داشت (جدول ۳ و شکل ۴). افزایش مقادیر مولفه‌های

Soil × DI60 و P50 × FI به‌میزان ۱۱/۴۱ و ۳/۲۹ کیلوگرم بر متر مربع اختصاص یافت. براساس نتایج شکل‌های ۲ تا ۴، بیشترین درصد تغییرات عملکرد میوه نسبت به تیمار شاهد در بسترهای متفاوت کشت، تیمارهای مختلف آبیاری و اثرات متقابل عامل‌های مورد بررسی به ترتیب به تیمارهای C50 P50 و DI60، C50 P50 × FI و DI60 به‌میزان ۱۱۰/۵، ۳۹/۹- و ۶۲/۸ درصد اختصاص داشت. نتایج شکل ۲ نشان می‌دهد عملکرد میوه به‌طور متوسط ۷۲ درصد در بسترهای ترکیبی کوکوپیت و پرلیت نسبت به بستر خاک افزایش یافته است و هیچ کاهشی به‌واسطه استفاده از دو ماده آلی کوکوپیت و معدنی پرلیت مشاهده نشد. لذا بیشترین مقدار عملکرد میوه به بسترهای غیرخاکی تعلق دارد. تاثیرگذاری بستر بر صفات رشدی و بر عملکرد میوه در راستای نتایج لوپز، آناگنوستو و همکاران و تهرانی‌فر و همکاران می‌باشد (Lopez, 2002; Anagnostou et al., 1995; Tehranifar et al., 2007). آنان رشد رویشی بیشتر و عملکرد بالاتر میوه را به‌خاطر توانایی نگهداری آب و عناصر غذایی در اثر ظرفیت تبادل کاتیونی بالای بستر کوکوپیت دانسته‌اند. هم‌چنین نتایج ذکر شده پژوهش حاضر نشان می‌دهد که کاهش مولفه‌های رشد در مواجهه با آب کمتر احتمالاً به دلیل کاهش رطوبت قابل دسترس گیاه، کاهش جذب دی‌اکسیدکربن به دلیل بسته شدن روزنه‌ها در شرایط خشکی و در نتیجه کاهش میزان فتوسنتز و کربوهیدرات‌های تولید شده طی فرآیند فتوسنتز باشد (Gavili et al., 2018).

بهره‌وری مصرف آب

مقایسه میانگین داده‌ها در جدول ۳ نشان داد که بیشترین کمترین مقادیر بهره‌وری مصرف آب در بین تیمارهای بستر کشت به ترتیب به تیمارهای C50 P50 و Soil با مقادیر ۴۱/۵۳ و ۲۲/۸۸ کیلوگرم بر متر مکعب و در بین تیمارهای آبیاری نیز به ترتیب به تیمارهای FI و DI60 با مقادیر ۳۵/۸۸ و ۳۱/۰۲ کیلوگرم بر متر مکعب اختصاص داشت. در شرایط اثرات متقابل عامل‌های مورد بررسی نیز بیشترین و کمترین مقادیر بهره‌وری آب به ترتیب به تیمارهای C50 P50 × DI80 و Soil × DI60 به‌میزان ۴۴/۷۸ و ۱۷/۸۰ کیلوگرم بر متر مکعب اختصاص یافت. براساس نتایج شکل‌های ۲ تا ۴، بیشترین درصد تغییرات بهره‌وری آب نسبت به تیمار شاهد در بسترهای متفاوت کشت، تیمارهای مختلف آبیاری و اثرات متقابل عامل‌های مورد بررسی به ترتیب به تیمارهای C50 P50، DI60 و C50 P50 × DI80 به‌میزان ۸۱/۵، ۱۳/۶- و ۶۹/۸ درصد اختصاص داشت.

براساس نتایج شکل ۲، تمامی مولفه‌های مورد اندازه‌گیری از جمله بهره‌وری آب (به‌طور متوسط ۶۳ درصد) در بسترهای ترکیبی کوکوپیت و پرلیت نسبت به بستر خاک افزایش داشت و هیچ کاهشی

ایده‌های نو در کشاورزی. بهمن ماه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان اصفهان.

جعفرلو، ع.، هناره، م. و صمدی، ع. ۱۳۹۵. اثر تراکم و بستر کشت بر صفات کمی و کیفی توت‌فرنگی رقم سلوا در کشت هیدروپونیک. مجله پژوهش‌های میوه‌کاری. ۱ (۱): ۳۰-۴۲.

جعفرنیا، س.، خسروشاهی، آ. و صفایی خرم، م. ۱۳۹۷. کشت هیدروپونیک. انتشارات سخن گستر، چاپ دوم، ۴۰۸ ص.

جوزی، م. و زارع ایبانه، ح. ۱۳۹۴. شاخص‌های بهره‌وری و کارایی مصرف آب چغندر قند تحت سطوح مختلف آب و کود نیتروژنی. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۲ (۵): ۱۱۷-۱۳۳.

خداوردی، پ.، امیری، ج. و دولتی، ب. ۱۳۹۶. تأثیر اسید هیومیک بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی توت‌فرنگی رقم سابرینا تحت شرایط تنش شوری. مجله پژوهش‌های میوه‌کاری. ۲ (۲): ۱۰۹-۱۳۵.

خداوردی، پ.، امیری، ج.، عشقی، س. و دولتی، ب. ۱۳۹۸. تأثیر هیومیک بر رشد و محتوای عناصر غذایی برگ و ریشه توت‌فرنگی رقم سابرینا در شرایط تنش شوری. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۱۰ (۴): ۱-۱۹.

دیلمقانی حسنلویی، م.ر. و همتی، س. ۱۳۹۰. اثر مختلف بسترهای کشت بر میزان عناصر غذایی عملکرد و خصوصیات کیفی توت‌فرنگی رقم سلوا در کشت بدون خاک. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۲ (۷): ۱-۷.

طاووسی، م. و شاهین رخسار، پ. ۱۳۸۹. اثر چهار نوع ماده‌ی بستی بر عملکرد و برخی پارامترهای رشد توت‌فرنگی در کشت بدون خاک. نشریه اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی (علوم کشاورزی). ۴ (۱۳): ۸۳-۹۴.

قادری، ن. و سی و سه مرده، ع. ۱۳۹۰. بررسی اثر تنش بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی در سه رقم توت‌فرنگی. نشریه علوم باغبانی ایران. ۴۴ (۲): ۱۳۶-۱۲۹.

گلدانی، م.، کامکار، م.، شریفی، ح.، کافی، م. و زند، ا. ۱۳۸۷. فیزیولوژی گیاهی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی مشهد، جلد دوم، ۳۸۰ ص.

مشفق، ن.، خزاعی، ح. و کافی، م. ۱۳۹۳. مقایسه صفات مورفولوژیک ریشه ارقام قدیمی و جدید جو. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۲ (۴): ۶۴۸-۶۴۱.

Abd El-Mageeda, T.A. and Semida, W.M. 2015. Organo mineral fertilizer can mitigate water stress for cucumber production (*Cucumis sativus* L.).

عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در ترکیب تیماری C50 P50 × DI80 نسبت به Soil × FI به ترتیب ۴۳/۹۴ و ۶۹/۷۵ درصد می‌باشد که از لحاظ کاهش آب مصرفی و افزایش عملکرد میوه قابل تأمل است (شکل ۴). به نظر می‌رسد عدم کاهش مقادیر صفات مربوط به رشد گیاه توت‌فرنگی و مقادیر مربوط به عملکرد گیاه ناشی از وجود پرلیت به‌عنوان ماده‌ای معدنی با تخلخل بالا و میزان نگهداشت کم آب در ترکیب با ماده آلی کوکوپیت باشد که سبب توزیع بهتر اندازه منافذ، بهبود وزن مخصوص ظاهری و ظرفیت نگهداشت آب و هوا می‌شوند (Benito et al., 2005).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد گیاه توت‌فرنگی رشد یافته در بستر خاک کمترین مقدار عملکرد و دیگر صفات رویشی را داشت و اعمال کم‌آبیاری نیز موجب کاهش بیشتر عملکرد و سایر ویژگی‌های مورد اندازه‌گیری شد. در مقابل بسترهای کشت بدون خاک به نوعی با ایفای نقش جاذب‌های رطوبتی باعث نگهداشت بیشتر آب و مواد غذایی قابل دسترس گیاه در شرایط کمبود و عدم کمبود آب آبیاری شدند. در این پژوهش استفاده از مواد آلی چون الیاف نارگیل (کوکوپیت) و مواد معدنی (پرلیت) در ترکیب بسترهای کشت، رشد و باوری گیاه را تحت تأثیر قرار داده و به‌طور متوسط باعث افزایش ۷۲ درصدی عملکرد میوه و ۶۳ درصدی بهره‌وری آب شدند. با توجه به نتایج به‌دست آمده در این آزمایش عملکرد بستر C50 P50 در سطح آبیاری DI80 تا حدودی به عملکرد بستر C50 P50 در سطح آبیاری FI نزدیک بوده و در صورت لزوم سطح کم‌آبیاری ۸۰ درصد قابل پیشنهاد است. در تایید این نتیجه افزایش معنی‌دار عملکرد و بهره‌وری مصرف آب (به ترتیب به مقدار ۱۱۰ و ۸۱ درصد) در بستر کشت C50 P50 نسبت به بستر کشت خاکی (Soil) نشان‌دهنده مناسب بودن بستر کشت فوق است. از این‌رو کاربرد کوکوپیت و پرلیت به‌مقدار مساوی، در کشت و پرورش توت‌فرنگی و تولیدات محصولات مختلف در سیستم کشت بدون خاک گلخانه‌ای، با صرفه‌جویی در مقدار آب مصرفی حائز اهمیت می‌باشد.

منابع

احمدی، ک.، عبادزاده، ح.ر.، حاتمی، ف.، حسین‌پور، ر. و عبدشاه، ه. ۱۳۹۷. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۶. انتشارات مرکز فناوری و اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی، جلد سوم، ۲۴۱ ص.
پورحسینی، ل.، عبادی، ع.، مستوفی، ی.، طلائی، ع.ر. و یوسفی‌راد، ا. ۱۳۸۹. افزایش محصول توت‌فرنگی با استفاده از مدیریت محلول غذایی در سیستم کشت هیدروپونیک. پنجمین همایش ملی

- quantification of roots using simple image analyzer. *Agronomy Journal*. 81: 935-938.
- Kirnak, H., Kaya, C., Tas, I. and Higgs, D. 2001. The influence of water deficit on vegetative growth, physiology fruit yield and quality in eggplants. *Journal of Plant Physiology*. 27: 34-46.
- Klamkowski, K. and Treder, W. 2006. Morphological and physiological responses of strawberry plants to water stress. *Agriculture Conspectus Scientific*. 71: 159-165.
- Lopez, M.L. 2002. The use of substrate for strawberry production in Spain. In *Proceedings of International Conference on Alternatives to Methyl Bromide*. March 2002 in Sevilla, Spain.
- Majdi, Y., Ahmadizadeh, M. and Ebrahimi, R. 2012. Effect of different substrates on growth indices and yield of green peppers at hydroponic cultivate. *Current Research Journal of Biological Sciences*. 4 (4): 496-499.
- Olsen, S. R. and Sommers, L.E. 1982. Phosphorus. In: Page, A. L., Miller, R. H and Keeny, R.H. (eds). *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties*. Agron. No. 9, 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison. pp 403-430.
- Ors, S. and Anapali, O. 2010. Effect of soil addition on physical of perlite based media and strawberry cv. Camarosa plant growth. *Scientific Research and Essays*. 5 (22): 3430 – 3433.
- Ravive, M. and Lieth, J.H. 2007. *Soilless culture: theory and practice*. First edition. Elsevier's science and technology rights department in oxford, UK.
- Razavi, F., Pollet, B., Steppe, K. and Vanlabeke, M.C. 2008. Chlorophyll fluorescence as a tool for evaluation of drought stress in strawberry. *Photosynthetic*. 46 (4): 631-633.
- Tehranifar, A. Poostchi, M., Arooei, H. and Nematti, H. 2007. Effects of seven substrates on qualitative and quantitative characteristics of three strawberry cultivars under soilless culture. *Acta Horticulturae*. 761: 485-488.
- Agricultural Water Management. 159: 1-10
- Afsharipoor, S. and Roosta, H.R. 2010. Effect of different planting beds on growth and development of strawberry in hydroponic and aquaponics cultivation systems. *Plant Ecophysiology*. 2: 61-66.
- Ahmed, A. and Gohnson, K. 2000. Growing Australian native edible plants using hydroponic techniques. *Acta Horticulturae*. 511: 225-231.
- Anagnostou, K., Vasilakakis M. D., Gerasopoulos, D., Olympios, C. H. and Passam, H. 1995. Effect of substrate and cultivar on earliness, plant productivity, and fruit quality of strawberry. *Acta Horticulturae*. 379: 267-274.
- Bauyco, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particles size of soils. *Agronomy Journal*. 54 (5): 464-465.
- Benito, M., Masaguer, A., De Antonio, R. and Moliner, A. 2005. Use of pruning waste compost as a component in soilless growing media. *Bioresource Technology*. 96(5): 597-603.
- Ercisli, S., Sahin, U., Esitken, A. and Anapali, O. 2005. Effects of some growing media on the growth of strawberry cvs. 'Camarosa and Fern'. *Acta Agrobotanica*. 58(1): 185-191.
- FAO. 2017. FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- Gavili, E. Akbar Moosavi, A. and Moradi. F. 2018. Cattle manure biochar potential for ameliorating soil physical characteristics and spinach response under drought. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 64: 1714- 1727.
- Ghaderi, N., Nourmohammadi, S. and Javadi, T. 2015. Morpho-physiological responses of strawberry (*Fragaria ananassa*) to exogenous salicylic acid application under drought stress. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 17: 167-178.
- Grant, O.M., Johnson, A.W., Davies, M.J., James, C.M. and Simpson, D. W. 2010. Physiological and morphological diversity cultivated strawberry (*Fragaria×ananassa*) in response to water deficit. *Environmental and Experimental Botany*. 68(3): 264-272.
- Harris, G.A. and Campbell, G.S. 1989. Automated

Evaluation of Yield and Water Productivity of Greenhouse Strawberry under Different Irrigation Regimes in Soil and Non-Soil Media

S. Rezaei¹, H. Zare Abyaneh^{2*}, H. Sarikhani³, M. Jovzi⁴

Received: May.28, 2020

Accepted: Jul.23, 2020

Abstract

In order to investigate the effect of cultivation medium on yield, water productivity and some growth characteristics of strawberry plant, an experiment was carried out in the greenhouse as a factorial based on a completely randomized design with two factors of cultivation medium and irrigation levels. Irrigation treatments at three levels included full irrigation (FI), deficit irrigation at 80 (DI80) and 60% of water requirement (DI60) and four cultivation media including soil (Soil), cocopeat: perlite with volume ratios of 30:70 (C30 P70), 40:60 (C40 P60) and 50:50% (C50 P50). The results showed that the highest values of fruit yield and water productivity among cultivation medium treatments were allocated to C50 P50 treatment with 8.99 kg / m² and 41.53 kg / m³, respectively, and among irrigation treatments were belonged to FI treatment with 9.53 kg / m² and 35.88 kg / m³ respectively. The highest values of yield and water productivity in the interaction of the studied factors were 11.41 kg / m² in C50 P50 composition with full irrigation treatments and 44.78 kg / m³ in C50 P50 composition with 80% water requirement treatments. Based on the results of this study, in case of deficit irrigation application, C50 P50 medium with deficit application of 80% water requirement can be suggested.

Keywords: Deficit irrigation, Growth characteristics, Sabrina strawberry, Soilless cultivation

1- Master Graduate, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Al Sina University, Hamedan, Iran

2- Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Al Sina University, Hamedan, Iran

3- Associate Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

4- Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran

(*- Corresponding Author Email: zare@basu.ac.ir)