نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۶ / شماره ۳/ ۱۴۰۱
https://doi.org/10.22092/jwra.2022.358779.929

تأثیر سامانه آبیاری فتیله‌ای بر بهره‌وری آب و برخی صفات رشد گیاه گوجه‌فرنگی درکشت گلخانه‌ای

مهدی رضایی خرمنانی، مهدی اکبری[1] و مهدی کوچک‌زاده

دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
mehdirezayikh1996@gmail.com
دانشیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
akbari_m43@yahoo.com
دانشیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
kouchakm@modares.ac.ir

دریافت: خرداد ۱۴۰۱ و پذیرش: آذر ۱۴۰۱

چکیده

این پژوهش برای بررسی کارایی سامانه آبیاری فتیله‌ای در کشت گلخانه‌ای گیاه گوجه‌فرنگی و مقایسه آن با سامانه آبیاری قطره‌ای به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی (CRD)، شامل تیمارهای آبیاری در پنج سطح (آبیاری قطره‌ای و آبیاری فتیله‌ای با قطرهای یک، سه، چهار و پنج سانتی‌متر) و دو بستر کشت ("کوکوپیت، خاک، کود، پرلیت" و "خاک، شن، کود") در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه تربیت مدرس در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ انجام شد. کمترین حجم مصرف آب در طول دوره رشد در آبیاری فتیله‌ای با قطر فتیله یک سانتی‌متر، ۲۹/۲۵ لیتر در بوته و بیشترین حجم مصرف آب در آبیاری قطره‌ای و فتیله‌ای با قطر فتیله پنج سانتی‌متر به‌ترتیب ۳۶ و ۳۷/۵ لیتر در بوته بود. این نتایج نشان دهنده اختلاف ۱۹٪ و ۴٪ در میزان مصرف آب بین تیمار آبیاری فتیله‌ای با قطر یک سانتی‌متر و پنج سانتی‌متر با آبیاری قطره‌ای است. میزان مصرف آب در سامانه آبیاری قطره‌ای نسبت به متوسط سامانه آبیاری فتیله‌ای به میزان شش درصد بیشتر بود. همچنین قطر فتیله در آبیاری فتیله‌ای تأثیر معنی‌داری بر میزان مصرف آب داشت، به‌طوری‌که اختلاف بین تیمارهای آبیاری فتیله‌ای (کمترین و بیشترین میزان مصرف آب) در قطرهای یک و پنج سانتی‌متر به ۲۸٪ رسید. آبیاری فتیله‌ای با قطر سه سانتی‌متر در بستر کشت "خاک، ماسه، کود" با ۷۰۰ گرم در بوته، بیشترین عملکرد میوه گوجه‌فرنگی را به خود اختصاص داد. عملکرد میوه در بستر "خاک، ماسه، کود" نسبت به بستر"کوکوپیت، خاک، پرلیت، کود" نیز ۵۹٪ افزایش یافت. بیشترین بهره‌وری آب در آبیاری فتیله‌ای با قطر سه سانتی‌متر، ۱۱/۱۹ و کمترین بهره‌وری آب در تیمار آبیاری قطره‌ای ۹/۰۶ کیلوگرم بر مترمکعب آب به دست آمد که دارای اختلاف ۲۴٪ است. میزان مصرف آب در بستر کشت "خاک، شن، کود" نسبت به بستر کشت "کوکوپیت، خاک، کود، پرلیت" ۲۱٪ کاهش یافت و موجب افزایش ۱۰۰٪ بهره‌وری آب در بستر"خاک، شن، کود" شد. در آبیاری فتیله‌ای، به علت اینکه همواره آب در دسترس بوده، گیاه با تنش آبی مواجه نشد و این نتایج حاکی از آن است که سامانه آبیاری فتیله‌ای با بهبود رشد گیاه موجب افزایش میزان تولید محصول تر و خشک و بهره‌وری فیزیکی آب گوجه‌فرنگی شد. اگرچه در این تحقیق تجزیه‌وتحلیل اقتصادی انجام‌نشده است ولی محصول بیشتر همراه با مصرف آب کمتر در سامانه آبیاری فتیله‌ای، درآمد بیشتری برای بهره‌بردار خواهد داشت و می‌تواند دلیل قابل قبولی برای استفاده از این روش آبیاری باشد.

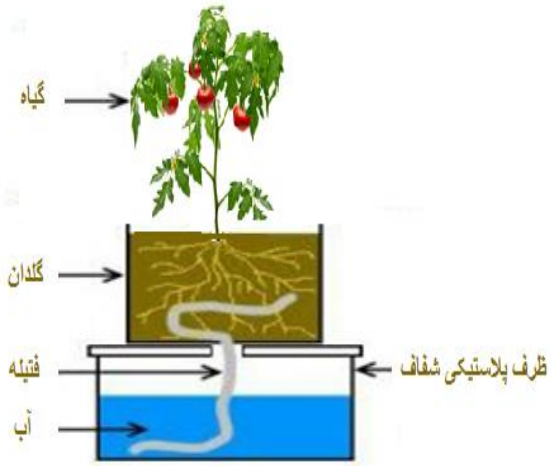
واژه‌های کلیدی: بهره‌وری فیزیکی آب، آبیاری قطره‌ای، خاک گلدان، آب مصرفی گوجه‌فرنگی

---

[1]- آدرس نویسنده مسئول: موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

مقدمه

با توجه به شرایط خاص اقلیمی کشور که خشکی و توزیع نامناسب زمانی و مکانی بارندگی جز واقعیت انکارناپذیر آن است، هرگونه تولید مواد غذایی و کشاورزی پایدار، مشروط به استفاده صحیح و منطقی از منابع محدود آب کشور است. لذا استفاده از روش‌های مناسب برای افزایش بهره‌وری آب در بخش کشاورزی ضروری خواهد بود. تبدیل سامانه‌های آبیاری سنتی به روش‌های نوین، برنامه‌ریزی آبیاری (انجام آبیاری به مقدار لازم در زمان مناسب) و انجام کشت گلخانه‌ای می‌تواند از روش‌های حفظ و مدیریت منابع آب موجود باشد. هدف از آبیاری تأمین مقدار آب مورد نیاز گیاه در زمان مناسب است. مدیریت و برنامه‌ریزی مناسب آبیاری، نیازمند آگاهی از نیاز آبی گیاه در طول فصل رشد، انتخاب سامانه مناسب آبیاری با توجه به میزان آب مورد نیاز و ظرفیت نگهداری آب در خاک دارد (گلدهمر، ۲۰۰۵). تعیین دقیق نیاز آبی گیاه در شرایط مختلف و تأمین آبیاری به میزان لازم و در زمان مناسب در سامانه‌های آبیاری سطحی و تحت فشار، همواره با عدم قطعیت‌هایی همراه است. هر روش آبیاری که بتواند در زمان انجام آبیاری، این عدم قطعیت‌ها را کاهش دهد، می‌تواند در افزایش بهره‌وری آب مؤثر باشد. سامانه آبیاری فتیله‌ای[۲] یکی از روش‌هایی است که آب را همواره در اختیار گیاه قرار داده و بر اساس نیاز گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد، لذا عدم قطعیت‌ها مذکور را کاهش می‌یابد. در سامانه آبیاری فتیله‌ای آب از یک مخزن نگهداری آب توسط نیروی مویینه‌ای از طریق یک فتیله از جنس پنبه بافته، پنبه غیر بافته، پلی‌استر و غیر به سمت ریشه گیاهان حرکت می‌کند. نمایی شماتیک از سامانه آبیاری فتیله‌ای در شکل ۱ نشان داده شده است. در این روش آبیاری با استفاده از ترکیب دو خاصیت مویینگی و مکش، آب مورد نیاز گیاه تأمین می‌شود (بودی آرتو و همکاران، ۲۰۱۳). سامانه آبیاری فتیله‌ای می‌تواند تا حد زیادی مشکل کمبود ظرفیت نگهداری آب را در محیط‌های کشت کاهش دهد، زیرا در این سامانه مخزن نگهداری آب جدا از ظروف کشت بوده و می‌تواند ظرفیت نگهداری دلخواهی داشته باشد (محمدی‌اروجه و همکاران، ۱۳۹۶).



شکل ۱- شماتیک سامانه آبیاری فتیله‌ای

نتایج تحقیقات در جهان نشان داد که آبیاری فتیله‌ای را می‌توان در شرایط شدید خشک‌سالی، دسترسی به آب کم و حتی در مناطقی با آب گسترده استفاده کرد. همچنین از این سامانه آبیاری می‌توان در یک منطقه به‌طور موقت استفاده کرد و سپس سامانه مذکور را بدون هیچ عوارضی به‌محل دیگر منتقل نمود (فلیپ و همکاران، ۲۰۲۲). استفاده از نیروهای مویینگی در آبیاری فتیله‌ای باعث رفع نیاز به تجهیزات آبیاری (مانند پمپ، زمان‌سنج و حس‌گر) شده است. این روش آبیاری، ساده، کارآمد و اقتصادی است. اگرچه این روش برای استفاده درکشت سبزی‌ها کارآمد و مقرون‌به‌صرفه است، اما برای استفاده طولانی‌مدت در محصولات در حال رشد توصیه نمی‌شود، زیرا ریشه گیاهان می‌تواند باگذشت زمان به فتیله نفوذ کرده، جریان آب را مختل و یا قطع کند و درنهایت باعث کاهش محصول شود. برای حل این مشکل با ایجاد یک‌لایه نفوذناپذیر بر روی فتیله می‌تواند از نفوذ ریشه به فتیله جلوگیری کرد و از آن برای محصولاتی با دوره رشد طولانی استفاده کرد (موسادا، ۲۰۰۸). سامانه فتیله‌ای در مناطقی با تبخیر و تعرق زیاد مانند کشورهای گرمسیری و

---

[۲]- Wick irrigation system

نیمه گرمسیری بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش به دلیل توانایی حفظ رطوبت خاک بسیار مفید است. همچنین طراحی، نصب و راه‌اندازی آن نیاز به تخصص بالایی نداشته و چون مصرف آب توسط پتانسیل آب در خاک و صعود مویینگی تنظیم می‌شود، نیاز به محاسبات خاصی ندارد (عابدی‌باباحیدری، ۱۳۹۸). رضایی‌سرجویی (۱۳۹۸) کارایی مصرف آب ماش به روش آبیاری فتیله‌ای را در سال ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ بررسی کرد. تیمارها شامل روش آبیاری فتیله‌ای و آبیاری سطحی با مصرف آب معادل با آبیاری فتیله‌ای و دو برابر مصرف آب در آبیاری فتیله‌ای بودند. نتایج نشان داد که تمام صفات مرتبط با عملکرد به‌استثنای شاخص برداشت، تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفتند و تیمار آبیاری فتیله‌ای در مقایسه با تیمارهای آبیاری سطحی برتری نشان داد. همچنین، تمام صفات مورفولوژیکی به‌استثنای ارتفاع ساقه در تیمار آبیاری فتیله‌ای در مقایسه با تیمارهای سطحی به‌طور معنی‌داری برتر بود، ولی صفات فیزیولوژیکی تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار نگرفتند. نتایج همچنین نشان داد که کارایی مصرف آب زیست‌توده و بذر در آبیاری فتیله‌ای در مقایسه با دیگر روش‌ها بهتر است. در مجموع نتایج این مطالعه نشان داد که آبیاری فتیله‌ای نه‌تنها تنشی را ایجاد نکرده است، بلکه با همان میزان آب کم توانسته است، کارایی مصرف آب بهتری را برای صفات عملکردی و مورفولوژیکی به دست آورد. زارعی و حیدری (۱۳۹۶) در تحقیقی، کارایی مصرف آب آفتابگردان در روش‌های آبیاری سطحی و فتیله‌ای را بررسی نمودند. آزمایش‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۴ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل، آبیاری معمولی به‌عنوان شاهد و آبیاری فتیله‌ای بود. نتایج نشان داد که در آبیاری فتیله‌ای نسبت به آبیاری سطحی، محتوای نسبی آب برگ، سطح برگ، ارتفاع بوته و قطر ساقه اصلی بیشتر است. ازنظر وزن مخصوص برگ، تفاوتی بین سامانه‌های آبیاری وجود نداشت. همچنین آبیاری فتیله‌ای نسبت به آبیاری سطحی ازنظر مصرف آب کاراتر و ماده خشک بیشتری تولید کرد. دسترسی دائمی به آب و عدم شرایط غرقابی هم می‌تواند رشد گیاه را بهبود ببخشد و کارایی مصرف آب و تولید ماده خشک را افزایش دهد. وسونگا و همکاران (۲۰۱۴) در یک مطالعه تأثیر مواد مختلفی مانند پنبه بافته، پنبه غیر بافته، پارچه ۱۰۰ درصد پلی‌استر، فتیله وارداتی را برای استفاده به‌عنوان فتیله در چهار محیط کشت "خاک، شن، کود دامی"، "خاک، کوکوپیت، شن، کود دامی"، "خاک، کوکوپیت، کود دامی، پومایس" و "کود دامی، پومایس، کوکوپیت" در سامانه آبیاری فتیله‌ای مقایسه کردند. نتایج نشان داد که پلی‌استر، الگوی جذب آب بهتر و ارتفاع مویینگی بالاتری داشته و به‌عنوان بهترین نوع فتیله برای آبیاری فتیله‌ای معرفی‌شده است. همچنین محیط‌های کشت "خاک، شن، کود دامی" و "خاک، کوکوپیت، کود دامی، پومایس" بهترین محیط‌های کشت به لحاظ رشد محصول و کاهش مصرف آب بودند. این محققین نتیجه گرفتند که حجم مخزن چهار لیتر مناسب‌ترین حجم مخزن برای استفاده در تولید گوجه‌فرنگی تحت سامانه آبیاری فتیله‌ای است. مانگای و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی، بهره‌وری آب و رشد گیاهان زینتی تحت سامانه آبیاری فتیله‌ای و سامانه آبیاری سطحی را در کنیا بررسی نمودند. آزمایش به روش آبیاری سطحی و فتیله‌ای در قالب طرح کرت‌های خرده شده در سه تکرار انجام شد. میزان آب مورداستفاده در این دو سامانه به‌صورت هفتگی در طول دوره رشد تعیین و رشد گیاهان در هر دو سامانه ازنظر سطح برگ و ارتفاع گیاه ارزیابی شد. نتایج نشان داد که روش آبیاری فتیله‌ای به‌طور متوسط ۶۳/۷۵ درصد مصرف آب را در مقایسه با روش آبیاری سطحی (سنتی) کاهش داده است؛ بنابراین روش آبیاری فتیله‌ای با توجه به مزایایی نظیر حفاظت از آب، کاهش هزینه نیروی کار و کود آبیاری، پتانسیل امیدوارکننده‌ای برای تولید گلخانه‌ای گیاهان زینتی در مقایسه با سایر روش‌های آبیاری ارائه می‌دهد. چاتووردی و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای وضعیت رشد فیزیولوژیکی، عملکرد و بهره‌وری فیزیکی آب سبزی‌ها را تحت روش آبیاری

فتیله‌ای در کشور هندوستان بررسی کردند. نتایج نشان داد که بیشترین افزایش عملکرد مربوط به محصول بامیه و گوجه‌فرنگی بوده که در روش آبیاری فتیله‌ای نسبت به روش سطحی به ترتیب ۸۲ و ۸۶ درصد افزایش یافته است. در مطالعه‌ای در آدلاید استرالیا، عملکرد آبیاری فتیله‌ای و آبیاری سطحی برای سامانه‌ای با عمق بستر خاک ۳۰ سانتی‌متر و گیاه گوجه‌فرنگی مقایسه شد. نتایج نشان داد که میزان عملکرد در سامانه آبیاری فتیله‌ای به میزان ۶۲ تا ۷۳ درصد نسبت به سامانه آبیاری سطحی افزایش‌یافته است (سماندا وهمکاران، ۲۰۱۶). نتایج مطالعه فرارزی و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی تأثیر کشت هیدروپونیک با آبیاری فتیله‌ای بیانگر آن است که با افزایش رشد محصول، عملکرد و کیفیت گیاه کاهو در آبیاری فتیله‌ای نسبت به هیدروپونیک بهتر بوده و موجب افزایش ۸۳ درصد سطح برگ و ۴۴ درصد حجم ریشه شده است. همچنین وزن تر و خشک اندام هوایی به ترتیب ۵۸ و ۲۸ درصد و توده خشک ریشه ۳۵ درصد افزایش یافت. بااین‌وجود، فتیله‌ها دارای معایبی هستند و موجب بروز بیماری در ریشه‌ها می‌شوند. این بیماری به علت مرطوب بودن دائمی ناحیه مجاور ریشه ایجاد می‌شود. نتایج مطالعه فلیپ و همکاران (۲۰۲۲) در خصوص بررسی تأثیر عملکرد کاهو و امکان‌سنجی کشت آن با استفاده از روش آبیاری فتیله‌ای بیانگر کاهش قابل‌توجهی ازنظر حجم آب آبیاری و افزایش راندمان مصرف آب بود. این محققین مشاهده کردند که افزایش تعداد فتیله، اثر قابل قبولی در میزان عملکرد ندارد ولی اندازه و قطر مناسب فتیله در این زمینه مؤثر است. بیشترین و کمترین بهره‌وری آب کاهو به ترتیب ۷۰/۲۲ و ۱۸/۷۳ گرم بر لیتر با استفاده از کاربرد یک و سه عدد فتیله مشابه به دست آمد. حیدری و همکاران (۱۴۰۰) اثر روش آبیاری فتیله‌ای بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت را در نواحی نیمه‌خشک ایران بررسی کردند. نتایج نشان داد که در روش آبیاری فتیله‌ای، تلفات تبخیر و نفوذ عمقی نزدیک به صفر است که باعث افزایش عملکرد گیاه و کارایی مصرف آب می‌شود. همچنین حجم آب مصرفی در سامانه آبیاری فتیله‌ای به‌طور میانگین حدود ۳۰ درصد نسبت به آبیاری سطحی کاهش یافت. عملکرد تر، عملکرد خشک و کارایی مصرف آب در تیمار آبیاری فتیله‌ای نسبت به تیمار آبیاری سطحی به ترتیب حدود ۴۰، ۷۰ و ۵۰ درصد افزایش یافت (حیدری و همکاران ۱۴۰۰). نتایج تحقیقات اورگ و همکاران (۲۰۱۹) در خصوص بررسی عملکرد میدانی سامانه آبیاری فتیله‌ای در کشور فیلیپین نشان داد که بهره‌وری آب در سامانه فتیله‌ای از روش‌های آبیاری موجود (قطره‌ای و سنتی) بیشتر بوده است. بهره‌وری آب فلفل سبز با استفاده از روش‌های آبیاری فتیله‌ای و قطره‌ای به ترتیب ۳۶/۶ و ۹/۹ گرم در لیتر بود. همین روند در مزرعه آزمایشی کشت بادمجان نیز مشاهده شد.

نتایج بررسی مطالعات محققان مختلف حاکی از آن است که سامانه آبیاری فتیله‌ای و تأثیرات آن بر مصرف آب و رشد گیاهان می‌توان در عین ساده بودن، حجم آب آبیاری را به مقدار زیادی کاهش دهد و موجب بهبود رشد گیاهان شود. هدف از این تحقیق بررسی بهره‌وری آب، توانایی انتقال آب توسط قطرهای مختلف فتیله و شناسایی بهترین محیط کشت برای سامانه آبیاری فتیله‌ای در گیاه گوجه‌فرنگی در گلخانه بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش از پاییز ۱۳۹۹ تا بهار ۱۴۰۰ در یکی از گلخانه‌های تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی (CRD) در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل پنج شیوه آبیاری (قطره‌ای، فتیله‌ای با قطر فتیله‌ی یک، سه، چهار و پنج سانتی‌متر) و دو نوع بستر کشت شامل "خاک، ماسه، کودحیوانی" و "کوکوپیت، خاک، کود، پرلیت"بود که علامت اختصاری تیمارها در جدول (۱) نشان داده شده است. در روش آبیاری قطره‌ای برای هر گلدان از یک قطره‌چکان نتافیم سه لیتر بر ساعت و در روش آبیاری فتیله‌ای از فتیله‌هایی از جنس کتان و دارای قطرهای یک، سه، چهار و پنج سانتی‌متر

استفاده شد. برای کشت گیاه گوجه‌فرنگی ابتدا بذرهای آن در سینی کشت نشاء قرار گرفت و به مدت ۳۰ روز تا مرحله پنج‌برگی به‌طور یکسان آبیاری شدند. برای اجرای سامانه آبیاری فتیله‌ای از مخازن نگهداری آب که دارای حجم مفید یک لیتر بودند استفاده شد. فتیله‌ها از جنس کتان انتخاب شدند تا به راحتی آب را جذب کرده و به بستر کشت انتقال دهند. پس از قرارگیری فتیله‌ها در گلدان از بسترهای کشت آماده‌شده در داخل گلدان‌ها ریخته و سپس گلدان‌ها بر روی مخزن آب قرار داده شدند تا با توجه به خاصیت مویینگی فتیله‌ها، بستر موجود در گلدان برای انتقال نشاء مرطوب شود. پس از مرطوب شدن بستر کشت در گلدان‌ها، نشاءها به گلدان‌ها منتقل شدند. در شکل (۲) نمایی از آبیاری گلدان‌ها به روش آبیاری قطره‌ای و آبیاری فتیله‌ای نشان داده شده است. برای تعیین زمان پرکردن مجدد مخزن آب در تیمارهای آبیاری فتیله‌ای، با بررسی میزان آب موجود در مخزن طی ساعات مختلف روز، درصورتی‌که حجم آب مخزن به حدود ۵۰ میلی‌لیتر رسیده بود به میزان یک لیتر آب وارد مخزن شد تا نیاز آبی گیاه را تأمین کند.

جدول ۱- علامت اختصاری تیمارها

ردیف	تیمارها	علامت اختصاری
۱	قطره‌ای در بستر خاک ۱ "خاک، ماسه، کود حیوانی"	I0S1
۲	قطره‌ای در بستر خاک ۲ "خاک، کوکوپیت، کود، پرلیت"	I0S2
۳	فتیله‌ای با قطر فتیله ۱ سانتیمتر در بستر خاک ۱	I1S1
۴	فتیله‌ای با قطر فتیله ۱ سانتیمتر در بستر خاک ۲	I1S2
۵	فتیله‌ای با قطر فتیله ۳ سانتیمتر در بستر خاک ۱	I3S1
۶	فتیله‌ای با قطر فتیله ۳ سانتیمتر در بستر خاک ۲	I3S2
۷	فتیله‌ای با قطر فتیله ۴ سانتیمتر در بستر خاک ۱	I4S1
۸	فتیله‌ای با قطر فتیله ۴ سانتیمتر در بستر خاک ۲	I4S2
۹	فتیله‌ای با قطر فتیله ۵ سانتیمتر در بستر خاک ۱	I5S1
۱۰	فتیله‌ای با قطر فتیله ۵ سانتیمتر در بستر خاک ۲	I5S2

شکل ۲- نمایی از آبیاری گلدان‌ها به روش آبیاری قطره‌ای و آبیاری فتیله‌ای

برای بررسی میزان آب موردنیاز گیاه گوجه‌فرنگی در تیمار آبیاری قطره‌ای از روش اندازه‌گیری رطوبت و بیلان آب خاک استفاده شد. رطوبت خاک گلدان‌ها در تیمار آبیاری قطره‌ای به‌صورت روزانه با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج مدل (Lutron Professional Soil Moisture Meter, PMS-714) در عمق توسعه ریشه اندازه‌گیری و زمان آبیاری در تیمار قطره‌ای بر اساس ۵۰ درصد متوسط میزان

تخلیه مجاز رطوبتی در نظر گرفته و میزان آب موردنیاز گیاه از رابطه (۱) تعیین شد (قیصری و همکاران،۲۰۱۵).

$$dn = (\theta fc - \theta i) * Z \qquad (۱)$$

θ_{fc}: درصد رطوبت حجمی خاک در حد ظرفیت زراعی

θ_i: درصد رطوبت حجمی خاک باقیمانده در خاک قبل از آبیاری

Z: عمق ریشه برحسب سانتی‌متر

d_n: عمق خالص آبیاری برحسب سانتی‌متر

صفات مورد بررسی شامل وزن تر و خشک میوه، بهره‌وری فیزیکی آب، شاخص سطح برگ، میزان آب مصرفی گیاه و محتوی نسبی آب برگ در طول دوره رشد بودند. در انتهای دوره رشد و پس از برداشت گوجه‌فرنگی، وزن میوه‌ها توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. همچنین برای اندازه‌گیری وزن خشک میوه ابتدا چند نمونه میوه به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه قرار گرفتند و پس از آن وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد که به‌عنوان وزن خشک در نظر گرفته شد. برای محاسبه شاخص سطح برگ گیاه گوجه‌فرنگی، ابتدا به‌وسیله خط‌کش طول و عرض تمام برگ‌های موجود در ۳۰ گلدان اندازه‌گیری شد، سپس از هر گلدان تعداد ۱۰ برگ به‌صورت تصادفی جداشده و به‌وسیله دستگاه اندازه‌گیری شاخص سطح برگ، مساحت هر برگ تعیین و از رابطه (۲) ضریب k برای محاسبه شاخص سطح برگ گیاه گوجه‌فرنگی تعیین شد (شعبانی و سپاسخواه، ۲۰۱۷).

$$K = \frac{B}{A} \qquad (۲)$$

K: ضریب شاخص سطح برگ

A: مساحت اندازه‌گیری شده توسط خط‌کش

B: مساحت به‌دست‌آمده توسط دستگاه شاخص سطح برگ از ضرب k محاسبه‌شده در مساحت سطح برگ قرائت‌شده در گلخانه، مساحت واقعی سطح برگ به دست آمد.

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، تعدادی از جوان‌ترین برگ‌های توسعه‌یافته در هر تیمار به‌طور تصادفی جدا گردید. سپس میزان چهار گرم برگ در ابعاد ۲×۲ سانتی‌متر از برگ‌ها جدا و به‌عنوان وزن تر در نظر گرفته شد. نمونه‌ها به مدت شش ساعت در آب مقطر قرار گرفت و سپس با دستمال سطح آن‌ها خشک و مجدداً وزن شدند که وزن حاصل به‌عنوان وزن اشباع در نظر گرفته شد. برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس قرار گرفت و وزن حاصل به‌عنوان وزن خشک در نظر گرفته شد. میزان محتوای نسبی آب برگ از رابطه (۳) محاسبه گردید (باقری، ۱۳۹۳).

$$RWC\% = \frac{(FW-DW)}{(TW-DW)} \times 100 \qquad (۳)$$

RWC: محتوای نسبی آب برگ (درصد).

FW: وزن تر برگ بلافاصله بعد از نمونه‌برداری (گرم).

DW: وزن خشک برگ بعد از خارج کردن از آون (گرم).

TW: وزن تر برگ بعد از قرار گرفتن در آب مقطر (گرم).

برای بررسی بهره‌وری فیزیکی آب، نسبت میزان عملکرد محصول گوجه‌فرنگی به حجم آب مصرف‌شده در طول دوره رشد تعیین و بهره‌وری فیزیکی آب از رابطه (۴) به دست آمد (مولدن، ۲۰۰۷)

$$Wp = \frac{Dw}{V} \qquad (۴)$$

WP: بهره‌وری فیزیکی آب (کیلوگرم بر مترمکعب)

DW: جرم ماده خشک، جرم ماده تر، (کیلوگرم)

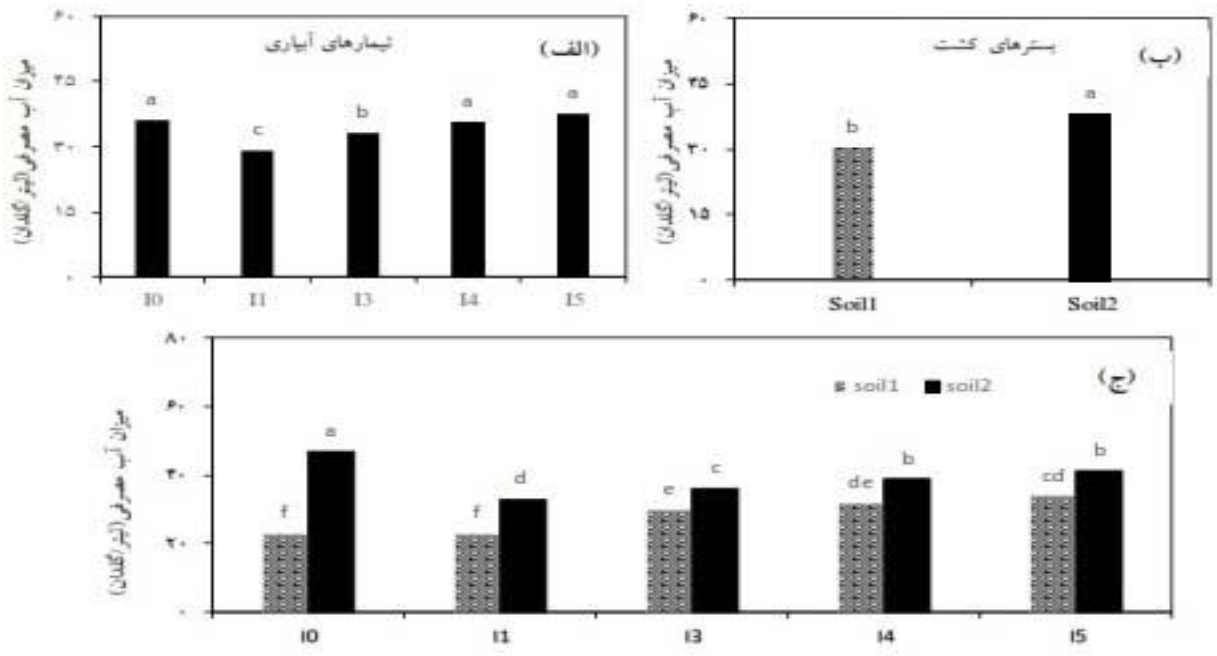
V: حجم آب مصرف‌شده (مترمکعب)

نتایج و بحث

میزان آب مصرفی

نتایج تجزیه تحلیل آماری میزان آب مصرفی در طول دوره رشد (جدول ۲) در تیمارهای آبیاری نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین آن‌ها است. اختلاف مصرف آب بین تیمارهای آبیاری فتیله‌ای و قطره‌ای متأثر از تفاوت در نوع آبیاری است. در آبیاری قطره‌ای، آبیاری از سطح خاک بر اساس سنجش میزان رطوبت موجود در خاک صورت گرفت. در روش آبیاری قطره‌ای به علت مرطوب بودن سطح خاک، تبخیر از سطح خاک وجود دارد، درحالی که در آبیاری فتیله‌ای، آبیاری از زیر سطح خاک توسط فتیله‌های موجود در مخزن صورت می‌گیرد و با توجه به

اینکه در این روش آبیاری سطح خاک عمدتاً خشک است، تلفات تبخیر از سطح خاک کاهش می‌یابد. این مسئله می‌تواند یکی از منابع اختلاف بین تیمار آبیاری قطره‌ای و فتیله‌ای باشد. همچنین به علت متفاوت بودن قطرهای فتیله، میزان مصرف آب در تیمارهای فتیله‌ای نیز متفاوت است. کمترین میزان مصرف آب در آبیاری فتیله‌ای در طول دوره رشد با قطر فتیله یک سانتی‌متر به میزان ۲۹/۲۵ لیتر در بوته و بیشترین میزان مصرف آب در تیمار آبیاری قطره‌ای و آبیاری فتیله‌ای با قطر فتیله پنج سانتی‌متر به میزان ۳۶ و ۳۷/۵ لیتر در بوته مشاهده شد (شکل ۳ -الف). نتایج تجزیه‌وتحلیل میزان مصرف آب در بسترهای مختلف کشت (جدول ۳) نشان داد که بین این دو بستر کشت اختلاف معنی‌داری وجود دارد. یکی از دلایل افزایش مصرف زیاد آب در بستر "کوکوپیت، خاک، پرلیت، کود" می‌تواند قدرت ذخیره بیشتر آب در خاک و در نتیجه سهولت تبخیر از سطح خاک باشد. همچنین مقایسه اثر متقابل آبیاری و بستر کشت (شکل ۳-ج) نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آبیاری فتیله‌ای با آبیاری قطره‌ای است. بیشترین میزان مصرف آب در تیمار آبیاری قطره‌ای با بستر "کوکوپیت، خاک، پرلیت، کود" به میزان ۴۷/۷ لیتر در هر گلدان و کمترین میزان مصرف آب در تیمارهای آبیاری قطره‌ای و آبیاری فتیله‌ای با قطر یک سانتی‌متر در بستر "خاک، ماسه، کود" به‌میزان ۲۳ لیتر در هر گلدان مشاهده شد. همان‌طوری که در این شکل مشاهده می‌شود مقدار آب مصرفی در کلیه تیمارهای آبیاری در بستر "کوکوپیت، خاک، پرلیت، کود" بیشتر است. شاید بتوان گفت که علت افزایش این شاخص در خاک دو، وجود کوکوپیت و پرلیت در بستر خاک است. این نتایج حاکی از آن است که در این بستر، سهولت دسترسی به آب بیشتر بوده است. این سهولت دسترسی به آب می‌تواند موجب افزایش تبخیر از سطح خاک شود.



شکل ۳- مقایسه میانگین آب مصرف‌شده در تیمارهای مختلف آبیاری و بسترهای کشت

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی صفات گوجه‌فرنگی تحت سامانه آبیاری فتیله‌ای

منابع تغییر	درجه آزادی	میزان آب مصرفی	شاخص سطح برگ	محتوی نسبی آب برگ	وزن تر میوه	وزن خشک میوه	بهره‌وری آب
آبیاری	۴	۲۶۲/۰۵**	۴۲۶۱۹۵/۹۰**	۴۰/۷۵**	۱۵۱/۹۸**	۱۱۰۴/۰۲۴**	۳۳/۰۱**
بستر کاشت	۱	۴۹۲/۰۷**	۶۳۸۰/۸۷ns	۴۱/۳۷**	۱۲۲/۹۵**	۶۴۳۹/۴۷۵**	۳۹/۰۴**
آبیاری×بستر	۴	۴۰۶/۰۵**	۶۲۲۴۸/۳۰ns	۴۱/۵۸**	۳۱۸/۴۸ns	۸۹۴/۵۱۷*	۱۴/۷۹ns
خطا	۲۰	۴۴/۰۵	۵۲۵۲۱/۶۱	۰/۳۱	۲۰/۱	۱۸۵	۲۴/۹
ضریب تغییرات	-	۱۹/۷۳	۲۱/۹۴	۰/۶۰	۴۱/۶۹	۴۲/۲۶	۱۱/۹۷

جدول ۳- تجزیه واریانس برخی صفات گوجه‌فرنگی تحت بسترهای مختلف کشت

بستر کشت	آب مصرفی	محتوی نسبی آب برگ	شاخص سطح برگ	وزن خشک میوه	وزن تر میوه	بهره‌وری فیزیکی آب
Soil1	۳۰/۴b	۸۸/۳۲b	۱۰۳۰b	۴۹/۰۹a	۴۱۶/۳۸a	۱۳/۸۲a
Soil2	۳۸/۳a	۹۵/۷a	۱۰۵۹a	۱۷/۴۴b	۲۶۲/۲۹b	۶/۸۷b

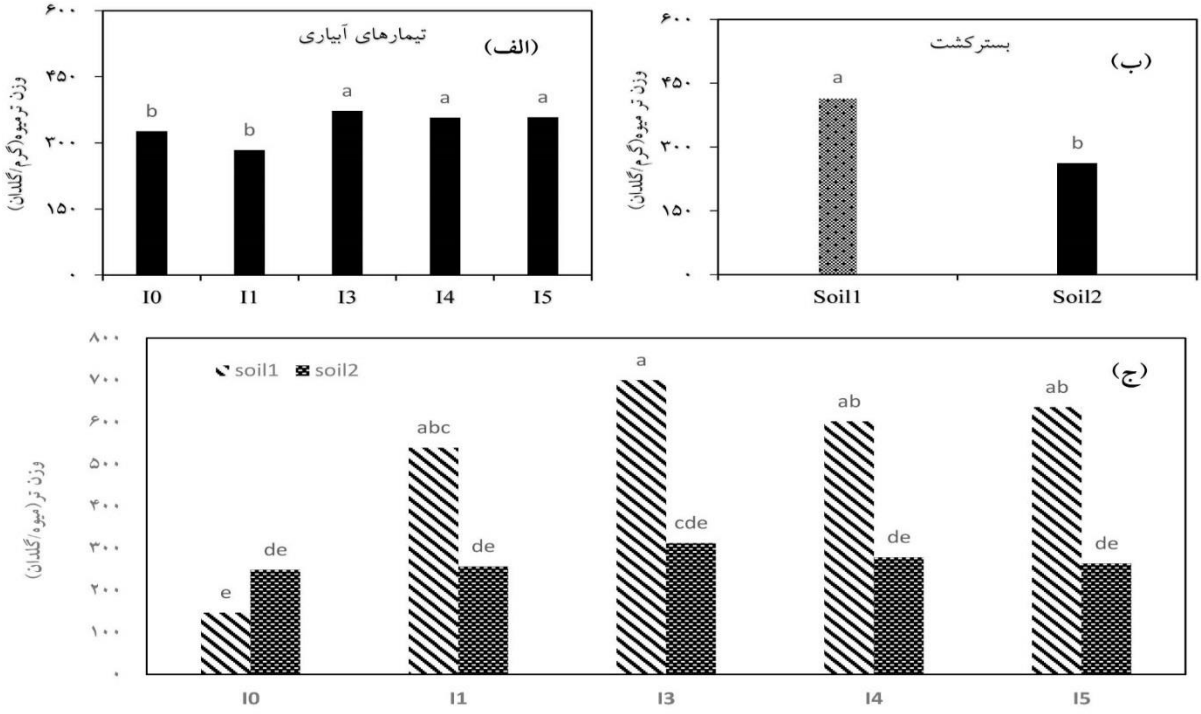
نتایج تجزیه‌وتحلیل میزان مصرف آب در بسترهای مختلف کشت (جدول ۳) نشان داد که بین این دو بستر کشت اختلاف معنی‌داری وجود دارد. این نتایج نشان داد که بستر کشت "کوکوپیت، خاک، پرلیت، کود" به میزان ۲۶ درصد آب بیشتری را نسبت به بستر "خاک ماسه، کود" مصرف کرده است که از دلایل افزایش مصرف زیاد آب در بستر "کوکوپیت، خاک، پرلیت، کود" می‌تواند قدرت ذخیره بیشتر آب در خاک و درنتیجه سهولت تبخیر از سطح خاک باشد (شکل ۳-ب). نتایج این مطالعه با نتایج مطالعه مانگای و همکاران (۲۰۱۷) که تأثیر آبیاری فتیله‌ای بر میزان مصرف آب گیاه زینتی را مورد بررسی قرار داده بودند مطابقت دارد.

وزن تر میوه

نتایج مقایسه وزن تر میوه (جدول ۲) در تیمارهای آبیاری حاکی از آن است که اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آبیاری وجود دارد. بیشترین وزن تر میوه مربوط به تیمار آبیاری فتیله‌ای با قطر سه سانتی‌متر به میزان ۳۷۲ گرم در بوته و کمترین وزن تر میوه به میزان ۲۸۴ گرم در بوته در تیمار آبیاری فتیله‌ای با قطر یک سانتی‌متر مشاهده شد. همچنین در تیمار آبیاری قطره‌ای وزن تر میوه ۳۲۶ گرم به دست آمد که نسبت به تیمارهای آبیاری فتیله‌ای با قطر سه،چهار و پنج سانتی‌متر کمتر بود (شکل ۴- الف). نتایج به‌دست‌آمده بیانگر آن است که در تیمار آبیاری فتیله‌ای به علت مرطوب بودن دائمی خاک، دسترسی به آب سهل‌الوصول بیشتر بوده و موجب افزایش وزن تر میوه شده است. نتایج مقایسه میزان وزن‌تر میوه در بسترهای کشت (جدول ۳) حاکی از آن است که اختلاف این شاخص در بسترهای مختلف کشت معنی‌دار است. همچنین نتایج ارائه‌شده در شکل (۴ –ب) نشان می‌دهد که وزن تر میوه در بستر ۱ "خاک، ماسه، کود" به میزان ۵۹ درصد نسبت به بستر ۲ "کوکوپیت، خاک، پرلیت، کود" بیشتر بوده است. اگرچه میزان ذخیره آب در بستر "کوکوپیت، خاک، پرلیت، کود" بیشتر از بستر "خاک، شن، کود" بود اما میزان وزن تر میوه در بستر "خاک، شن، کود" بیشتر شده است. شاید بتوان گفت که سهولت آب قابل‌دسترس در بستر "کوکوپیت، خاک، پرلیت، کود" باعث افزایش رشد رویشی گیاه شده، درنتیجه رشد زایشی کاهش‌یافته است که با مشاهدات مزرعه‌ای و نتایج تحقیقات محمدی‌اروجه و همکاران (۱۳۹۶)، وسونگا (۲۰۱۴) مطابقت دارد.

مقایسه اثر متقابل آبیاری و بستر کشت بر وزن تر میوه (شکل ۴-ج) نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آبیاری فتیله‌ای با آبیاری قطره‌ای است. بیشترین

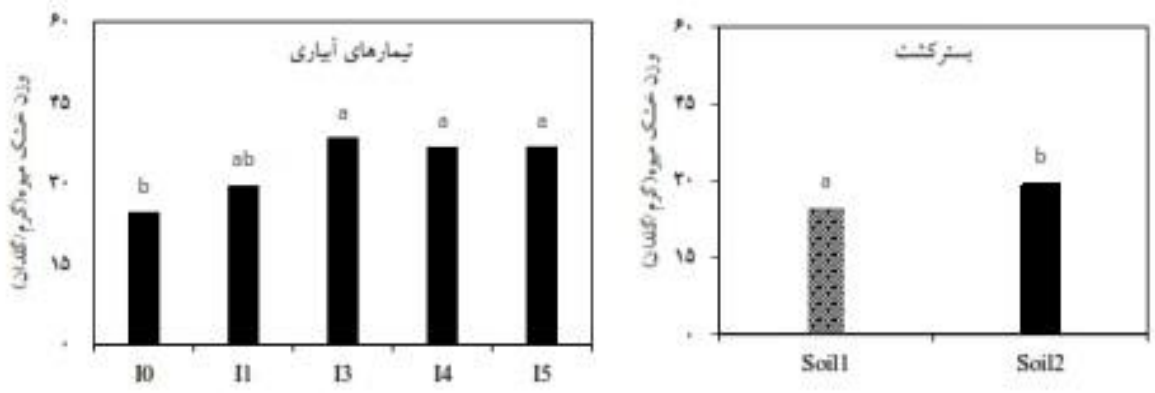
وزن تر میوه در تیمار آبیاری فتیله‌ای با قطر سه سانتی‌متر در بستر" خاک، ماسه، کود" به میزان ۷۰۰ گرم در بوته و کم‌ترین وزن تر میوه در تیمار آبیاری قطره‌ای بستر "خاک، ماسه، کود "به میزان ۱۴۷ گرم در بوته به دست آمد. مقایسه اثر متقابل آبیاری و بستر کشت بر وزن تر میوه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف است. آبیاری فتیله‌ای با قطر سه سانتی‌متر در بستر "خاک، ماسه، کود" برتری خود را نسبت به تمام تیمارهای آبیاری قطره‌ای و فیتیله‌ای نشان داده است. بین تیمارهای آبیاری در بستر کشت "کوکوپیت، خاک، پرلیت، کود" اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج مطالعات سونگا و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی تأثیر چهار محیط کشت برای استفاده در سامانه آبیاری فتیله‌ای بر روی گیاه گوجه‌فرنگی نشان داد که محیط کشت "خاک، شن، کود دامی" و "خاک، کوکوپیت، کود دامی، پومایس" بهترین محیط کشت بودند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. همچنین اندازه یا وزن میوه با مقدار آب موجود در بستر کشت ارتباط مستقیمی دارد، لذا قدرت میوه در جذب آب و مواد مغذی از بسترهایی که قابلیت ذخیره آب کمتری دارند، بشدت کاهش می‌یابد. لذا در سامانه آبیاری فتیله‌ای با توجه به اینکه منطقه توسعه ریشه گیاه همواره در معرض رطوبت قرار دارد، می‌توان گفت این عامل به همراه عوامل مؤثر در بستر کشت باعث افزایش وزن تر میوه می‌شود.



شکل ۴- مقایسه میانگین وزن تر میوه در تیمارهای مختلف آبیاری و بسترهای کشت

وزن خشک میوه

روند تغییرات وزن خشک میوه در تیمارهای مختلف مشابه وزن تر میوه بود و نتایج تجزیه آماری (جدول ۲) نشان داد که اختلاف میزان وزن خشک میوه در تیمارهای آبیاری معنی‌دار است. بیشترین وزن خشک میوه مربوط به تیمار آبیاری فتیله‌ای با قطر سه سانتی‌متر به میزان ۳۸/۵۱ گرم در بوته و کمترین وزن خشک میوه از تیمار آبیاری قطره‌ای به میزان ۲۴/۶۴ گرم در بوته به دست آمد (شکل ۵).

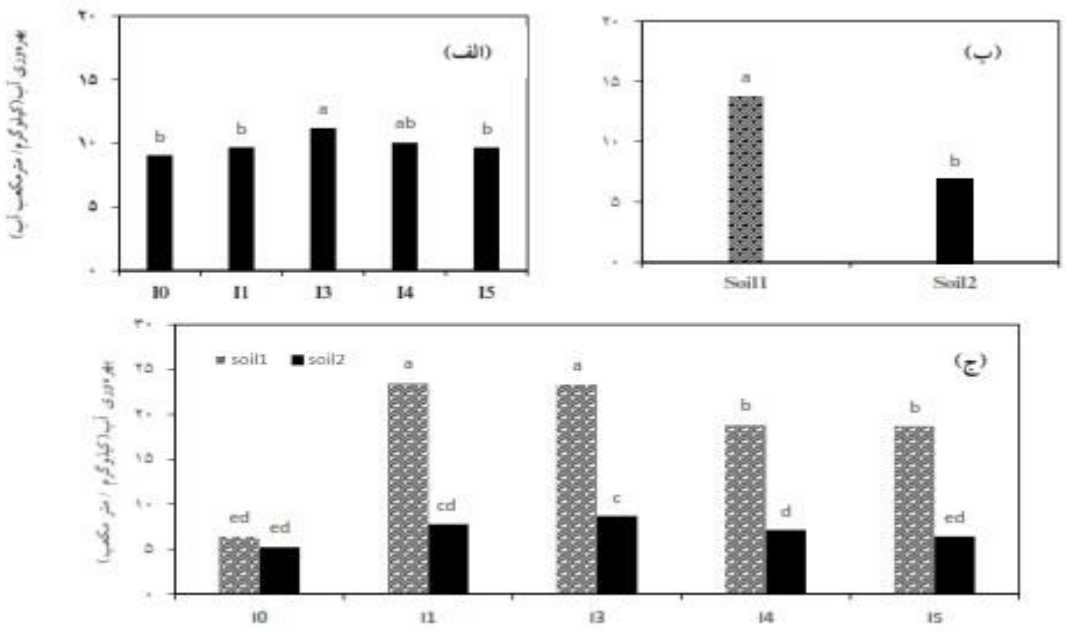


شکل ۵- مقایسه میانگین وزن خشک میوه در تیمارهای مختلف آبیاری و بسترهای کشت

میزان وزن خشک میوه ارتباط مستقیمی با میزان آب موجود در خاک داشت، به‌طوری‌که هرچه شرایط رشد مطلوب‌تری برای گیاه فراهم شد، وزن میوه نیز افزایش یافت. در آبیاری فتیله‌ای، مطلوب بودن شرایط رطوبت برای گیاه باعث شد که وزن خشک محصول افزایش یابد. مقایسه نتایج حاصل از وزن خشک میوه در بسترهای کشت نشان داد که وزن خشک میوه در بستر "خاک، ماسه، کود" به میزان ۱۸۴ درصد نسبت به بستر "کوکوپیت، خاک، پرلیت، کود" افزایش یافته است (شکل ۵). نتایج این تحقیق با نتایج زارعی و همکاران (۱۳۹۶) مطابقت دارد. آن‌ها بیان کردند که دسترسی دائمی به آب و عدم شرایط غرقابی در آبیاری فتیله‌ای می‌تواند رشد گیاه را بهبود ببخشد و کارایی مصرف آب و تولید ماده خشک را افزایش دهد.

بهره‌وری فیزیکی آب

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری بر بهره‌وری آب به ازای وزن تر گوجه‌فرنگی در تیمارهای آبیاری فتیله‌ای و آبیاری قطره‌ای، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آبیاری بود (جدول ۲). بیشترین میزان بهره‌وری فیزیکی آب به ازای وزن تر میوه ازتیمار آبیاری فتیله‌ای با قطر فتیله‌ی سه سانتی‌متر به میزان ۱۱/۱۹ کیلوگرم بر مترمکعب و کمترین میزان بهره‌وری فیزیکی آب به ازای وزن تر میوه از تیمار آبیاری قطره‌ای به میزان ۹/۰۶ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد (شکل ۶-الف). مقایسه اثر بسترهای کشت بر بهره‌وری آب نشان داد که بیشترین بهره‌وری فیزیکی آب متعلق به بستر "خاک، ماسه، کود" است که مقدار آن نسبت به بستر "کوکوپیت، خاک، پرلیت، کود" به میزان ۱۰۱ درصد افزایش داشته است (شکل ۶-ب). نتایج به‌دست‌آمده با مشاهدات مزرعه‌ای، اورگ و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد. آن‌ها مشاهده کردند که آبیاری فتیله‌ای با کاهش مصرف آب و افزایش میزان محصول تولیدی نسبت به آبیاری سطحی و قطره‌ای بهره‌وری آب بالاتری را ایجاد می‌کند.

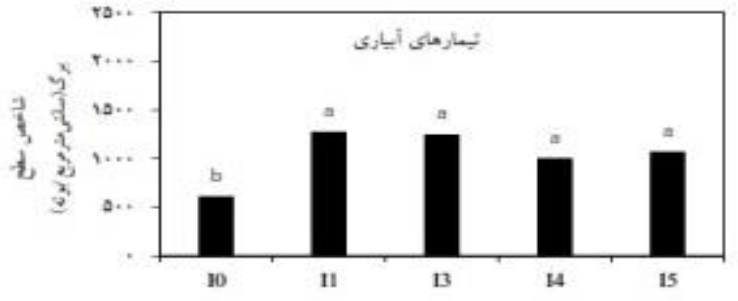


شکل ۶- مقایسه میانگین بهره‌وری آب در تیمارهای مختلف آبیاری و بسترهای کشت

مقایسه اثر متقابل تیمارهای آبیاری و بستر کشت بر بهره‌وری آب (شکل ۶-ج) نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است. بیشترین وزن تر میوه از تیمار آبیاری فتیله‌ای با قطر یک و سه سانتی‌متر در بستر"خاک، ماسه، کود" به میزان ۲۳/۴ کیلوگرم بر متر مکعب و کم‌ترین بهره‌وری آب از تیمار آبیاری قطره‌ای به دست آمد. مقایسه اثر متقابل آبیاری و بستر کشت بر بهره‌وری آب حاکی از آن است که از نظر این شاخص، آبیاری فتیله‌ای با قطر یک و سه سانتی‌متر در بستر" خاک، ماسه، کود" نسبت به سایر تیمارهای آبیاری قطره‌ای و فتیله‌ای برتری دارد. اگر چه بین تیمارهای آبیاری در بستر کشت "کوکوپیت، خاک، پرلیت، کود" اختلاف معنی‌داری مشاهده شد، لیکن این اختلاف در مقایسه با تفاوت بهره‌وری آب در تیمارهای بستر کشت" خاک، ماسه، کود " ناچیز است. نتایج تحقیقات مزاری و همکاران (۱۳۹۵) در بررسی تأثیر خصوصیات فیزیکی بسترهای کاشت بر رشد گیاه و بهره‌وری فیزیکی آب گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای تحت آبیاری سطحی بیانگر آن بود که بهره‌وری فیزیکی آب در بستر "ماسه، کوکوپیت" نسبت به سایر بسترها بیشتر بوده است. این محققان گزارش نمودند که سرعت انتشار اکسیژن در بستر "ماسه، کوکوپیت" نسبت به بستر" پرلیت، کوکوپیت" بیشتر بوده است و این عامل باعث ایجاد شرایط بهینه برای ریشه و درنتیجه افزایش سطح برگ، تعداد برگ و افزایش عملکرد و بهره‌وری فیزیکی آب شده است.

شاخص سطح برگ

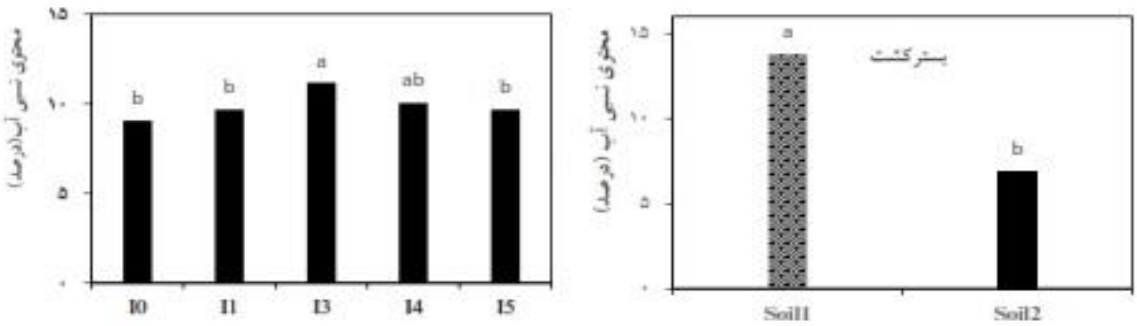
نتایج تجزیه‌وتحلیل‌های آماری شاخص سطح برگ در تیمارهای آبیاری (جدول ۲) نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آبیاری است. بیشترین شاخص سطح برگ در تیمار آبیاری فتیله‌ای با قطرهای سه و چهار سانتی‌متر برابر با ۱۲۷۸ و ۱۲۵۰ سانتی‌متر مربع در بوته و کمترین میزان شاخص سطح برگ در تیمار آبیاری قطره‌ای برابر با ۶۱۴ سانتی‌متر مربع در بوته مشاهده شد (شکل ۷). در آبیاری فتیله‌ای به علت اینکه آب در مخزن همواره موجود است و محیط کشت همواره مرطوب می‌شود، لذا شرایط محیطی برای گیاه نسبت به آبیاری قطره‌ای مناسب‌تر است و به گیاه تنش آبی وارد نمی‌شود که این عامل موجب افزایش سطح برگ خواهد شد.



شکل ۷- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ در تیمارهای مختلف آبیاری

محتوی نسبی آب برگ

نتایج تجزیه‌وتحلیل‌های آماری محتوی نسبی آب برگ در تیمارهای آبیاری نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین آبیاری فتیله‌ای و قطره‌ای بود (جدول ۲). بر اساس نظر بلوم (۱۹۹۹)، محتوی نسبی آب برگ، بهترین معیار برای اندازه‌گیری وضعیت آب گیاه است. بالاترین محتوی نسبی آب در تیمار آبیاری فتیله‌ای با قطر فتیله پنج سانتی‌متر به میزان ۹۶/۲ درصد و پایین‌ترین درصد محتوی نسبی آب برگ در تیمار آبیاری فتیله‌ای با قطر فتیله سه سانتی‌متر به میزان ۸۹ درصد مشاهده شد (شکل ۸). بر اساس نتایج تجزیه‌وتحلیل آماری انجام‌شده، اختلاف معنی‌داری بین محتوی نسبی آب در بسترهای مختلف کشت مشاهده شد (جدول ۳). بیشترین محتوی نسبی آب برگ در بستر کشت"کوکوپیت، خاک، پرلیت، کود" به میزان هفت درصد بیشتر از بستر "خاک، ماسه، کود" بود (شکل ۸). در این پژوهش هرچند مصرف آب درروش آبیاری فتیله‌ای کمتر از آبیاری قطره‌ای بود، اما محتوای نسبی رطوبت آن نسبت به روش قطره‌ای کاهش نیافت که احتمالاً به علت توزیع مناسب زمانی یعنی دسترسی مداوم به آب در روش آبیاری فتیله‌ای است.



شکل ۸- مقایسه میانگین محتوی نسبی آب برگ در تیمارهای مختلف آبیاری

نتیجه‌گیری

تیمار آبیاری فتیله‌ای نسبت به آبیاری قطره‌ای در بیشتر صفات برتری داشت و ضمن کاهش مصرف آب گوجه‌فرنگی، باعث افزایش عملکرد محصول شد و در نتیجه بهره‌وری آب افزایش یافت. همچنین با افزایش قطر فتیله، میزان مصرف آب در سامانه آبیاری فتیله‌ای افزایش یافت. شاید بتوان گفت که با افزایش قطر فتیله، توانایی انتقال آب از ظرف به محیط ریشه افزایش می‌یابد. بدیهی است که دبی عبوری از فتیله به عوامل مختلفی از جمله میزان رطوبت خاک و قطر فتیله بستگی دارد. با افزایش قطر فتیله سطح مقطع جریان بیشتر شده و در صورت وجود پتانسیل مکش، میزان آب بیشتری به بستر کشت انتقال

می‌یابد. در این پژوهش قطر فتیله ۱ سانتی‌متر با مصرف آب ۲۹/۲۵ لیتر در بوته و قطر پنج سانتی‌متر با مصرف آب ۳۷/۵ لیتر در بوته به ترتیب کمترین و بیشترین مصرف آب را بین قطرهای مختلف فتیله دارا بودند. میزان مصرف آب در تیمار آبیاری قطره‌ای نیز ۳۶ لیتر در بوته بود که با میزان مصرف آب در تیمار آبیاری فتیله‌ای با قطر پنج سانتی‌متر اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین میزان بهره‌وری آب در آبیاری فتیله‌ای با قطر سه سانتی‌متر و آبیاری قطره‌ای به‌ترتیب ۱۱/۱۹ و ۹/۰۶ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. این نتایج نشان داد که قطر فتیله در رشد گیاه مؤثر است و با افزایش قطر فتیله میزان آب مصرفی افزایش و به مصرف پتانسیل آب نزدیک می‌شود، ولی این افزایش آب مصرفی متناسب با افزایش میوه‌دهی نخواهد بود. لذا می‌توان گفت افزایش بیش از حد قطر فتیله می‌تواند باعث افزایش رطوبت خاک، رسیدن رطوبت به سطح خاک و افزایش مقدار تبخیر از سطح خاک شود. میزان مصرف آب در بستر کشت "خاک، شن، کود" نسبت به بستر "کوکوپیت، خاک، کود، پرلیت" به میزان ۲۱ کاهش یافت ولی شاخص بهره‌وری آب در بستر کشت "خاک، شن، کود" ۱۰۰ درصد افزایش داشت. در آبیاری فتیله‌ای با قطر فتیله مناسب، به علت اینکه همواره آب در دسترس بوده، گیاه با تنش آبی مواجه نشده و موجب بهبود رشد گیاه و افزایش عملکرد تر و خشک در گیاه گوجه‌فرنگی شده و در نتیجه بهره‌وری فیزیکی آب افزایش یافته است. اگرچه در این تحقیق تجزیه‌وتحلیل اقتصادی انجام‌نشده است ولی نتایج این تحقیق نشان داد که روش آبیاری فتیله‌ای با قطر فتیله سه سانتی‌متر بیشترین وزن تر میوه و بهره‌وری فیزیکی آب را داشته و درآمد بیشتری برای بهره‌بردار خواهد داشت. از طرف دیگر اگرچه سامانه آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری فتیله‌ای شناخته‌شده‌تر است، اما هزینه‌های نصب و راه‌اندازی سامانه آبیاری فتیله‌ای در گلخانه، نسبت به آبیاری قطره‌ای کمتر بوده و می‌تواند دلیل قابل قبولی برای استفاده از این روش آبیاری باشد.

فهرست منابع

۱. باقری، م. آل بوعلی، ف. صادقی،ح. جوانمردی، ش. (۱۳۹۳). بررسی تأثیر کم‌آبیاری بر تغییرات یونی، محتوای نسبی آب برگ، میزان پرولین و برخی ویژگی‌های ظاهری گیاه اطلسی. نشریه علوم باغبانی (۳)۲۸. صفحه ۳۴۷-۳۵۹

۲. رضایی سرجویی، م. (۱۳۹۸). بررسی بهره‌وری فیزیکی آب مصرف آب در ماش به روش آبیاری فتیله‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی – زراعت. دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی. دانشگاه رازی. ایران.

۳. زارعی، ژ. حیدری، ح. (۱۳۹۶). بررسی بهره وری فیزیکی آب مصرف آفتابگردان در روش‌های آبیاری سطحی و فتیله‌ای. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۰(۴): صفحه ۵۲۱-۵۳۰.

۴. عابدی باباحیدری، ح. (۱۳۹۶). مقایسه روش‌های آبیاری سطحی، قطره‌ای و واتر‌باکس در استقرار نهال زالزالک برای کنترل پدیده بیابان‌زایی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی آب گرایش آبیاری و زهکشی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه شهرکرد. ایران.

۵. محمدی اروجه، ر. (۱۳۹۶). بررسی بهره‌وری فیزیکی آب سامانه آبیاری فتیله‌ای برای کشت‌های گلخانه‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی آب گرایش آبیاری و زهکشی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه شهرکرد. ایران.

6. Blum, A., (1999). Towards standard assay of drought resistance in crop plants. In J.M. Ribaut and D. Poland (Eds). M. A strategic planning workshop, 21-25 June 1999.

7. Budiarto, R., Ridwan, M. K., Haryoko, A., Anwar, Y. S., Suhono, and Suryopratomo, K. (2013). Sustainability Challenge for Small Scale Renewable Energy use in Yogyakarta. Procedia Environmental Sciences, 17, 513–518. https://doi.org/10.1016/j.proenv.2013.02.066
8. Chaturvedi, A. K., Surendran, U., Gopinath, G., MadhavaChandran, K., Anjali, N. K., and Mohd. Fasil C.T (2019). Elucidation of stage specific physiological sensitivity of okra to drought stress through leaf gas exchange, spectral indices, growth and yield parameters. Agricultural Water Management, 222, 92–104.
9. Felipe, A. J. B., and Bareng, J. L. R. (2022). Growth and yield assessment of lettuce (Lactuca sativa L.): an economic feasibility and performance evaluation of capillary wick irrigation system. Plant Science Today, 9(1), 62-69.
10. Ferrarezi, R. S., and Testezlaf, R. (2016). Performance of wick irrigation system using self-compensating troughs with substrates for lettuce production. Journal of Plant Nutrition, 39(1), 147-161.
11. Gheysari, M., Loescher, H.W., Sadeghi, S.H., Mirlatifi, S.M., Zareian, M.J. and G. Hoogenboom. 2015. Water-yield relations and water use efficiency of maize under nitrogen fertigation for semiarid environments: experiment and synthesis. In: Sparks, D.L. (Ed.), Advances in Agronomy, pp. 175–229
12. Goldhamer, D. A., (2005). Tree Water Requirements and Regulated Deficit Irrigation. Pistachio Production Manual. 4th Ed. Ferguson L. University of California, Davis.
13. Heydari, N., and Liaghat, A. (2022). Effectiveness of Wick Irrigation Method on Yield and Water Use Efficiency on Maize in Semi-Arid Area. Environment and Water Engineering, 8(1), 122-132.
14. Masuda, M., and Fukumoto, S. (2008). Potential for tomato cultivation using capillary wick-watering method. Okayama University
15. Molden, D. 2007. Water for food. Water for life. A comprehensive assessment of water management in agriculture. International Water Management Institute (IWMI) and FAO.
16. Mungai, M. M., Wariara, K., Gathogo, H. P., Mwibanda, W. J. and Ochieng, A. A. (2017). Water use and plant growth of selected container grown ornamental plants under capillary wick based irrigation system and conventional irrigation system in Kenya." Int. J. Agron. Agric. Res 11: 32-41.
17. Orge, R. F., and Sawey, D. A. (2019). Field performance of the capillary wick irrigation (capillarigation) system for rice-based crops. GEOMATE Journal, 17(61), 41-49.
18. Semananda, N. P., Ward, J. D., and Myers, B. R. (2016). Evaluating the efficiency of wicking bed irrigation systems for small-scale urban agriculture. Horticulturae, 2(4), 13.
19. Shabani, A., and Sepaskhah, A. R. (2017). Leaf area estimation by a simple and non-destructive method. Iran Agricultural Research, 36(2), 101-105.
20. Wesonga, J. M., Wainaina, C., Ombwara, F. K., Masinde, P. W., and Home, P. G. (2014). Wick material and media for capillary wick based irrigation system in Kenya. International Journal of Science and Research, 3(4), 613-617.

Effect of Wick Irrigation System on Water Productivity, Growth and Yield Parameters of Tomato Plants in Greenhouse

M. Rezaee Khormenani, M. Akbari[1], and M. Kouchakzadeh

MSc Student, Department of Irrigation and Drainage Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
mehdirezayikh1996@gmail.com

Associated Prof., Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.
akbari_m43@yahoo.com

Associate Prof., Department of Irrigation and Drainage Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
kouchakm@modares.ac.ir

Received: May 2022 and Accepted: December 2022

Abstract

This study aimed to evaluate the efficiency of wick irrigation system in greenhouse cultivation of tomato plant and compare it with drip irrigation. The experiment was performed as factorial with a completely randomized design (CRD) in the research greenhouse of Tarbiat Modares University in 2021. Irrigation treatments included five levels (drip irrigation and wick irrigation with diameters of 1, 3, 4, and 5 cm) and two soil combination ("cocopeat, soil, fertilizer, perlite" and "soil, sand, fertilizer"), in 3 replications. The lowest and highest water consumption during the growing season was observed in wick irrigation with a diameter of 1 cm (29.25 L/plant) and in drip irrigation and wicks with a diameter of 5 cm (36 and 37.5 L/plant), respectively. The results showed differences of 19% and 4% in water consumption between, respectively, wick irrigation with a diameter of 1 and 5 cm compared to drip irrigation. Also, the difference in water consumption between wick irrigation (minimum and maximum water consumption) of 1 and 5 cm diameters was 28%. The yield in "soil, sand, fertilizer" cultivation bed was increased by 59% compared to the "cocopeat, soil, fertilizer, perlite" cultivation bed and the maximum tomato yield (700gr/plant) was observed in the wick irrigation with a diameter of 3 cm. Water consumption index in "soil, sand, fertilizer" cultivation bed was decreased 21%, rather than "cocopeat, soil, fertilizer, perlite" cultivation bed and increased water productivity by 100%. In wick irrigation, since water is always available, the plant does not face water stress and these results indicate that the wick irrigation system improves plant growth and increases production of wet and dry matter and water productivity in tomato plant. Although economic analysis has not been done in this research, but more crop yield along with less water consumption in the wick irrigation system would have more income for the user and can be an acceptable reason for using this irrigation method.

Keywords: Physical water productivity, Tomato water consumption, Drip Irrigation, Potting soil

[1] - Corresponding author: Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.