برنامه‌ریزی آبیاری گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای با استفاده از تشت تبخیر کلاس A

مسعود فرزام‌نیا[1*]، مختار میران‌زاده[1] و محمدرضا جهاد اکبر[1]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۰/۲۳)

چکیده

ایران یکی از کشورهای مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است و همواره با معضل کمبود آب مواجه می‌باشد. استفاده از کشت‌های گلخانه‌ای راهکاری مؤثر برای کاهش مصرف آب و افزایش تولید محصولات کشاورزی است. اعمال مدیریت صحیح آبیاری در گلخانه باعث استفاده بهینه از منابع آب، خاک و کود را در تولید محصولاتی با کمیت و کیفیت خوب امکان‌پذیر می‌سازد. به‌این منظور، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طی سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در گلخانهٔ مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان اجرا شد که دور آبیاری در سه سطح به‌عنوان کرت اصلی (یک، دو و سه روز یکبار) و مقدار آبیاری در سه سطح به‌عنوان کرت‌های فرعی (۷۵٪ ET_c، ۱۰۰٪ ET_c و ۱۲۵٪ ET_c) بود. نتایج نشان داد که اثر سطح آبیاری بر عملکرد، تعداد میوه در بوته و وزن متوسط یک گوجه‌فرنگی معنی‌دار بوده و بر کارآیی مصرف آب معنی‌دار نبود. بیشترین عملکرد (۶/۷۷ کیلوگرم بر متر مربع) و کمترین عملکرد (۴/۵۲ کیلوگرم بر متر مربع) به ترتیب مربوط به تیمارهای ۱۲۵ و ۷۵ درصد تبخیر از تشت کلاس A و مقدار آب مصرفی در تیمارهای مذکور به‌ترتیب حدود ۰/۳ و ۰/۱۹ متر مکعب برای هر متر مربع بود. کارآیی مصرف آب در تیمارهای آزمایش بین ۲۵ تا ۲۸ کیلوگرم به‌ازای هر متر مکعب آب بود. عدم تأثیر سطوح مختلف آب بر کارآیی مصرف آب، با توجه به این که تأثیر سطوح مختلف آب بر عملکرد معنی‌دار بوده، ممکن است در اثر کم‌آبیاری گیاه بوده باشد. همچنین، نتایج نشان داد که بین تیمارهای دور آبیاری از لحاظ صفات فوق تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. آنالیز خاک گلدان‌ها در پایان آزمایش نشان داد که شوری در سطح گلدان‌ها نسبت به عمق آن‌ها بیشتر است که به خاطر تبخیر از سطح و در نتیجه تجمع املاح در این منطقه می‌باشد. شوری در دور آبیاری یک روز (F_1)، با این که گلدان‌ها هر روز آبیاری شده بودند، بسیار زیاد بود و به ۸ dS/m رسید که نشان می‌دهد آبیاری هر روزه و با حجم کم نتوانسته املاح را شسته و به عمق خاک انتقال دهد. براساس نتایج به‌دست آمده و با در نظر گرفتن مسئله کمبود آب، سهولت کار و صرفه‌جویی در نیروی کارگری، تیمار آبیاری ۱۲۵٪ تبخیر از تشت کلاس A و دور آبیاری سه روز قابل توصیه‌اند.

واژه‌های کلیدی: مدیریت آبیاری، کم‌آبیاری، کارآیی مصرف آب

مقدمه

بخش کشاورزی عمده‌ترین مصرف‌کننده آب در ایران می‌باشد. با توجه به رشد بخش کشاورزی، راندمان کم سیستم‌های آبیاری سطحی و خشکسالی‌های اخیر، این بخش با کمبود منابع آب روبرو است. به‌این دلیل، استفاده از فن‌آوری‌های جدید جهت استفاده بهینه از منابع آب در حال گسترش است. در سال‌های اخیر، کشت گلخانه‌ای به‌واسطه‌ی استفاده از منابع آب و خاک با کارآیی زیاد و قابلیت اجرا در شرایط آب و هوایی متنوع، مورد توجه قرارگرفته، در کشور به سرعت در حال گسترش می‌باشد و در این زمینه سرمایه‌گذاری‌های زیادی نیز انجام شده است. در سال ۱۳۸۹ سطح زیر کشت گلخانه در کشور ۷۷۱۰ هکتار بوده است. از این مقدار، ۲۲۳۰ هکتار به گیاهان زینتی و ۵۲۵۸ هکتار به سبزی و صیفی اختصاص داشته است. در کشت محصولات سبزی و صیفی، خیار و گوجه‌فرنگی بیشترین سطح زیرکشت را در کشور به خود اختصاص داده‌اند (۴). در استان اصفهان، سطح زیر کشت

۱. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: masoud_farzamnia@yahoo.com

محصولات گلخانه‌ای ۹۸۳/۸ هکتار گزارش شده است که ۸۲۷ هکتار آن به سبزی و صیفی و ۱۶۳ هکتار آن به گل و گیاه اختصاص دارد. سطح زیر کشت گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای در این استان حدود ۸۸/۸ هکتار است و از این نظر رتبه‌ی دوم را در کشور دارد (۲). با توجه به مطالب فوق، هم‌اکنون بایستی محققین و متولیان کشاورزی به‌دنبال مدیریت صحیح آب در گلخانه باشند تا از منابع آب موجود به بهترین نحو استفاده گردد.

چارتزولاکیس و میشلاکیس (۱۰) در مطالعه‌ای، آب مصرفی گوجه‌فرنگی را با سامانه‌ی قطره‌ای در گلخانه تعیین کردند. مقدار آب به‌کار برده شده و دور آبیاری به وسیله‌ی تانسیومتر و بلوک گچی کنترل شد. کل آب آبیاری کاربردی طی دوره کشت از سپتامبر تا ژوئن برای سطوح مختلف پتانسیل آب خاک به ترتیب برابر با ۳۱۰، ۳۴۰، ۳۹۰ و ۶۱۰ میلی‌متر بود. توزل و همکاران (۱۷) اثر دور و مقدار آب آبیاری را بر عملکرد و رشد محصول گوجه‌فرنگی در گلخانه بررسی کردند. در این مطالعه، دور آبیاری ۱ تا ۳ روز در نظر گرفته شد. برای محاسبه‌ی مقادیر آب آبیاری از تشت تبخیری که در گلخانه مستقر بود، با ضریب تشت ۰/۶، ۰/۸، ۱/۰ و ۱/۲ استفاده شد. دور آبیاری بر عملکرد اولیه و کل تأثیری نداشت. مقدار آب آبیاری با ضریب تشت ۱/۲ بیشترین تأثیر را بر عملکرد محصول داشت.

ماهاجان و سینگ (۱۴) اثر آبیاری و کوددهی را بر عملکرد گوجه‌فرنگی در گلخانه و فضای باز تحت دو سامانه‌ی آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای بررسی کردند. نتایج نشان داد که آبیاری قطره‌ای با تیمار آبی نصف آب معادل تبخیر از تشت به همراه اعمال تیمار کودی ۱۰۰٪ نیتروژن باعث افزایش ۵۹/۵ درصدی عملکرد میوه نسبت به شاهد در داخل گلخانه شد. آبیاری قطره‌ای با تیمار آبی Epan ۰/۵، بدون در نظر گرفتن تیمار کوددهی، سبب صرفه‌جویی ۴۸/۱٪ در آب آبیاری و افزایش ۵۱/۷٪ در عملکرد نسبت به تیمار شاهد شد. آبیاری قطره‌ای در داخل گلخانه به طور معنی‌داری باعث بهبود کیفی خصوصیات گوجه‌فرنگی شد. هارمانتو و همکاران (۱۲) در مطالعه‌ای، چهار سطح آبیاری معادل ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد تبخیر و تعرق گیاهی را بر رشد، عملکرد و کارآیی مصرف آب گوجه‌فرنگی بررسی کردند. تبخیر و تعرق گیاه مرجع با استفاده از روش پنمن- مانتیث در فضای باز به‌دست آمد و از ضرایب گیاهی ارائه شده توسط فائو برای به‌دست آوردن تبخیر و تعرق گیاهی استفاده شد. آبیاری به دو شیوه پیوسته (یک‌بار در روز) و دوره‌ای (سه بار در روز) انجام شد. نتایج عملکرد در فضای باز و گلخانه نیز با یکدیگر مقایسه شد. نتایج نشان داد که مقدار آب مورد نیاز برای گوجه‌فرنگی (واریته Troy 489) در گلخانه حدود ۷۵٪ تبخیر و تعرق گیاهی محاسبه شده بر اساس شرایط خارج از گلخانه است. اثر عمق آبیاری بر رشد محصول، عملکرد و کارآیی مصرف آب آبیاری به صورت آماری معنی‌دار بود، در حالی که اثر شیوه‌ی آبیاری بر عملکرد محصول معنی‌دار نبود.

یکی از اهداف توسعه‌ی زراعت گلخانه‌ای در کشور، ارتقای بهره‌وری مصرف آب و کاربرد تمامی ظرفیت سامانه‌های آبیاری برای استفاده بهینه از منابع آب و خاک و سایر نهاده‌ها نظیر کود در تولید محصولاتی با کمیت و کیفیت خوب می‌باشد. لذا، لازم است تحقیقاتی که به نوعی سبب مصرف هر چه دقیق‌تر و پایدارتر آب و بیشترین افزایش مقدار عملکرد در گلخانه‌ها شود، انجام شود تا مورد استفاده دست‌اندرکاران بخش کشاورزی قرار گیرد. آزمایش حاضر در راستای رسیدن به این اهداف و تعیین تناوب (دوره) و مقدار آب آبیاری مناسب در کشت محصول گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای طی دو سال اجرا شده و نتایج حاصل از تجزیه مرکب دو سال مذکور ارائه گردیده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۱ در گلخانه تحقیقاتی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان، به طول جغرافیایی ″۴۷/۶۴ ′۳۶ °۵۱ شرقی،

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش در ابتدای کشت مربوط به سال اول

عمق (cm)	هدایت الکتریکی (dS/m)	واکنش گل اشباع	درصد مواد خنثی شونده	کربن آلی (٪)	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	بافت خاک
۰–۱۲/۵	۳/۵	۷/۵	۳۰	۱/۲۵	۸۴/۱	۱۷۰۰	۱۷	۱۶/۶	۶۶/۴	لوم شنی
۱۲/۵–۲۵	۶	۷/۵	۳۰	۱/۱۵	۸۵	۱۷۱۰	۱۷	۱۶/۶	۶۶/۴	لوم شنی

جدول ۲. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش در ابتدای کشت مربوط به سال دوم

عمق (cm)	هدایت الکتریکی (dS/m)	واکنش گل اشباع	درصد مواد خنثی شونده	کربن آلی (٪)	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	بافت خاک
۰–۱۲/۵	۳/۶	۷/۶	۳۰/۵	۰/۹۸	۸۰/۹	۴۰۰	۱۸	۳۴	۴۸	لوم
۱۲/۵ –۲۵	۶/۹۶	۷/۴	۳۱	۰/۹۴	۸۶/۶	۴۴۰	۱۹	۳۵	۴۶	لوم

عرض جغرافیایی ″۵۲/۳۶ ′ ۳۶ °۳۲ شمالی، ارتفاع ۱۶۱۷ متر از سطح دریا انجام شد. آب و هوای منطقه نیمه‌خشک معتدل، حداکثر، حداقل و میانگین دما به‌ترتیب ۴۰، ۵- و ۱۶ درجه سلسیوس، میانگین رطوبت نسبی ۴۲٪ و متوسط بارش سالانه ۱۲۰ میلی‌متر است. برای تعیین برنامه آبیاری مناسب گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای، از سه سطح آبیاری (۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد تبخیر و تعرق گیاهی، به‌ترتیب L75، L100 و L125) و سه دور آبیاری (یک، دو و سه روز یک‌بار، به‌ترتیب F1، F2 و F3)، استفاده شد. طرح به صورت کرت‌های خرد شده، در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد، که دور آبیاری کرت اصلی و مقادیر آب آبیاری در کرت‌های فرعی قرار داشتند. هر تیمار شامل ۴ گلدان (ارتفاع ۳۰ و قطر بالایی ۲۵ سانتی‌متر) بود که به صورت سری قرار داده شدند (جمعاً ۱۰۸ گلدان، که حدود ۳۶ متر مربع از مساحت ۱۰۰ متر مربع فضای گلخانه را اشغال کرده بودند). رقم گوجه‌فرنگی مورد کشت، فالکاتو (Esculentum Mill, cv. Falcato) بود. بستر کشت مورد استفاده خاک بود که مشخصات فیزیکی و شیمیایی مربوط به سال‌های اول و دوم آن در ابتدای آزمایش و پس از یک آبشویی مختصر (اضافه‌کردن یک لیتر آب به هر گلدان) به ترتیب در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است. آبیاری با سامانه‌ی قطره‌ای و با قطره‌چکان‌های با دبی۴ لیتر در ساعت انجام شد. برای اندازه‌گیری آب آبیاری، از ۹ کنتور یک‌دوم اینچ کلاس C استفاده شد. کنتورهای مذکور تا ۰/۱ لیتر را اندازه‌گیری می‌کردند. هر ۴۰ روز یک‌بار عمل آبشویی انجام می‌گرفت، به‌نحوی که آب خروجی از هر گلدان حدود یک لیتر شود. کوددهی براساس نتایج آزمون خاک و توصیه‌های منتشر شده توسط پاپادوپولوس (۱۶)، که در جدول ۳ ارائه شده، انجام گرفت. البته با توجه به تیمارهای آبی آزمایش، مقادیر آب کاربردی متفاوت از جدول مذکور می‌باشد. مقادیر آب در قسمت نتایج ارائه شده است. پس از باردهی بوته‌های گوجه‌فرنگی، عملکرد محصول، تعداد میوه در بوته و وزن غده تیمارهای مختلف در هر چین به صورت هفتگی اندازه‌گیری شد. در طول دوره رشد، شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته و قطر بوته در تیمارهای مختلف اندازه‌گیری شد.

برای محاسبه‌ی نیاز آبی گوجه‌فرنگی، از میانگین تبخیر روزانه دو تشت کلاس A که یکی در یک‌سوم ابتدایی و دیگری در یک‌سوم انتهایی گلخانه قرار داشتند، استفاده شد. برنامه‌ی آبیاری براساس مقدار تبخیر در روز قبل بود. برای محاسبه ET0

جدول ۳. برنامه کودی برای گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای هنگام استفاده از آبیاری قطره‌ای (کیلوگرم در ۱۰۰۰ لیتر آب)

هفته پس از کاشت	نیترات کلسیم	نیترات پتاسیم	نیترات آمونیم	مونوفسفات پتاسیم	سولفات پتاسیم	سولفات منیزیم	مقدار آب (لیتر در روز)
۱، ۲، ۳، ۴	۴۴	۶	۰	۲۲	۱۲۶	۵۰	۰/۴
۵، ۶، ۷، ۸	۴۴	۲۵	۰	۲۲	۱۰۸	۵۰	۰/۶
۹، ۱۰، ۱۱	۴۴	۴۴	۰	۲۲	۶۸	۵۰	۱
۱۲، ۱۳	۴۴	۶۴	۰	۲۲	۰	۵۰	۱/۲
۱۴، ۱۵	۶۰	۶۴	۰	۲۲	۰	۵۰	۱/۴
۱۶، ۱۷	۷۶	۶۴	۷	۲۲	۰	۵۰	۱/۶
۱۸، ۱۹، ۲۰	۷۶	۶۴	۲۲	۲۲	۰	۵۰	۱/۶
۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۵	۷۶	۶۴	۳۰	۲۲	۰	۵۰	۱/۶
۲۶، ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۰	۷۶	۶۴	۳۰	۲۲	۰	۵۰	۱/۶

طی دوره رشد، به همراه کودهای فوق، مخلوطی از کودهای میکرو شامل: ۱/۴۵ درصد بور، ۳/۲ درصد مس، ۷/۵ درصد آهن، ۸/۱۵ درصد منگنز، ۰/۰۴۶ درصد مولیبدن و ۴/۵ درصد روی استفاده شود.

جدول ۴. مقدار ضریب گیاهی K_C گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای

تعداد روزهای پس از کاشت یا نشا کردن	۱۵-۱	۳۰-۱۶	۴۵-۳۱	۶۰-۴۶	۷۵-۶۱	۱۰۵-۷۶	۱۲۰-۱۰۶	۱۳۵-۱۲۱	۱۵۰-۱۳۶	۱۶۵-۱۵۱	۲۱۰-۱۶۶
ضریب گیاهی (K_C)	۰/۳	۰/۶	۰/۷۵	۱	۱/۳	۱/۴	۱/۳	۱/۲	۱/۱	۱	۰/۹۵

از رابطه‌ی زیر استفاده شد (۷):

$$ET_o = K_p \times E_o \qquad [۱]$$

که در آن Kp ضریب تشت و E_0 تبخیر از تشت (میلی‌متر در روز) است. هنگام استفاده از تشت تبخیر برای تعیین مقدار آب آبیاری، دانستن ضریب تشت ضروری است. در تحقیقات انجام شده توسط محققین خارج از کشور، ضریب تشت تبخیر کلاس A در گلخانه نزدیک به ۱/۰ اعلام شده است (۱، ۸ و ۱۱)، همچنین، طی پژوهشی در دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، ضریب فوق ۱/۱۳ گزارش شده است (۳). بنابراین، با توجه به نتایج مذکور، مقدار Kp در این آزمایش برابر ۱/۰ در نظر گرفته شد. سپس، از رابطه زیر تبخیر و تعرق گیاهی محاسبه شد (۵):

$$ET_c = K_c \times ET_o \qquad [۲]$$

که در آن K_C ضریب گیاهی و ET_C تبخیر و تعرق گیاهی (میلی‌متر در روز) است. مقدار ضریب گیاهی K_C از جدول ۴ به‌دست آمد (۹).

بر اساس آب مصرفی و عملکرد محصول، کارآیی مصرف آب آبیاری با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (۱۳):

$$IWUE = \frac{Y_i}{I_i} \qquad [۳]$$

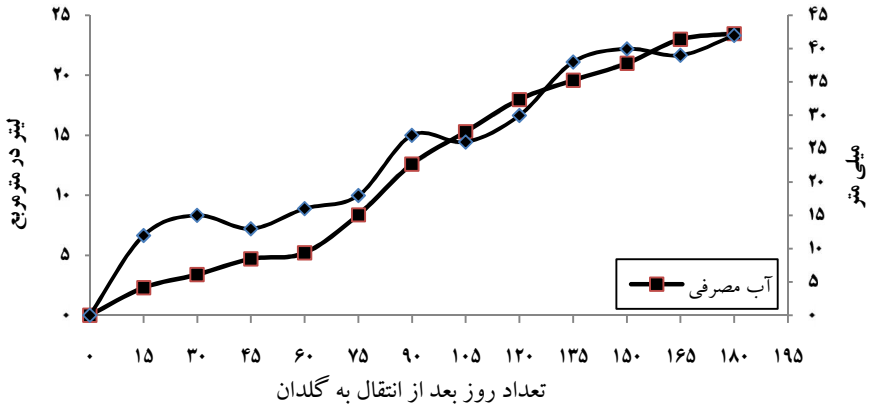
که IWUE کارآیی مصرف آب آبیاری (کیلوگرم بر متر مکعب)، Yi عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار) و Ii حجم آب آبیاری به‌کار برده شده (متر مکعب در هکتار) است.

اندازه‌گیری سرعت رشد ساقه

در دو سال آزمایش، از هنگام انتقال نشاها به گلدان‌ها تا آخر فصل، در مقاطع زمانی ۴۰ روزه، ارتفاع گیاه اندازه‌گیری شد و در پایان، از تقسیم اختلاف ارتفاع اول و آخر بر تعداد روزهای کشت، سرعت رشد ساقه بر حسب سانتی‌متر در روز محاسبه شد.

جدول ۵. مقدار آب مصرفی در تیمارهای مختلف در سال‌های اجرای آزمایش

دور آبیاری (روز)	سطح آبیاری (٪)	مقدار آب مصرف شده (لیتر در متر مربع)		
		سال اول	سال دوم	میانگین
۱	۷۵	۱۵۷	۱۹۱	۱۷۴
	۱۰۰	۲۰۳	۲۴۵	۲۲۴
	۱۲۵	۲۴۸	۳۰۲	۲۷۵
۲	۷۵	۱۴۹	۱۸۹	۱۶۹
	۱۰۰	۱۹۰	۲۴۲	۲۱۶
	۱۲۵	۲۳۱	۲۹۷	۲۶۴
۳	۷۵	۱۴۳	۱۸۷	۱۶۵
	۱۰۰	۱۸۲	۲۴۰	۲۱۱
	۱۲۵	۲۱۳	۲۹۳	۲۵۳



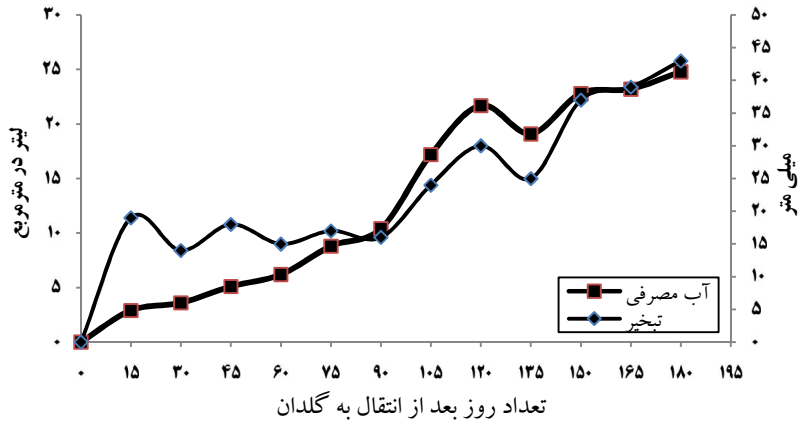
شکل ۱. مقادیر تبخیر از تشت تبخیر و آب مصرفی گوجه‌فرنگی طی دوره‌ی کشت در سال اول مربوط به تیمار ۷۵٪ تبخیر و تعرق

نتایج

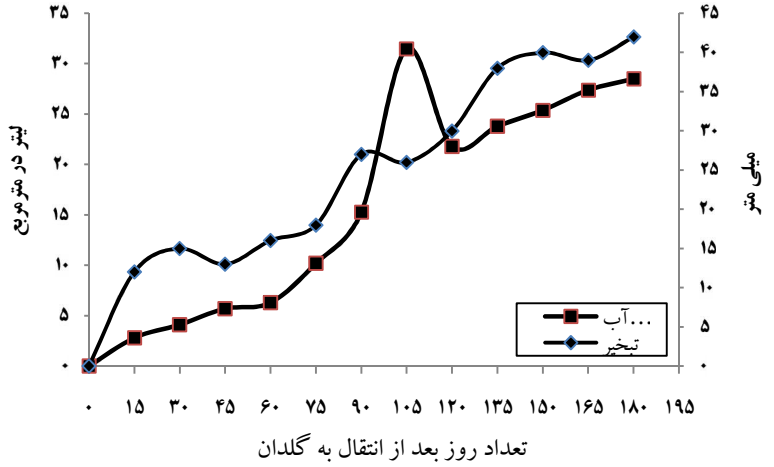
شرایط گلخانه و آب مصرفی تیمارهای مختلف در دو سال آزمایش

دوره‌ی کشت در سال‌های اول و دوم به‌ترتیب حدود ۲۱۰ و ۲۵۰ روز بود که ۴۰ تا ۵۰ روز آن مربوط به تهیه نشا در سینی‌های مخصوص می‌باشد. در تمام طول دوره‌ی کشت، دمای گلخانه بین ۱۵ تا ۳۰ درجه سلسیوس نوسان داشت و در این مدت رطوبت گلخانه بین ۴۵ تا ۶۰ درصد ثبت شد. مقدار تبخیر از تشت کلاس A در سال‌های اول و دوم به‌ترتیب ۳۱۶ و ۳۴۰ میلی‌متر بود. مقادیر آب مصرفی تیمارهای مختلف در سال‌های مذکور در جدول ۵ ارائه شده است. همچنین، شکل‌های ۱ تا ۶ مقادیر تبخیر و آب مصرفی تیمارهای مختلف را طی دوره‌ی رشد در دو سال آزمایش نشان می‌دهد.

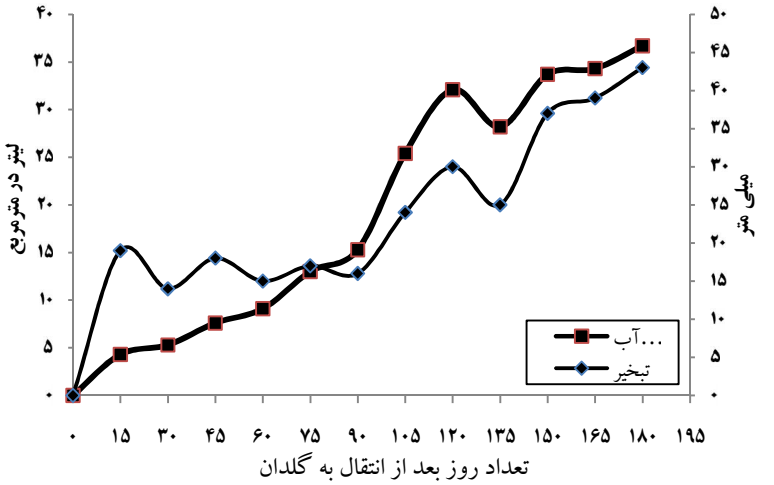
با توجه به نتایج به‌دست آمده، حداقل آب مصرفی (۱۹۰ لیتر در متر مربع) مربوط به تیمار ۷۵٪ تبخیر از تشت کلاس A و حداکثر آن (۳۰۰ لیتر در متر مربع) مربوط به تیمار ۱۲۵٪ برای یک دوره‌ی تقریباً ۸ ماهه بوده است. چارتزولاکیس و میشلاکیس (۱۰) مقادیر مذکور را به‌ترتیب ۳۱۰ و ۶۱۰ لیتر در متر مربع برای یک دوره‌ی ۹ ماهه گزارش کرده‌اند. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که در آزمایش اخیر کم‌آبیاری صورت گرفته است. عزیز و همکاران (۶) مقدار آب کاربردی را برای



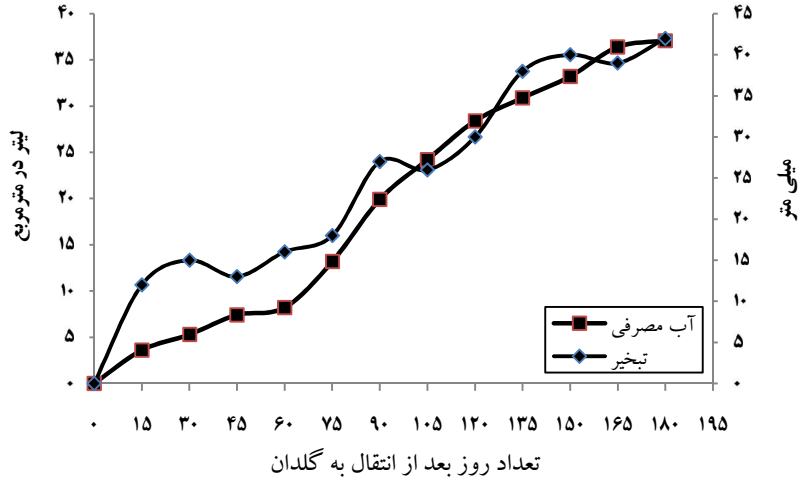
شکل ۲. مقادیر تبخیر از تشت و آب مصرفی گوجه‌فرنگی طی دوره‌ی کشت در سال دوم مربوط به تیمار ۷۵٪ تبخیر و تعرق



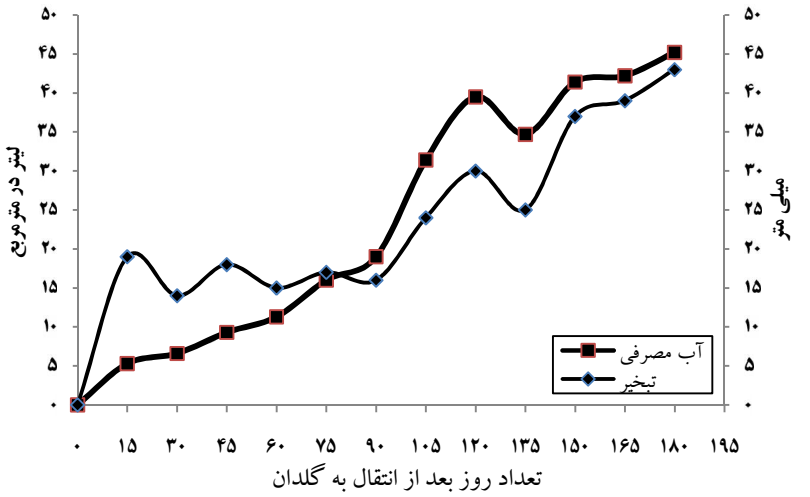
شکل ۳. مقادیر تبخیر از تشت و آب مصرفی گوجه‌فرنگی طی دوره‌ی کشت در سال اول مربوط به تیمار ۱۰۰٪ تبخیر و تعرق



شکل ۴. مقادیر تبخیر از تشت و آب مصرفی گوجه‌فرنگی طی دوره‌ی کشت در سال دوم مربوط به تیمار ۱۰۰٪ تبخیر و تعرق



شکل ۵. مقادیر تبخیر از تشت و آب مصرفی گوجه‌فرنگی طی دوره کشت در سال اول مربوط به تیمار ۱۲۵٪ تبخیر و تعرق



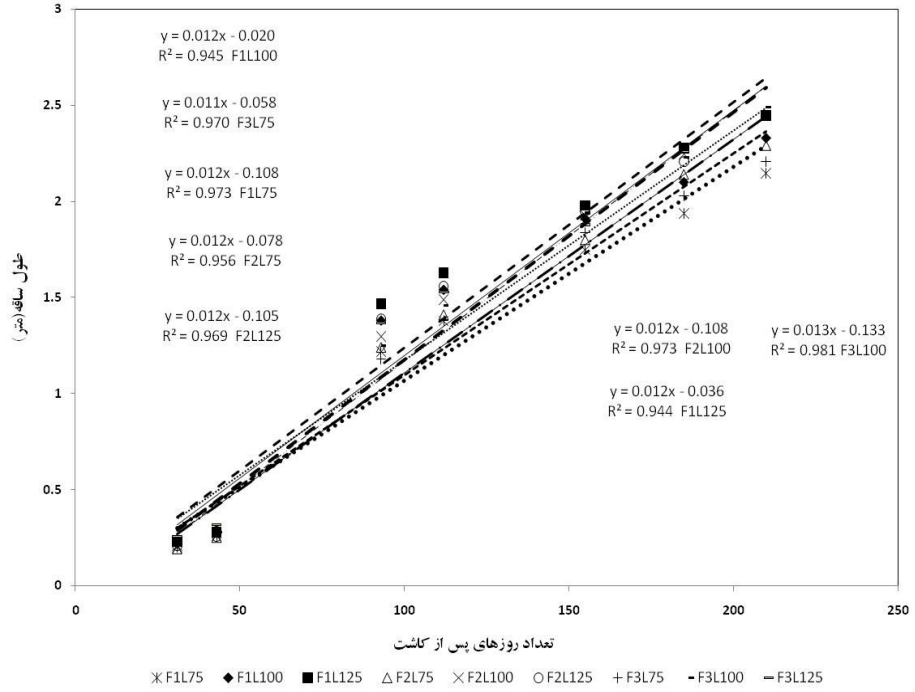
شکل ۶. مقادیر تبخیر از تشت و آب مصرفی گوجه‌فرنگی طی دوره‌ی کشت در سال دوم مربوط به تیمار ۱۲۵٪

گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای، هنگامی که ۱۰۰٪ آب قابل دسترس در اختیار گیاه قرار گیرد، ۸۰۰ لیتر در متر مربع گزارش کرده‌اند که با توجه شرایط بحران آب کنونی قابل قبول و کاربردی نمی‌باشد.

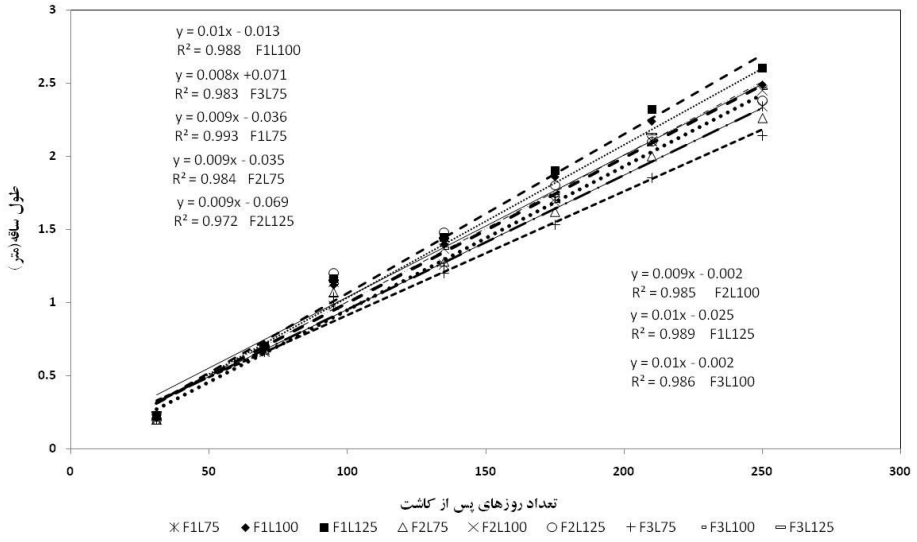
سرعت رشد ساقه

سرعت رشد ساقه گوجه‌فرنگی در دورها و سطوح مختلف آبیاری در سال‌های اول و دوم آزمایش به‌ترتیب در شکل‌های ۷ و ۸ نشان داده شده است. برای نشان دادن سرعت رشد در تیمارهای مختلف از معادله‌ی خطی استفاده شد. همانگونه که مشاهده می‌گردد، سرعت رشد در سال اول، حداقل ۱/۱ سانتی‌متر در روز در دور آبیاری ۳ روز و سطح آبیاری ۷۵٪ و حداکثر حدود ۱/۳ سانتی‌متر در روز در سطح آبیاری ۱۰۰٪ و دور ۳ روز و در سال دوم، حداقل ۱/۱۴ سانتی‌متر در روز در دور آبیاری ۳ روز و سطح آبیاری ۷۵٪ و حداکثر حدود ۱/۴ سانتی‌متر در روز در سطح آبیاری ۱۲۵٪ و دور ۱ روز تعیین شد.

به طور کلی، مقایسه نتایج نشان می‌دهد که سرعت رشد



شکل ۷. سرعت رشد طول ساقه طی فصل رشد در تیمارهای مختلف مربوط به سال اول

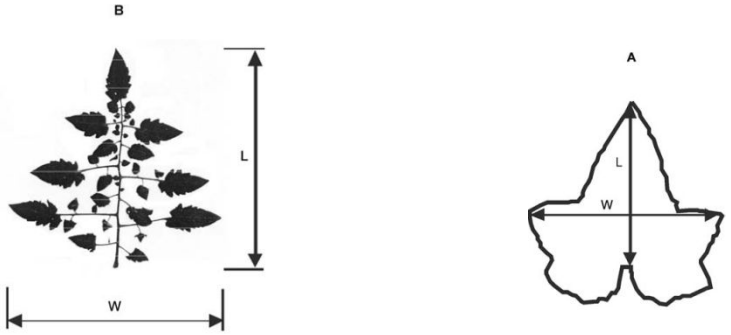


شکل ۸. سرعت رشد طول ساقه طی فصل رشد در تیمارهای مختلف مربوط به سال دوم

در تیمارهایی که آب بیشتری مصرف کرده‌اند نسبت بـه آنهـایی که کمتر آب مصرف کرده‌اند، بیشتر است، ولی محسوس نیست. سرعت رشد در تیمارهای مختلف تقریباً یکنواخت و بـه‌ترتیـب حدود ۱/۲ و ۱/۳ سانتی‌متر در روز بـرای سـال‌هـای اول و دوم است. به نظر می‌رسد که کم‌آبیاری سرعت رشد بوته‌ها را تحت تأثیر قرار داده است.

سطح برگ

برای محاسبه‌ی مقدار آب آبیاری در روش قطره‌ای، تعیین سطح سایه‌انداز ضروری است. اما با توجه به ساختار فضایی برگ‌ها و



ب الف

شکل ۹. شکل یک تک برگ (الف) و برگ مرکب (ب) در گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای

جدول ۶. مراحل محاسبه سطح برگ گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای

مراحل	متغیرها	رابطه حاصل
اول	طول و سطح یک برگ	$A=۰/۵۰۸۸\times L^{۱/۸۵۰۶}$
دوم	عرض و سطح یک برگ	$A=۱/۱۲۵\times W^{۲/۰۵۰۵}$
سوم	طول در عرض و سطح یک برگ	$A=۰/۷۱۴۲\times (L\times W)^{۰/۹۸۵۷}$
چهارم	طول و سطح برگ مرکب	$A=۰/۵۱۶۹\times L^{۱/۸۲۹۲}$
پنجم	عرض و سطح برگ مرکب	$A=۱/۰۴۱۳\times W^{۱/۶۹۲۸}$
ششم	طول در عرض و سطح برگ مرکب	$A=۰/۶۳۹۳\times (L\times W)^{۰/۹۰۴۶}$

شرایط گلخانه، تعریف سطح سایه‌انداز به شکلی که در فضای باز استفاده می‌شود، امکان‌پذیر نیست. به این دلیل، برای استفاده در محاسبات بایستی سطح برگ را در گلخانه اندازه‌گیری کرد تا سطح سایه‌انداز مشخص شود. ضمناً با داشتن مساحت برگ‌ها می‌توان شاخص سطح برگ را محاسبه نمود که شاخص مذکور در رابطه‌ای که پنمن- مانتیث برای گلخانه‌ها ارائه داده استفاده می‌شود (۱۵).

گوجه‌فرنگی دارای برگ مرکب است (شکل ۹). به این دلیل، برای به‌دست آوردن سطح برگ بایستی در ابتدا سطح برگ‌های جداگانه را به‌دست آورد و سپس از مجموع آنها سطح مرکب برگ‌ها را محاسبه نمود. نظر به اینکه این کار زمان‌بر است، برای محاسبه سطح برگ در یک بوته گوجه‌فرنگی از رابطه بین طول و عرض برگ مرکب و سطح آن استفاده شد. برای این منظور، ابتدا رابطه بین طول و عرض یک تک برگ را با مساحت آن به‌دست آورده و سپس با اندازه‌گیری طول و عرض تمامی برگ‌ها در برگ مرکب، مساحت کلی تعیین گردید. با داشتن طول و عرض برگ مرکب و مساحت آن در چندین برگ مرکب، رابطه‌ای بین طول و عرض برگ مرکب و مساحت به دست آمد. نتایج مذکور در جدول ۶ ارائه شده است. برای انجام مراحل فوق از ۱۱۸ نمونه استفاده شد. در روابط ارائه شده در جدول ۶، طول (L) و عرض (W) بر حسب سانتی‌متر و سطح برگ (A) بر حسب سانتی‌متر مربع می‌باشد

اثر دور و سطح آبیاری بر برخی خصوصیات کمی و کارآیی مصرف آب

نتایج تجزیه واریانس مرکب دو ساله در جدول ۷ نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود، اثر سال بر تمام صفات مورد بررسی در سطح ۱٪ معنی‌دار شده است. خاک استفاده شده در سال اول آلوده به قارچ فیتوفترا بود. با توجه به

جدول ۷. تجزیه واریانس مرکب دو ساله صفات کمی گوجه‌فرنگی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (Ms)			
		عملکرد (kg/m^2)	تعداد میوه در یک بوته	وزن متوسط یک گوجه‌فرنگی (g)	کارآیی مصرف آب آبیاری (kg/m^3)
سال	۱	۷۸**	۲۳۹/۴**	۳۱۹۰**	۳۲۳/۴**
خطای الف	۴	۰/۱۷	۱۵/۶	۱۱/۸	۶/۲
دور آبیاری	۲	۰/۸۵^{ns}	۱۸/۱^{ns}	۶۵/۷**	۱۰/۸^{ns}
دور آبیاری × سال	۲	۰/۹۱^{ns}	۲۴/۴^{ns}	۴۰/۳^{ns}	۵/۹^{ns}
خطای ب	۸	۰/۴۸	۲۱/۲	۹/۷	۱۰/۸
سطح آبیاری	۲	۲۳**	۴۳۵/۱**	۲۴۹**	۱۰/۹^{ns}
سطح آبیاری × سال	۲	۰/۳۹^{ns}	۲۴/۴^{ns}	۴۴/۸^{ns}	۹/۳^{ns}
سطح آبیاری × دور آبیاری	۴	۰/۴^{ns}	۱۰/۸^{ns}	۲/۶^{ns}	۹/۱^{ns}
سطح آبیاری × سال × دورآبیاری	۴	۰/۳۸^{ns}	۳۴/۱^{ns}	۶/۴^{ns}	۹/۱^{ns}
خطای ج	۲۴	۰/۶۳	۲۶	۳/۲۶	۱۳/۱
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۳/۸	۱۳/۱۴	۳/۷۱۱	۱۳/۸

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار بین تیمارها

جدول ۸. تغییرات صفات کمی گوجه‌فرنگی در دورهای آبیاری مطالعه شده (ترکیب دو سال آزمایش)

دور آبیاری(روز)	عملکرد (kg/m^2)	تعداد میوه در یک بوته	وزن متوسط یک گوجه‌فرنگی (g)	کارآیی مصرف آب آبیاری (kg/m^3)
۱	۵/۸۲ a	۳۷/۹۵ a	۵۰/۴۷ a	۲۵/۷ a
۲	۵/۹۱ a	۳۹/۹۲ a	۴۸/۹۱ ab	۲۷/۲ a
۳	۵/۵ a	۳۸/۵۹ a	۴۶/۶۷ b	۲۶/۱ a
$LSD_{5\%}$	۰/۵۳۵	۳/۵۴	۲/۴	۲/۵۳

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون دانکن می‌باشند.

این که آلودگی خاک شامل تمام گلدان‌های آزمایش بود، گلدان‌ها در شرایط یکسان تحت تیمارهای آزمایش (عمق و دور آبیاری) قرار گرفتند و اهداف آزمایش که تعیین دور و عمق آب آبیاری با استفاده از تشت تبخیر کلاس A بوده، برآورده شده است، به‌طوری که نتایج آزمایش سال اول مشابه نتایج سال دوم، که خاک مشکلی نداشته، می‌باشد.

جدول ۷ نشان می‌دهد که اثر سطح آبیاری بر عملکرد، تعداد میوه در یک بوته و وزن متوسط یک گوجه‌فرنگی در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده، ولی بر کارآیی مصرف آب معنی‌دار نبوده است. اثر دور آبیاری بر عملکرد و تعداد میوه در یک بوته معنی‌دار نبوده، ولی بر وزن متوسط یک گوجه‌فرنگی معنی‌دار بوده است. با توجه به جدول ۸، اختلاف میانگین مقادیر این صفت در تیمارهای مختلف نسبت به‌هم نامحسوس می‌باشد. نتایج آزمایش چارتزولاکیس و میشلاکیس (۱۰) نشان داد که اثر دور و سطح آبیاری بر عملکرد کل گوجه‌فرنگی معنی‌دار نبود. بنابراین، نتیجه‌ی اول (اثر دور) با نتایج این آزمایش همخوانی دارد، ولی نتیجه‌ی دوم همخوانی ندارد. نتایج توزل و همکاران (۱۷) نشان داد که اثر دور (۱ تا ۳ روز) بر عملکرد محصول معنی‌دار نبود، ولی مقدار حداکثر آب آبیاری به‌کار برده شده بیشترین تأثیر را بر عملکرد داشته است. هارمانتو و همکاران

جدول ۹. مقایسه میانگین صفات کمی گوجه‌فرنگی طی دو سال آزمایش

سال	عملکرد (kg/m^2)	تعداد میوه در یک بوته	وزن متوسط یک گوجه‌فرنگی (g)	کارآیی مصرف آب آبیاری (kg/m^3)
۱۳۸۹	۴/۵۴ b	۳۶/۷ b	۴۱ b	۲۳/۹ b
۱۳۹۰	۶/۹۴ a	۴۰/۹۳ a	۵۶/۳۷ a	۲۸/۸ a
$LSD_{5\%}$	۰/۳۱۱	۲/۹۸	۲/۵۹۴	۱/۸۸۳

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون دانکن می‌باشند.

جدول ۱۰. تأثیر سطوح آب آبیاری بر صفات کمی گوجه‌فرنگی (ترکیب دو سال آزمایش)

سطوح آب آبیاری	عملکرد (kg/m^2)	تعداد میوه در یک بوته	وزن متوسط یک گوجه‌فرنگی (g)	کارآیی مصرف آب آبیاری (kg/m^3)
٪۷۵	۴/۵۲ c	۳۳/۴۷ b	۴۴/۶۹ c	۲۶/۳۹ a
٪۱۰۰	۵/۹۴ b	۳۹/۸۴ a	۴۹/۳ b	۲۷/۰۷ a
٪۱۲۵	۶/۷۷ a	۴۳/۱۴ a	۵۲/۰۵ a	۲۷/۵۱ a
$LSD_{5\%}$	۰/۵۴	۳/۵۱۱	۱/۲۴۳	۲/۴۹۵

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون دانکن می‌باشند.

(۱۲) نیز اثر سطح آبیاری را بر عملکرد محصول معنی‌دار به‌دست آوردند. نتایج دو آزمایش اخیر با نتایج آزمایش ارائه شده در این گزارش مشابه است.

همانگونه که مشاهده می‌شود، در آزمایش‌های انجام شده در مناطق دیگر نیز اثر دور آبیاری بر عملکرد معنی‌دار نبوده است. اما بسته به نوع تیمار، اثر سطح آبیاری بر عملکرد معنی‌دار بوده است. توزل و همکاران (۱۷) مقدار آب آبیاری را ضریبی از تبخیر تشت در نظر گرفته که از ۰/۶ شروع می‌شد. بدین سبب، آبیاری کمتر از آنچه در تحقیق حاضر صورت گرفته، بوده است. همچنین، هارمانتو و همکاران (۱۲) سطح آبیاری را از ۲۵٪ تبخیر و تعرق گیاهی شروع کرده‌اند. در حالی که در آزمایش حاضر از ۷۵٪ تبخیر و تعرق گیاهی شروع شده است. مسائل دیگری نظیر نوع سازه، سامانه‌ی گرمایشی و سرمایشی و اقلیم منطقه نیز می‌تواند بر رابطه‌ی بین مقدار آب آبیاری و عملکرد مؤثر بوده باشد.

درجدول ۹ میانگین صفات مورد نظر در دو سال آزمایش مقایسه شده است. این جدول نشان می‌دهد که مقادیر صفات مورد بررسی در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول بیشتر بوده است. با توجه به شرایط مشابه در دو سال آزمایش، دلیل این امراحتمالاً آلوده بودن خاک گلدان‌ها به قارچ فیتوفترا در سال اول می‌باشد.

جدول ۱۰ میانگین دوساله صفات اندازه‌گیری شده را در سه سطح آبیاری نشان می‌دهد. بیشترین عملکرد (۶/۷۷ کیلوگرم بر متر مربع) و کمترین عملکرد (۴/۵۲ کیلوگرم بر متر مربع) به ترتیب مربوط به تیمارهای ۱۲۵ و ۷۵ درصد تبخیر از تشت کلاس A بوده است. تیمارهای فوق بیشترین و کمترین تعداد میوه در یک بوته و همچنین بیشترین و کمترین وزن متوسط یک عدد گوجه‌فرنگی را نیز به خود اختصاص می‌دهند. چارتزولاکیس و میشلاکیس (۱۰) عملکرد گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای مربوط به تیمارهای ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه را به‌ترتیب ۱۳/۵، ۱۴/۶ و ۱۵ کیلوگرم در متر مربع گزارش کرده‌اند که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشته‌اند. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که عملکرد آزمایش حاضر تحت تأثیر کم‌آبی قرار گرفته است. در آزمایشی دیگر، عزیز و همکاران

جدول ۱۱. اثر متقابل دور و مقادیر آب آبیاری بر صفات کمی گوجه‌فرنگی (ترکیب دو سال آزمایش)

دور آبیاری (روز)	سطح آب آبیاری (٪)	عملکرد (kg/m^2)	تعداد میوه در یک بوته	وزن متوسط یک گوجه‌فرنگی (g)	کارآیی مصرف آب آبیاری (kg/m^3)
۱	۷۵	۴/۴	۳۲	۴۶/۲۵	۲۵/۱
	۱۰۰	۶/۱۹	۴۰	۵۱/۸	۲۷/۴
	۱۲۵	۶/۸۵	۴۲	۵۲/۸	۲۴/۶
۲	۷۵	۴/۵۵	۳۴	۴۴/۶	۲۶/۶
	۱۰۰	۶/۱۴	۴۲	۴۹/۳	۲۸/۳
	۱۲۵	۷/۰۵	۴۵	۵۳/۴	۲۶/۷
۳	۷۵	۴/۶	۳۵	۴۳/۲	۲۷/۶
	۱۰۰	۵/۴۸	۳۸	۴۶/۸	۲۵/۵
	۱۲۵	۶/۴۲	۴۲	۵۰	۲۵/۲

(۶) بیشترین عملکرد گوجه‌فرنگی را در گلخانه هنگامی که ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه برآورده شود،۶ کیلوگرم در هر متر مربع اعلام نموده‌اند.

همچنین، جدول ۱۰ نشان می‌دهد که کارآیی مصرف آب در هر سه سطح آبیاری در یک گروه قرار دارند و مقدار آن در تیمارهای آزمایش بین ۲۵ تا ۲۸ کیلوگرم به‌ازای هر متر مکعب آب متغیر است. احتمالاً با افزایش مقدار آب آبیاری و در نتیجه افزایش عملکرد، مقادیر کارآیی مصرف آب می‌توانست بیشتر شود و پارامتر مذکور معنی‌دار گردد. چارتزولاکیس و میشلاکیس (۱۰) و عزیز و همکاران (۶) میانگین کارآیی مصرف آب گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای را به‌ترتیب ۳۸ و ۷/۵ کیلوگرم بر هر متر مکعب آب گزارش نموده‌اند. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که در آزمایش اخیر کم‌آبیاری و در آزمایش عزیز و همکاران (۶) آبیاری بیش از حد انجام گرفته است.

مقایسه میانگین دوساله اثر متقابل دور و مقادیر آب آبیاری بر صفات کمی گوجه‌فرنگی (جدول ۱۱) نشان داد که بیشترین عملکرد، تعداد میوه در یک بوته و وزن متوسط یک گوجه‌فرنگی مربوط به تیمار سطح آبیاری ۱۲۵٪ و دور آبیاری ۲ روز و کمترین آن مربوط به سطح آبیاری ۷۵٪ و دور آبیاری ۱ روز بود. از نظر کارآیی مصرف آب، بیشترین مقدار در تیمار دور آبیاری ۲ روز و سطح آبیاری ۱۰۰٪ و کمترین مقدار مربوط به تیمار دور آبیاری ۱ روز و سطح آبیاری ۱۲۵٪ به‌دست آمد.

تغییرات شوری خاک گلدان‌ها

در انتهای آزمایش، از خاک گلدان‌ها در دو عمق برای تجزیهٔ فیزیکوشیمیایی نمونه‌برداری شد. گلدان‌ها مربوط به دورهای آبیاری ۱ روز (F1)، ۲ روز (F2) و ۳ روز (F3) بودند، نتایج در جدول ۱۲ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که شوری خاک نسبت به شوری اول کشت (جدول ۱) کمتر شده و آبشویی گلدان‌ها که حین انجام آزمایش حدوداً هر ۴۰ روز یکبار انجام می‌شد، مؤثر واقع شده است. همچنین، شوری‌ها در سطح گلدان‌ها نسبت به عمق آنها بیشتر است که به خاطر تبخیر از سطح و در نتیجه تجمع املاح در این منطقه می‌باشد. نتایج جدول ۱۲ نشان می‌دهد که شوری در دور آبیاری ۱ روز، با این که هر روز آبیاری شده، بسیار زیاد است و به ۸ dS/m رسیده که نشان می‌دهد آبیاری هر روزه و با حجم کم نتوانسته املاح سطحی خاک را شسته و به عمق انتقال دهد.

نتیجه‌گیری

این آزمایش برای برنامه‌ریزی آبیاری گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای با استفاده از تشت تبخیر کلاس A انجام گرفت و از سه سطح آبیاری ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد تبخیر و تعرق گیاهی و سه دور آبیاری شامل ۱، ۲ و ۳ روز یک‌بار تشکیل شد.

جدول ۱۲. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک گلدان‌ها در انتهای دوره‌ی کشت مربوط به دورهای آبیاری آزمایش

دور آبیاری	عمق (cm)	هدایت الکتریکی (dS/m)	واکنش گل اشباع	درصد مواد خنثی شونده	کربن آلی (٪)	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	بافت خاک
یک‌روز	۰-۱۲/۵	۸/۳	۷/۷	۱۳/۵	۰/۸۱۹	۶۲/۳	۱۲۰	۱۴/۶	۴۲	۴۳/۴	لوم
یک‌روز	۱۲/۵ -۳۰	۱/۷	۷/۹	۳۷	۱/۱۳۱	۷۴	۲۷۰	۱۴/۶	۳۶	۴۹/۴	لوم
دوروز	۰-۱۲/۵	۲/۸	۷/۸	۳۴	۰/۸۵۸	۵۷/۷	۱۴۰	۲۰/۶	۳۲	۴۷/۴	لوم
دوروز	۱۲/۵ -۳۰	۱/۴	۷/۷	۳۲	۱/۰۱۴	۷۶/۳	۲۹۰	۲۰/۶	۳۴	۴۵/۴	لوم
سه روز	۰-۱۲/۵	۳/۶	۷/۸	۲۵	۰/۹۳۶	۵۸/۱	۱۹۰	۱۸/۶	۳۲	۴۹/۴	لوم
سه روز	۱۲/۵ -۳۰	۱/۶	۷/۷	۳۳/۵	۰/۷۸	۷۹/۷	۳۱۰	۱۸/۶	۳۶	۴۵/۴	لوم

نتایج به‌دست آمده از این آزمایش عبارتند از:

۱. اثر سطح آبیاری بر عملکرد، تعداد میوه در یک بوته و وزن متوسط یک گوجه‌فرنگی معنی‌دار بوده، ولی بر کارآیی مصرف آب معنی‌دار نبوده‌است. بنابراین، در این آزمایش، گیاهان در معرض کم‌آبی قرار گرفتند.

۲. بیشترین عملکرد (۶/۷۷ کیلوگرم بر متر مربع) و کمترین عملکرد (۴/۵۲ کیلوگرم بر متر مربع) به ترتیب مربوط به تیمارهای ۱۲۵ و ۷۵ درصد تبخیر از تشت کلاس A و مقدار آب مصرفی در تیمارهای مذکور به‌ترتیب حدود ۰/۳ و ۰/۱۹ متر مکعب برای هر متر مربع بود.

۳. کارآیی مصرف آب در تیمارهای آزمایش بین ۲۵ تا ۲۸ کیلوگرم به‌ازای هر متر مکعب آب بود.

۴. اثر دور آبیاری بر عملکرد، تعداد میوه در یک بوته و وزن متوسط یک گوجه‌فرنگی معنی‌دار نبود.

۵. شوری خاک گلدان‌ها در انتهای آزمایش نسبت به شوری اول کشت کمتر شد.

۶. شوری‌ها در سطح گلدان‌ها نسبت به عمق آنها بیشتر بود. این موضوع به خاطر تبخیر از سطح و در نتیجه تجمع املاح در این منطقه می‌باشد.

۷. تیمار آبیاری ۱۲۰٪ تبخیر از تشت تبخیر کلاس A و دور آبیاری ۳ روز، با توجه به این که تأثیر دور آبیاری بر صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود و همچنین با در نظر گرفتن سهولت کار و صرفه‌جویی در نیروی کارگری، قابل توصیه است.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی انجام گرفته است. لازم می‌دانیم از مدیریت محترم مؤسسه و همچنین همکاران این مؤسسه به جهت همکاری و ارائه پیشنهادهای مؤثر تشکر نماییم.

منابع مورد استفاده

۱. امیری، م. ج.، ج. عابدی کوپایی و س. س. اسلامیان. ۱۳۹۰. ارزیابی استفاده از تشت‌های تبخیر در محیط گلخانه. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۲(۵): ۶۳-۷۳.

۲- بی‌نام. ۱۳۸۹. دفتر گلخانه‌های استان اصفهان. آمار منتشر نشده، سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان.

۳- رزمی، ز. و ع. ا. قائمی. ۱۳۹۰. تعیین ضرایب گیاهی و تنش آب خاک گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه شیشه‌ای. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۲(۷): ۷۵-۸۶.

۴- شریعتمداری، ح. ۱۳۸۹. سطح زیر کشت گلخانه‌های کشور بیش از ۷ هزار هکتار است، Sabairan.com، بازدید ۱۳۹۲/۲/۲۱.

5. Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrig. Drain. Paper No. 56, Rome, Italy, 300 p.
6. Aziz, S.A., S.T. Ahmad, B.A. Rasheed, H.B. Sharef and D.H. Talb. 2013. The impacts of deficit irrigation levels and intervals on tomatoes and eggplants yield in unconditions plastic house. J. Zankoy Sulaimani-Part A, 15(2): 125-135.
7. Baille, A. 1994. Principles and methods for predicting crop water requirement in greenhouse environments. INRA-CIHEAM, Cahiers Options Mediter. 31: 177-180.
8. Blanco, F., F. Marcos and V. Folegatti. 2004. Evaluation of evaporation-measuring equipments for estimating evapotranspiration within a greenhouse. Rev. Brasil. de Eng. Agric. Ambient. 8(2/3): 184-188.
9. Castilla, N. 1994. Greenhouse drip irrigation management and water saving. INRA-CIHEAM, Cahiers Options Mediter. 31: 189-202.
10. Chartzoulakis, K.S. and N.G. Michelakis. 1988. Influence of different irrigation systems on greenhouse tomatoes. Acta Hort. 228: 97-104.
11. Fernandes, C., J. Eduardo and J. Augusto. 2003. Reference evapotranspiration estimation inside greenhouses. Sci. Agric. 60(3): 591-594.
12. Harmanto, V.M., M.S. Babel and H.J. Tantau. 2005. Water requirement of drip irrigated tomatoes grown in greenhouse in tropical environment. J. Agric. Water Manage. 71: 225-242.
13. Howell, T.A. 2001. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. Agron. J. 93: 281-289.
14. Mahajan, G. and K.G. Singh. 2006. Response of greenhouse tomato to irrigation and fertigation. J. Agric. Water Manage. 84: 202-206.
15. Mpusia, P.T.O. 2006. Comparison of water consumption between greenhouse and outdoor cultivation. MSc. Thesis, International Institute for Geo-information Science and Earth Observation, Enschede, The Netherlands, 75 p.
16. Papadopoulos, A.P. 1991. Growing greenhouse tomatoes in soil and in soilless media. Agric. Can. Publication, Ottawa, Canada.
17. Tüzel, I.H., M.A. Ul and Y. Tüzel. 1994. Effect of different irrigation intervals and rates on spring-season glasshouse tomato production:1. Yield and plant growth. Acta Hort. 366: 381-388.