تأثیر دورهای مختلف آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب ارقام گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای در منطقه جیرفت

رسول اسدی[۱*]، الهام مهرابی گوهری[۲]

تاریخ دریافت: ۹٦/٥/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۷/٤/۱۰

۱- مدرس گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۲-هیئت علمی، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور
*مسئول مکاتبه : E-mail: rakh_802@yahoo.com

چکیده

به منظور ارزیابی اثر دورهای مختلف آبیاری بر عملکرد، کارایی مصرف آب و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی، آزمایشی بصورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان جیرفت طی دو سال زراعی (۱۳۹٤ و ۱۳۹٥) اجرا گردید. در این تحقیق سه رقم گوجه‌فرنگی (نورا =V_1، فالکاتو =V_2 و تیتائو =V_3) به عنوان عامل اصلی و سه دور آبیاری بر اساس سطوح ۱۰=I_1، ۱٥=I_2 و ۲۰=I_3 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر به عنوان عامل فرعی مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد شاخص‌های عملکرد، ارتفاع بوته، تعداد میوه در بوته، وزن و قطر میوه در دور آبیاری بر اساس ۱٥ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر در مقایسه با دور آبیاری بر اساس ۱۰ میلی‌متر، به‌ترتیب ۷/٤، ۸/٦، ۲/۸، ۷/۲ و ۹/٥ درصد کاهش داشت. این در حالی است که صرفه‌جویی ۹۷۰ متر مکعب آب در هکتار و افزایش ۱۲/٤ درصدی کارایی مصرف آب در دور آبیاری بر اساس ۱٥ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر نسبت به دور آبیاری بر اساس ۱۰ میلی‌متر حاصل شد. از طرف دیگر بررسی شاخص‌های مذکور نشان دهنده برتری رقم فالکاتو نسبت به دو رقم دیگر بود. همچنین اعمال دور آبیاری بر اساس ۱٥ میلی‌متر تبخیر بر رقم فالکاتو دارای بهترین جایگاه آماری در صفت کارایی مصرف آب بین سایر تیمارها بود. لذا جهت افزایش بهره‌وری آب و استفاده بهینه از منابع آبی، کشت رقم فالکاتو با حداقل ٤۰ نوبت آبیاری به فواصل ٤ روزه و در هر نوبت ۱۰۰ مترمکعب آب در هکتار در گلخانه‌های شهرستان جیرفت پیشنهاد می‌گردد.

واژه های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، ارقام مختلف، تشت تبخیر، کارایی مصرف آب، گوجه‌فرنگی

Effect of Irrigation Intervals on Yield, Yield Components and Water Use Efficiency of Different Greenhouse Cultivars of Tomato in Jiroft Region

Rasoul Asadi[1*], Elham Mehrabi Gohari[2]

Received: August 18, 2017 Accepted: July 1, 2018
1-Lectruer of Payame Noor University, Dept. of Agriculture, Tehran, Iran.
2-Academic Member, Faculty of Agriculture, Payam Noor University, Iran.
*Corresponding Author: E-mail: rakh_802@yahoo.com

Abstract

In order to investigate the effect of irrigation intervals on yield, water use efficiency and yield components of tomatoes, a field experiment was carried out during 2015 and 2016 growing seasons in experimental farm in Jiroft. The treatments were laid out as split plot based on Randomized Complete Block Design with three replications. The treatments were comprised of three cultivars of tomato (Norat Falkato and Titauo) in main plot and sub plot consisted of three irrigation levels (10±2, 15±2 and 20±2 mm evaporation for class A pan). The results showed that in comparison to 10 and 15 mm evaporation for class A pan, parsimony of water usage equal 970 $m^3.ha^{-1}$ achieved. Moreover yield, height of plants, number of fruits per plant, weight and diameter of fruit decreased 7.4, 8.6, 2.8, 7.2 and 9.5 percent, respectively, But water use efficiency increased 12.4 percent. On the other hand studied parameters of Falkato variety was better than the other cultivars. Also, planting Falkato variety and 15 mm evaporation for class A pan was in the best position in terms of water use efficiency. In order to increase water productivity and optimal use of water resources, it is suggested cultivation Falkato variety with 40 irrigation, at 4 days interval and 100 cubic meters of water in of greenhouse condition.

Keywords: Drip Irrigation, Different Varieties, Evaporation Pan, Tomato, Water Use Efficiency

مقدمه

گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) یکی از ارزشمندترین سبزیهای جات میوه‌ای تیره سیب‌زمینی سانان به‌شمار می‌رود که با تولید ۱۶۰ میلیون تن در سال بیشترین میزان تولید در بین سبزی‌های میوه‌ای را داراست و بعد از سیب‌زمینی از نظر اقتصادی در جایگاه دوم جهان قرار دارد (فن و همکاران ۲۰۰۸). از آنجایی‌که گوجه‌فرنگی تولید شده به‌عنوان محصول نهایی در بازار عرضه شده و دوره زمانی بازگشت سرمایه آن کوتاه است، لذا در طبقه‌بندی محصولات کشاورزی، در گروه محصولات نقدی قرار دارد (سارکر و همکاران ۲۰۱۶). این محصول یکی از منابع سرشار از مواد معدنی، ویتامین‌ها و ترکیبات آنتی اکسیدانی است و از مهم‌ترین محصولات جهان در

ارتباط با سلامت و تغذیه انسان به‌شمار می‌آید (نورودین و همکاران ۲۰۰۳). همچنین در حال حاضر، ۲۵ درصد از کل تولیدات سبزی جهان را به‌خود اختصاص داده است (وانگ و همکاران ۲۰۰۷). این در حالی است که با توجه به امکانات وسیع تولید و فرآوری این محصول در ایران، اهمیت اقتصادی زیادی دارد و با ارزآوری مناسب، مورد توجه بسیاری از متولیان کشاورزی قرار گرفته است (فعالیان و همکاران ۲۰۱۵).

کمبود آب برای تأمین نیازهای غذایی زندگی انسان در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌صورت یک تهدید واقعی نمایان شده است (شاهرخ‌نیا و سپاس‌خواه ۲۰۱۷). از طرف دیگر یکی از مهم‌ترین مشکلات زارعین در این مناطق فراهم ساختن شرایط مطلوب خصوصاً تأمین آب کافی در طول دوره رشد گیاه است (ژنگ و همکاران ۲۰۱۳). این در حالی است که تعیین میزان آب مورد نیاز در طول فصل کشت از جمله مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر میزان عملکرد محصولات بوده و برآورد غیرواقع آن می‌تواند خسارات اقتصادی بسیاری را به همراه داشته باشد (بزکورت و منصوراوگلو ۲۰۱۱). این مساله به ویژه در مورد گیاهانی همچون گوجه‌فرنگی که حساسیت ویژه‌ای به تنش آبی دارد، از اهمیت بیش‌تری برخوردار است (پاتانه و همکاران ۲۰۱۱). لذا کاهش منابع آب و افزایش قیمت آن، کشاورزان را به استفاده از روش‌های آبیاری با راندمان بالا سوق داده است (کاراندیش ۲۰۱۶). از جمله این روش‌ها سیستم آبیاری قطره‌ای است که علاوه بر کاهش مصرف آب، افزایش عملکرد را نیز در پی‌دارد (اسدی و همکاران ۲۰۱۲). اما عدم وجود اطلاعات کافی بهره‌برداران از میزان دقیق آب مورد نیاز گیاه، کاربرد این سیستم آبیاری را در زمینه مدیریت آبیاری با نارسایی‌هایی روبرو کرده است. با تنظیم برنامه آبیاری از طریق اندازه‌گیری مستقیم تبخیر توسط تشت تبخیر، می‌توان زمان مناسب و مقدار آب مورد نیاز گیاه را مشخص کرد (عابدی کوپایی و همکاران ۲۰۰۹).

از طرف دیگر عملکرد گیاهان تحت تأثیر ساختار ژنتیکی گیاه، شرایط محیطی و برهم کنش‌های موجود متغیر است. لذا یافتن رقم‌های مختلف قابل کشت در یک منطقه، که در شرایط تنش و بدون تنش از عملکرد خوبی برخوردار باشند، به علت معنی‌دار بودن بر هم کنش میان رقم و محیط، امری پیچیده است (کریمی و همکاران ۲۰۱۶). محققین روش‌های مختلفی را برای ارزیابی رقم در شرایط تنش پیشنهاد نموده‌اند که مطالعات نشان می‌دهد، ارزیابی عملکرد گیاه، مهم‌ترین شاخص برای شناسایی ارقام سازگار به محیط دارای تنش است (افراسیاب و همکاران ۲۰۱۵).

در این راستا کریمی و همکاران (۲۰۱۶) در آزمایشی تأثیر سه سطح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی در دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر خصوصیات کمی و کیفی ارقام شقایق و شهرزاد گوجه‌فرنگی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بیشترین میزان کارایی مصرف آب در سطح ۵۰ درصد نیاز آبی اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در رقم شقایق است. فرزام‌نیا و همکاران (۲۰۱۵) طی دو سال زراعی جهت برنامه‌ریزی آبیاری گوجه‌فرنگی، سه سطح ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد تبخیر و تعرق گیاهی مورد مقایسه قرار دادند. نتایج نشان داد که سطح ۱۲۵ درصد تبخیر و تعرق گیاهی با کارایی مصرف آب ۲۷/۵۱ کیلوگرم بر مترمکعب دارای بالاترین کارایی مصرف آب است. همچنین در مطالعه‌ای دیگر اسماعیل‌پور و اکبری (۲۰۱۲) به ارزیابی تأثیر چهار تیمار ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت بر خصوصیات کمی و کیفی گوجه‌فرنگی پرداختند. نتایج نشان داد که کم‌آبیاری باعث کاهش شاخص‌های رویشی و افزایش کیفیت محصول شد بطوری‌که بیشترین ارتفاع بوته، طول میوه و تعداد میوه بازارپسند در تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت بدست آمد اما

بیشترین مقدار کلروفیل و لیکوپن در تیمار ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت بدست آمد.

بر اساس آمار نامه کشاورزی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳، ٦ میلیون تن از ۷۷ میلیون تن محصول زراعی تولید شده در کل کشور، از کشت گوجه‌فرنگی بدست آمده است. سطح زیرکشت گوجه‌فرنگی در ایران در حدود ۱۵۲ هزار هکتار است که شهرستان جیرفت با سطح زیرکشت ۱۷۸۰۰ هکتار و تولید ٤٨٤٨٦٩ تن به‌ترتیب از لحاظ سطح زیرکشت و تولید در جایگاه دوم و پنجم کشور قرار گرفته است (ای‌اس‌آی ۲۰۱٦)، که این موضوع بیانگر میزان اهمیت تولید گوجه‌فرنگی در منطقه جیرفت می‌باشد. همچنین متداول بودن کشت هر سه رقم بذر مورد مطالعه (نورا، فالکاتو و تیتائو) در این منطقه و از طرف دیگر عدم مشخص بودن دور مناسب آبیاری و میزان آب مورد نیاز در مراحل مختلف رشد در این منطقه، انجام تحقیقی در خصوص ارزیابی اثر دورهای مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گوجه‌فرنگی در منطقه جیرفت ضروری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در شهرستان جیرفت با طول جغرافیایی ^{o}۵۷ شمالی و عرض جغرافیایی ^{o}۲۷ شرقی انجام گردید. شهرستان جیرفت در فاصلهٔ ۲٤۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر کرمان که دارای آب و هوای نیمه‌گرم، ارتفاع ٦۵۰ متر از سطح دریا و وسعتی حدود در ۵۰ هزار کیلومتر مربع می‌باشد، واقع شده است. متوسط بارندگی سالانه این شهرستان، ۱۵۰ میلی‌متر و حداکثر و حداقل درجهٔ حرارت سالیانه به‌ترتیب ٤۸ و ۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد می‌باشد (افراسیاب و همکاران ۲۰۱۵).

به‌منظور ارزیابی تأثیر دورهای مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف گوجه‌فرنگی در منطقه جیرفت، آزمایشی در زمینی به مساحت ۳۸۵ متر مربع در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به‌صورت کرت‌های نواری خردشده در سه تکرار طی دو سال ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵ به اجرا در آمد. در این آزمایش سه رقم گوجه‌فرنگی (نورا =V_1، فالکاتو =V_2 و تیتائو =V_3) به عنوان عامل اصلی و سه دور آبیاری بر اساس سطوح I_1=۱۰، I_2=۱۵ و I_3=۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر به عنوان عامل فرعی، مورد ارزیابی قرار گرفت. تیمارها در کرت‌هایی به عرض ۳ و طول ٤ متر (شامل ٤ ردیف کشت به‌فاصلهٔ ۰/۷۵ متر از یکدیگر) اجرا گردیدند. همچنین فاصله بین بوته‌های کشت شده در هر ردیف، ۳۰ سانتی‌متر بود (تراکم ٤٤ هزار بوته در هکتار). این در حالی است که جهت سهولت در رفت و آمد جهت اندازه‌گیری صفات بین تیمارهای اصلی و تکرارها، نیم متر فاصله در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که تعداد کرت‌های بررسی‌شده با احتساب تکرارهای انجام‌گرفته برابر با ۲۷ کرت بود.

گلخانه مورد استفاده دارای سه دهانه به ارتفاع ۳/۵ متر، عرض هر دهانه ٤/۵ متر، مجهز به سقف بازشو، سیستم گرمایش و سرمایش و پوشش پلی‌اتیلن UV دار ٤/۵ درصد بود. برای تأمین حرارت مورد نیاز از دستگاه گرمایش مشعل‌دار گازوئیلی استفاده شد. سیستم پخش حرارت در وسط گلخانه و در زیر سقف قرار داده شده بود که حرارت را از قسمت بالا به پایین پخش می‌کرد، به‌طوری‌که در طول دورهٔ رشد گیاه، دمای روزانه بین ۳۰ تا ٤۵ و دمای شبانه بین ۲۲ تا ۲۸ درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت نسبی بین ۳۵ تا ٦۵ درصد بود. همچنین قبل از عملیات کشت نمونه‌برداری از آب و خاک مورد استفاده انجام شد که نتایج تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها در جداول ۱ الی ۳ آمده است.

در این تحقیق در هر دو فصل کشت، در اوایل اردیبهشت ماه نشاء ارقام مذکور کشت شد و طول مدت رشد آن‌ها تا اولین چین برداشت ۱۵۰ روز بود. همچنین بر اساس نیاز کودی گوجه‌فرنگی و توصیه آزمایشگاه خاک و آب در طول دوره کشت عناصر ازت، آهن، فسفر، روی، پتاسیم، منگنز، گوگرد، مس، کلسیم و بر از منابع مختلف و به مقادیر به‌ترتیب ۱۳۰، ۱۳، ۱۰۰، ۱/٦،

۱۱۰، ۱/۱، ۱٤، ۰/۷، ۷ و ۱/٤ کیلوگرم در هکتار به زمین تزریق شد. لازم به ذکر است جهت آبیاری بوته‌ها از نوارهای تیپ ساخته شده توسط شرکت آب حیاط کرمان که دارای ضخامت ۲۰۰ میکرون، فاصلهٔ مجاری آبده ۳۰ سانتی‌متر و دبی ٤ لیتر در ساعت در هر متر از طول لوله بود، استفاده شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی خاک محل انجام آزمایش

عمق خاک (cm)	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	بافت خاک	وزن مخصوص ظاهری ($g.cm^{-3}$)	درصد رطوبت وزنی در نقطه ظرفیت زراعی	درصد رطوبت وزنی در نقطه پژمردگی
۰-۵۰	۳۳	۳۹	۲۸	لوم رسی	۱/٤٤	۲۱	۸

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی خاک محل انجام آزمایش

عمق خاک (سانتی‌متر)	آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول ($mg.L^{-1}$)								SAR	pH	EC ($dS.m^{-1}$)
	منگنز	روی	آهن	سدیم	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	فسفر			
۰-۵۰	۸/۵	۲/٦٤	۵/۸	٦۱	۱۷	۱٦۰	۵۷٤	۳۱/٤	۱/۲۳	۸/۲	۱/۲

جدول ۳- برخی خصوصیات شیمیایی آب مورد مطالعه

آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول ($mg.L^{-1}$)						EC ($dS.m^{-1}$)	pH
Na^{+}	K^{+}	$Mg^{+2}+Ca^{+2}$	SO_4^{-2}	Cl^{-}	HCO_3^{-}		
۰/۹	٤/۵	۷	۲/۲	۲	٤/۲	۰/۷	۷/۱

در این مطالعه جهت تعین زمان آبیاری از تشت تبخیر کوچک استفاده شد که ازریابی‌های صورت گرفته نشان داد که این تشت ضریب همبستگی بالایی با داده‌های لایسیمتر بدست آمده از درون گلخانه، دارد (امیری و همکاران ۲۰۱۱). این نوع تشت ظرفی استوانه‌ای از جنس آهن گالوانیزه با قطر و ارتفاع، ٦۰ و ۲۵ سانتی‌متر می‌باشد (خان و همکاران ۱۹۹۸). جهت تعیین زمان فرا رسیدن آبیاری برای هر تیمار، میزان تبخیر از تشت به‌طور روزانه ثبت گردید. هر زمان که تبخیر تجمعی روزهای متوالی بین اعداد ۹ تا ۱۱ میلی‌متر قرار گرفت، تیمار I_1 در همان روز آبیاری شد. این مقادیر برای تیمارهای I_2 و I_3 به‌ترتیب برابر با ۱٤ تا ۱٦ و ۱۹ تا ۲۱ میلی‌متر تبخیر از تشت بود. همچنین به‌منظور تعین میزان تبخیر و تعرق، قبل از هر نوبت آبیاری، با نمونه‌برداری از عمق صفر تا ۵۰ سانتی‌متری خاک، رطوبت موجود در هر تیمار اندازه‌گیری شد. سپس میزان نفود عمقی با استفاده از رابطه زیر برآورد گردید (قیصری و همکاران ۲۰۰۹).

$$DP = I_n - \sum_{i=1}^{k} (\theta_{FCi} - \theta_{BCi}) \times Z_i \quad \text{(رابطه۱)}$$

در این رابطه DP: آب خارج شده از پایین محدوده ریشه (میلی‌متر)، I_n: عمق آب آبیاری (میلی‌متر)، Θ_{FCi}: درصد رطوبت وزنی در نقطه رطوبتی ظرفیت زراعی در لایه iام، Θ_{BC}: درصد رطوبت وزنی قبل از آبیاری در لایه iام، k: تعداد لایه‌های خاک نمونه‌برداری شده و Z_i: ضخامت هر لایه می‌باشد. میزان نفوذ عمقی برای تمام تیمارها با استفاده از مقادیر رطوبت اندازه‌گیری شده قبل از آبیاری در آن‌ها محاسبه شد. سپس میزان تبخیر و تعرق در هر تیمار با استفاده از رابطه بیلان رطوبت به شرح زیر محاسبه گردید (آلن و همکاران ۱۹۹۸):

$$I_n + \mathrm{P} = \mathrm{DP} \pm \Delta\mathrm{S} - RF_i + RF_o + CR + ET \qquad \text{(رابطه۲)}$$

در این رابطه I_n: عمق آب آبیاری، P: میزان بارندگی، DP: نفوذ عمقی، ΔS: میزان تغییرات رطوبت اولیه خاک در دوره مورد نظر، RF_i: میزان رواناب سطحی ورودی، RF_o: میزان رواناب سطحی خروجی، CR: میزان صعود مویینه است. با توجه به اینکه در این پژوهش از سیستم آبیاری قطره‌ای استفاده گردید لذا رواناب سطحی ورودی و خروجی صفر بود. همچنین از آن‌جا که سطح ایستابی در منطقه مورد مطالعه عمیق‌تر از ۲۰۰ سانتی‌متر است لذا بر اساس نشریه فائو ٥٦ (آلن و همکاران ۱۹۹۸)، چنانچه عمق سطح ایستابی بیشتر از یک متر پایین‌تر از سطح ریشه باشد، می‌توان از مقدار صعود مویینگی در آن صرف‌نظر کرد (آلن و همکاران ۱۹۹۸). به این ترتیب با محاسبه نفوذ عمقی بر اساس رابطه ۱، تنها پارامتر مجهول تبخیر و تعرق بوده که قابل محاسبه است.

در این مطالعه برای مقایسه تیمارها علاوه بر در نظر گرفتن عملکرد و کارایی مصرف آب، شاخص‌های رشد گیاه از جمله وزن میوه، تعداد میوه بازار پسند در هر بوته (دارای قطر بیش از ٥/٥ سانتی‌متر (هرت و هو ۱۹۸٦))، ارتفاع بوته و قطر میوه نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. بر این اساس برای اندازه‌گیری این شاخص‌ها در زمان برداشت از هر واحد آزمایشی، ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و شاخص‌های مذکور مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. همچنین برای تعیین کارایی مصرف آب از رابطه (۳) استفاده شد (افراسیاب و همکاران ۲۰۱۵). در نهایت داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن (در سطح احتمال یک و پنج درصد) انجام شد.

$$\mathrm{WUE}=Y_T/V_T \qquad \text{(رابطه۳)}$$

در این رابطه؛ WUE: کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)، Y_T: عملکرد قابل ارائه به بازار (کیلوگرم) و V_T: حجم آب آبیاری (m^3) می‌باشد.

نتایج و بحث

تحلیل میزان و فراوانی آبیاری

در این پژوهش میزان آب مصرفی برای تیمارهای اصلی اعمال شده در هر تیمار فرعی یکسان در نظر گرفته شد. به این صورت که حجم آب مصرفی در تیمار رقم یکسان اما در سطوح I_1، I_2 و I_3 به‌ترتیب ٥۱٥۰، ٤۱۸۰ و ۳۳۲۰ متر مکعب در هکتار در کل فصل رشد بدست آمد. در این راستا تازل و مریک (۲۰۰۱) نیاز آبی گوجه‌فرنگی کشت شده در گلخانه را بین ۳۹۱ تا ٥٤۱ میلی‌متر تعیین نمودند که با حجم آب داده شده در تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد.

علاوه بر حجم آب مصرفی، تنظیم زمان آبیاری بر اساس میزان تبخیر از تشت، تعداد دفعات آبیاری را نیز تحت تأثیر قرار داد. این در حالی است که صرف نظر از نوع تیمار، در اوایل فصل رشد، دورهای آبیاری کوتاه‌تر و با افزایش سن گیاه، دور آبیاری به دلیل توسعه ریشه و امکان استفاده از رطوبت موجود در اعماق پایین‌تر افزایش یافت. تغییر دور آبیاری متناسب با رشد گیاه در سایر پژوهش‌ها نیز گزارش شده است (ژنگ و همکاران ۲۰۱۳ و اسماعیل‌پور و اکبری ۲۰۱۲). بر اساس جدول ٤، بیش‌ترین فراوانی در تیمارهای I_1، I_2 و I_3 به‌ترتیب به دورهای آبیاری ۳، ٤ و ٥ روزه متعلق بود. شایان به ذکر است که دور آبیاری عرف منطقه، ۳ روزه است. از دیگر نکات قابل ذکر می‌توان به این موضوع اشاره نمود که با افزایش دور آبیاری، حجم آب مصرفی در کل فصل رشد، کاهش یافت. بطوری‌که با افزایش میزان تبخیر از تشت از ۱۰ میلی‌متر به ۱٥ و ۲۰ میلی‌متر، حجم آب مصرفی به‌ترتیب ۱۸/۸ و ۳٥/٥ درصد کاهش یافت. این نتایج با نتایج بدست آمده از سایر مطالعات هم‌سو است (اسماعیل‌پور و اکبری ۲۰۱۲ و گلکار و همکاران ۲۰۰۷).

جدول ۴- فراوانی دور آبیاری در هر تیمار در کل فصل رشد

دور آبیاری	۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشت	۱۵ میلی‌متر تبخیر از تشت	۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت
۲ روزه			
فراوانی	۱۸		
۳ روزه			
فراوانی	۳۸	۵	
٤ روزه			
فراوانی	۵	۲٦	۵
۵ روزه			
فراوانی		۱۰	۱۹
٦ روزه			
فراوانی			۹

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای اعمال شده بر صفات مورد بررسی در جدول ٤ نشان داده شده است. نتایج حاکی از آن است که تفاوت ارقام به‌جزء در صفات ارتفاع بوته، وزن و قطر میوه بر سایر صفات مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار، اثر تیمار سطوح آبیاری بر تمامی صفات مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و از بین اثر متقابل‌ها، تنها اثر متقابل رقم در سطوح آبیاری بر صفت کارآیی مصرف آب در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار و سایر اثر متقابل‌ها بر صفات مورد بررسی غیرمعنی‌دار بود.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر صفات کوجه فرنگی

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن میوه	ارتفاع بوته	تعداد میوه در بوته	قطر میوه	عملکرد	کارآیی مصرف آب
سال Y	۱	۰/۰۰۰۱۸ ns	۰/٦٥٥٧ns	۰/۰۰۰۲ ns	۰/۰۰۰۵ ns	۰/۰۵٤ns	۰/۰۰٤ ns
خطای ۱	٤	۰/۲٦۷	۲۲۱/۰٦۸	۰/۹٤۲	۰/۰۰۸	۳۰۲/٤۷	٤۰/۱۱
ارقام V	۲	٤/٦٥۲ ns	۲۹۸۱/٦۷ ns	۳/۲٥٤*	۰/۲٥۸۷ ns	۳٥٤۱/۰۲**	۱٥۷/٦۱**
اثر متقابل (V ×Y)	۲	۰/۰۰٤۲ns	۰/۳۱٥ns	۰/۰۲۱ns	۰/۰۰۱۷ns	۱/۲٤٥ns	۰/۰٤ns
خطای ۲	۸	۰/٦۸٥	۳۱٥/٥۹	۱/٤٥۸	۰/۰۲۲	٤٦٥/٤۲	۲٤/٥۷
سطوح آبیاری I	۲	۱۳٤/۲۷٥**	۱۱۹۸/۲۱**	۱٤۲/٦۲**	۰/۲٥٦۱**	٥۹۸۷/۳۲**	٥٤۲/٤۱**
اثر متقابل (I ×Y)	۲	۰/۰۰۰۲ns	۲/٤۱٦ns	۰/۰۲۰٦ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/٦۸ns	۰/۰۱٦ns
اثر متقابل (I ×V)	٤	۰/٥۰۱ns	٤/٦٥۷ns	۰/۰۲۰۸ns	۰/۰۰۱۸ns	٥/۹٥٦ns	۲/۳٥*
اثر متقابل (I ×V×Y)	٤	۰/۰۰۱۷ns	۰/۱٥٤۲ns	۰/۰۰۲۸ns	۰/۰۰۰۱ns	۱/۱٦۸۱ns	۰/۰٥٦ns
خطای ۳	۲٤	۰/۱۷	۷/۳٦	۰/۲۲	۰/۰۰۰۸	۱۱/۹٦	۰/٦۷
ضریب تغییرات(%)		۱/٥٤	۱/۸٤	۱/۲۹	٦/٥۷	۱/٥٤	۱/۹۳

****، * و ns بترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم معنی‌دار می باشد.**

تحلیل شاخص‌های رشد

جدول ٦ مقایسه میانگین صفات تعداد میوه در بوته، وزن میوه، ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ تحت تأثیر عوامل اصلی و فرعی که توسط آزمون دانکن به‌دست آمده است را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول می‌توان گفت به‌رغم کاهش ۲/۸ درصدی تعداد میوه در بوته تیمار ۱۵ میلی‌متر تبخیر از تشت نسبت به تیمار ۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشت، از لحاظ آماری در یک گروه قرار گرفته‌اند. این در حالی است که اختلاف تعداد میوه در بوته دو تیمار ۱۰ و ۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت در حدود ۲۹/۱ درصد است. به عبارت دیگر می‌توان چنین اذعان داشت که صرفه جویی ۱۸/۸ درصدی (۹۷۰ متر مکعب در هکتار) آب در طول فصل رشد بین دو تیمار ۱۰ و ۱۵ میلی‌متر تبخیر از تشت، علاوه بر افزایش دور آبیاری، باعث کاهش غیرمعنی‌دار در صفت تعداد میوه در بوته شد. این در حالی است که اعمال بیش از ۳۵ درصد کم‌آبیاری در طول دوره رشد گوجه‌فرنگی، باعث کاهش شدید تعداد میوه بازار پسند شد که بررسی‌های صورت گرفته نشان داد، کمبود بیش از حد آب در طول فصل رشد گوجه‌فرنگی باعث کاهش شدید گل‌دهی و عدم توانایی گیاه در نگه‌داری گل می‌شود (جورکووا و همکاران ۲۰۱۱). همچنین مقایسه میانگین این صفت تحت تأثیر ارقام نشان داد (جدول ٦) که رقم فالکاتو ($V_۲$) با تعداد ۲۸/۳ میوه بازار پسند در بوته و با اختلاف ٤/۹ و ۳/۹ درصدی به‌ترتیب نسبت به ارقام نورا و تیتائو برتری داشت.

بررسی‌های صورت گرفته نشان داد که دو صفت وزن و قطر میوه که در برگیرنده بازارپسندی محصول می‌باشند تحت تأثیر خصوصیات ژنتیکی ارقام مختلف می‌باشند (متین‌سیزن و همکاران ۲۰۱۰)، اما نتیجه حاصل از تجزیه صفات در پژوهش حاضر نشان داد که مدیریت مناسب آبیاری نیز، می‌تواند توان بوته را در افزایش وزن و قطر میوه و ارتفاع بوته، بالا ببرد. به‌طوری‌که تیمار ۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشت میزان وزن میوه را ۷/٤ و ۲٤/۲ درصد، قطر میوه را ۹/۵ و ۳۸/۱ درصد و ارتفاع بوته را ۸/٦ و ۳۳/۳ درصد به‌ترتیب نسبت به دو تیمار ۱۵ و ۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت افزایش داد. با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان چنین اذعان داشت که در شرایط افزایش دور آبیاری، احتمالاً به‌دلیل کاهش رشد ریشه و اندام هوایی و کاهش تولید مواد فتوسنتزی در زمان شکل‌گیری میوه، قطر و وزن میوه کاهش یافت (میگوئل و فرانچسکو ۲۰۰۷ و دهقان و همکاران ۲۰۱۵). این نتایج با نتایج بدست آمده از سایر مطالعات هم‌سو است (کریمی و همکاران ۲۰۱٦؛ دهقان و همکاران ۲۰۱۵ و اسماعیل‌پور و اکبری ۲۰۱۲).

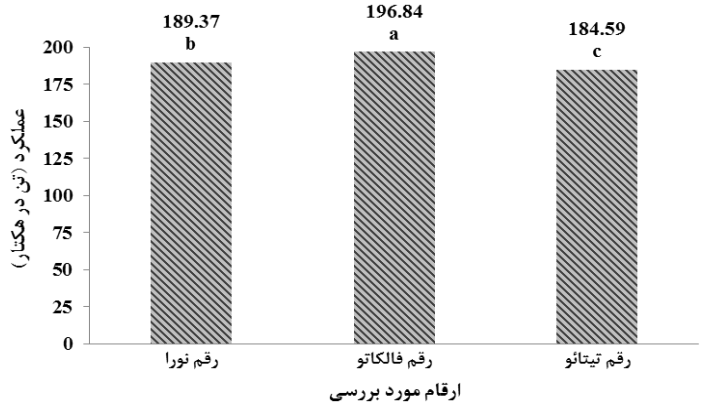
جدول ۶- مقایسه میانگین صفات گوجه‌فرنگی در ارقام و تیمارهای آبیاری

تیمار	تعداد میوه در بوته	وزن میوه (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	قطر میوه (سانتی‌متر)
$V_۱$	۲۶/۹ b	۱۵۸/۴ a	۹۳/۲ a	۵/۸ a
$V_۲$	۲۸/۳ a	۱۵۶/۵ a	۹۴/۵ a	۵/۶ a
$V_۳$	۲۷/۲ b	۱۵۲/۷ a	۹۳/۶ a	۵/۲ a
مقایسه میانگین تأثیر سطوح آبیاری در صفات مورد مطالعه				
تیمارها	تعداد میوه در بوته	وزن میوه (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	قطر میوه (سانتی‌متر)
$I_۱$	۲۸/۵ a	۱۶۲/۵ a	۹۴/۸ a	۶/۳ a
$I_۲$	۲۷/۷ a	۱۵۰/۸ b	۸۶/۶ b	۵/۷ b
$I_۳$	۲۰/۲ b	۱۲۳/۲ c	۶۳/۲ c	۳/۹ c

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک می‌باشند از نظر آماری فاقد تفاوت معنی دار هستند.

تحلیل عملکرد محصول

نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین عملکرد گوجه‌فرنگی تحت تأثیر عامل اصلی (ارقام) نشان داد (شکل ۱) که رقم فالکاتو با عملکرد ۱۹٦/۸٤ تن در هکتار و با اختلاف ۳/۸ و ٦/۲ درصدی به‌ترتیب نسبت‌به ارقام نورا و تیتائو در بهترین جایگاه آماری قرار گرفته است.

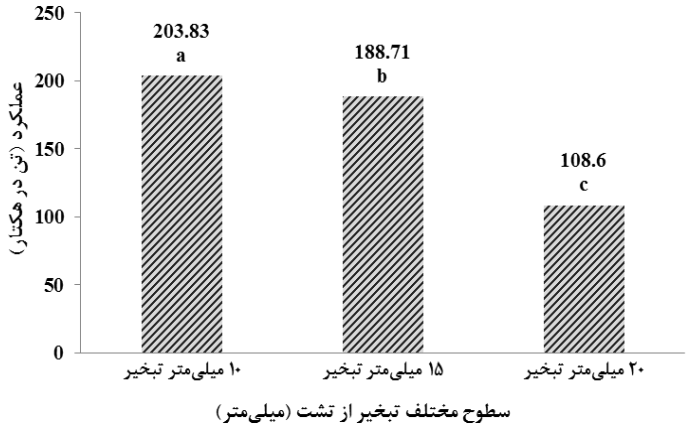


شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد در ارقام گوجه‌فرنگی

با توجه به شکل ۲ که نشان دهنده مقایسه میانگین عملکرد گوجه‌فرنگی تحت تأثیر سطوح مختلف تبخیر از تشت (عامل فرعی) است، می‌توان چنین اذعان داشت که شروع آبیاری بر اساس ۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشت دارای بالاترین عملکرد (۲۰۳/۸۳ تن در هکتار) است. همچنین آبیاری بر اساس ۱۵ میلی‌متر تبخیر از تشت در حالی از نظر آماری در جایگاه (b) قرار گرفته که تنها اختلاف ۷/٤ درصدی با تیمار ۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشت دارد. دلیل آن را می‌توان احتمالاً ناشی از وجود تنش جزئی در طول فصل رشد بر اجزای عملکرد و همچنین اثرپذیری سایر اندام‌های گیاهی مرتبط با اجزای عملکرد دانست که در نهایت، باعث عملکرد مطلوب تیمار اعمال شده تحت تنش خفیف رطوبتی شد (ژنگ و همکاران ۲۰۱۳). همچنین مقایسه تیمارهای ۱۰ و ۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت نشان داد که عملکرد محصول در تیمار ۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت ٤٦/۷ درصد کاهش یافت این در حالی است که میزان صرفه‌جویی آب در این تیمار نسبت به تیمار مذکور ۳۵/۵ درصد بود. لذا مطالعات انجام شده نشان داد که دلیل کاهش شدید عملکرد در **شرایط اعمال** تنش رطوبتی شدید، احتمالاً به‌دلیل ایجاد رقابت زیاد بین میوه‌های از قبل تشکیل شده و در حال تشکیل، به‌نفع میوه‌های از قبل تشکیل شده در جذب مواد فتوسنتزی دانست. در واقع در چنین شرایطی از تشکیل گل و میوه جدید جلوگیری گردید و زمینه کاهش عملکرد فراهم شد (جورکووا و همکاران ۲۰۱۱). کاهش تعداد میوه در بوته و وزن میوه در تحقیق حاضر بر صحت این مطلب می‌افزاید. این نتایج با نتایج حاصل از سایر مطالعات هم‌خوانی دارد (ژنگ و همکاران ۲۰۱۳؛ کریمی و همکاران ۲۰۱٦؛ دهقان و همکاران ۲۰۱۵، گلکار و همکاران ۲۰۰۷).

تحلیل کارایی مصرف آب

در این پژوهش، همان‌طور که انتظار می‌رفت تأثیر کم‌آبیاری بر صفت کارایی مصرف آب، زیاد بود. با توجه به جدول ۷ می‌توان چنین اذعان داشت که صرفه‌جویی ۹۷۰ مترمکعب آب در هکتار در تیمار ۱۵ میلی‌متر تبخیر از تشت نسبت به تیمار ۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشت، باعث افزایش ۱۲/٤ درصدی در کارایی مصرف آب شد و این تیمار را از لحاظ آماری در بهترین جایگاه قرار داد. سایر بررسی‌های صورت



شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد گوجه‌فرنگی در سطوح آبیاری

گرفته در شرایط کم‌آبیاری، به کارآمدی این روش مدیریتی در استفاده بهینه از هر واحد آب مصرفی اشاره داشتند (جورکووا و همکاران ۲۰۱۱ و ژنگ و همکاران ۲۰۱۳). در این خصوص صدرقاین و همکاران (۲۰۱۰) به ارزیابی سه سطح تأمین آب ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیازی آبی گیاه پرداختند. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد محصول مربوط به سطح تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی است. همچنین این پژوهشگران پیشنهاد دادند که در صورت محدودیت منابع آب در طول فصل رشد، اعمال سطح ۷۵ درصد نیاز آبی در کشت گوجه‌فرنگی، توان حصول بالاترین کارایی مصرف آب را دارد.

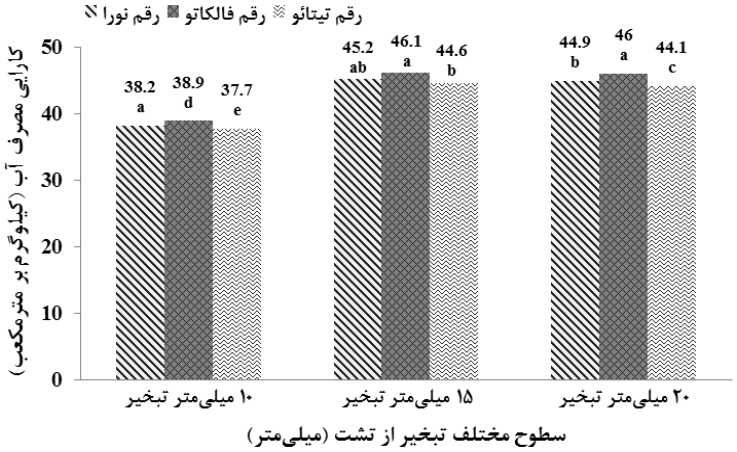
جدول ۷- مقایسه میانگین کارایی مصرف آب تحت تأثیر رقم و دور آبیاری

تیمار	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)	تیمار	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)
V_1	٤٤/٩ b	I_1	٣٩/٦ b
V_2	٤٦/٧ a	I_2	٤٥/٢ a
V_3	٤٣/٨ b	I_3	٣٢/٧ c

جدول ۵ نشان داد که اثر متقابل ارقام و سطوح آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است. لذا با توجه به شکل ۳ که نشان دهنده مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و دور آبیاری بر صفت کارایی مصرف آب است، می‌توان اذعان داشت که اعمال دو سطح ۱۵ و ۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک بر رقم فالکاتو، صفت کارایی مصرف آب را در بهترین جایگاه آماری قرار دادند. همچنین اعمال سطح ۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشت بر رقم فالکاتو در حالی از لحاظ آمار در جایگاه (d) قرار گرفت که دارای اختلاف ١٥/٤ درصدی نسبت به سطوح ۱۵ و ۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت اعمال شده در رقم فالکاتو، بود. اعمال سطح ۱۵ میلی‌متر تبخیر از تشت بر رقم نورا با اختلافی در حدود ۲ درصدی نسبت به اعمال همین سطح بر رقم فالکاتو از لحاظ آمار در جایگاه (ab) قرار گرفت. لذا می‌توان چنین نتیجه گرفت که رقم فالکاتو علاوه بر اینکه دارای بهترین جایگاه در شاخص‌های رشد و عملکرد محصول است، در بهترین جایگاه در صفت کارایی مصرف آب نیز قرار دارد.

از دیگر نکات قابل ذکر در این شکل می‌توان به این مورد اشاره نمود که اعمال سطوح ۲۰ و ۱۵ میلی‌متر

تبخیر از تشت به‌ترتیب بر ارقام نورا و تیتائو، باعث شد که از لحاظ آماری در جایگاه (b) قرار گیرند. این در حالی است که استفاده ۳۵/۵ درصد بیش‌تر از آب در طول فصل رشد یعنی اعمال تیمار ۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشت بر رقم نورا، باعث کاهش ۱٤/۹ درصد کارایی مصرف آب نسبت به تیمار ۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشت بر همین رقم شد.



شکل ۳- مقایسه میانگین کارایی مصرف آب برای ارقام و دور آبیاری

نتیجه‌گیری کلی

مجموع نتایج اثر دورهای مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف گوجه‌فرنگی نشان داد که علاوه بر اینکه بیشترین فراوانی دور آبیاری برای شروع آبیاری با۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشت، ۳ روزه است، گوجه فرنگی گلخانه‌ای در منطقه جیرفت در طول فصل رشد نیاز به ۵۱۵۰ متر مکعب آب در هکتار دارد. این در حالی است که در صورت آبیاری بر اساس ۱۵ میلی‌متر تبخیر از تشت، علاوه بر افزایش فاصله بین آبیاری‌ها، صرفه‌جویی ۹۷۰ مترمکعبی آب در کل دوره رشد گیاه و کاهش ناچیز شاخص‌های رشد، باعث افزایش ۱۲/٤ درصدی کارایی مصرف آب نسبت به آبیاری بر اساس ۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشت شد. از طرف دیگر بر طبق شاخص‌های مورد بررسی رقم فالکاتو نسبت به دو رقم دیگر از بازده بالاتری برخوردار است. لذا جهت افزایش بهره‌وری آب و استفاده بهینه از منابع آبی، کشت رقم فالکاتو با حداقل ٤۰ نوبت آبیاری به فواصل ٤ روزه و در هر نوبت ۱۰۰ مترمکعب آب در هکتار در گلخانه‌های شهرستان جیرفت پیشنهاد می‌گردد.

منابع مورد استفاده

Abedi-Koupai J, Amiri MJ and Eslamian SS. 2009. Comparison of artificial neural network and physically based models for estimating of reference evapotranspiration in greenhouse. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3 (3): 2528-2535.

Afrasiab P, Delbari M and Asadi R. 2015. Determine the best cucumber varieties under soil matric potential. Journal of Water Research in Agriculture, 29: 498-508. (In Persian).

Allen RG, Pereir LS, Raes D and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration guide Lines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage, Paper 56. Rome, Italy. p.300.

Amiri J, Abedi J and Esmaeilian S. 2011. Evaluation of the use of evaporation panes in the greenhouse environment. Journal of Greenhouse Crop Science and Technology, 5: 63-72. (In Persian).

Asadi R, Kouhi N and Yazdanpanah N. 2012. Applicability of micro irrigation system on cotton yield and water use efficiency. Journal of Food, Agriculture and Environment, 10: 302-306.

ASI "Agricultural Statistics of Iran". 2016. 1th edition. Ministry of agriculture, department of planning and economic development, Central information and communication technology, Tehran, Iran, pp 174.

Bozkurt S and Mansuroglu G. 2011. The effects of drip line depths and irrigation levels on yield, quality and water use characteristics of lettuce under greenhouse condition. African Journal of Biotechnology, 10 (17): 3370-3379.

Dehghan H, Alizadeh A, Esmaeili K and Nemati H. 2015. Root growth, yield and yield components of tomato in drought stress. Journal of Water Research in Agriculture, 29: 169-179. (In Persian).

Ehret DL and Ho LC. 1986. The effect of salinity on dry matter partitioning and fruit growth in tomato grown in nutrient film culture. Journal of Horticultural Science, 61: 367-383.

Esmaeilpour A and Akbari M. 2012. Effect of deficit irrigation on growth characteristics, yield and quality after harvest of two tomato varieties in Miandoab weather conditions. Journal of Agricultural Ecology, 5: 178-187. (In Persian).

Faalian A, Ansari H, Kafi M, Alizadeh A and Moghadesi M. 2015. Effect of sediment and drought stress on economy of greenland tomato. Journal of Water Research in Agriculture, 29: 318-330. (In Persian).

Farzamnia M, Miranzadeh M and Jahad Akbar M. 2015. Planning irrigation greenhouse tomato using evaporation pan. Journal of Greenhouse Crop Science and Technology, 21: 15-28. (In Persian).

Gheysari M, Mirlatif, SM, Homaee M, Asadi ME and Hoogenboom G. 2009. Nitrate leaching in a silage maize field under different irrigation and nitrogen fertilizer rates. Agricultural Water Management, 96 (6): 946-954.

Golkar F, Farhmand A and Fardad H. 2007. Effect of irrigation water on yield and water use efficiency in tomato. Journal of Water Engineering, 1: 14-20. (In Persian).

Jureková Z, Németh-Molnár K and Paganová V. 2011. Physiological responses of six tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars to water stress. Journal of Horticulture and Forestry, 3(10): 294-300.

Karandish F. 2016. Improved soil-plant water dynamics and economic water use efficiency in a maize field under locally water stress. Agronomy and Soil Science, 62 (9): 1311-1323.

Karimi B, Vafaei E, Abdi G and Golzari A. 2016. Effect of different deficit irrigation regimes using surface and subsurface system on Shaghayegh and Shahrzad tomato cultivars performance under greenhouse conditions. Journal of Process and Plant Function, 16: 133-143. (In Persian).

Khan L P, Gill J A and Acosta R. 1998. Design and performance of a hydraulic lysimeter for measurement of potential evapotranspiration. Journal of Bioagro, 10 (1): 11-17.

MetinSizen S, Gülendam C, Attila Y, Servet T and Burcak K. 2010. Effect of irrigation management on yield and quality of tomatoes grown in different soilless media in a glasshouse. Scientific Research and Essay, 5 (1): 041-048.

Miguel A and Francisco M. 2007. Response of tomato plants to deficit irrigation under surface or subsurface drip irrigation. Journal of Applied Horticulture, 9 (2): 97-100.

Nuruddin MM, Madramootoo CA and Dodds GT. 2003. Effects of water stress at different growth stages on greenhouse tomato yield and quality. HortScience, 38: 1389-1393.

Patanè C, Tringali S and Sortino O. 2011. Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. HortScience, 129: 590–596.

Phene CJ, Mc Cormick RL. Miyamoto J M, Meek D W and Davis K R. 2008. Evapotranspiration and crop coefficient of trickle irrigated tomatoes. In: Proceedings of the 3rd International Drip/Trickle Irrigation Congress, Fresno, CA. November, ASAE Publication, 10 (2): 823-831.

Sarker KK, Akanda MA, Biswas SH, Roy DK, Khatun A and Goftar M A. 2016. Field performance of alternate wetting and drying furrow irrigation on tomato crop growth, yield, water use efficiency, quality and profitability. Journal of Integrative Agriculture, 15(10): 2380–2392.

Shahrokhnia MH and Sepaskhah AL. 2017. Physiologic and agronomic traits in safflower under various irrigation strategies, planting methods and nitrogen fertilization. Industrial Crops and Products, 95: 126-139. Statistics of the Ministry of Agriculture, 2016. (In Persian).

Tuzel IH and Meric MK. 2001. Evapotranspiration of tomato plants grown in different soilless culture system. Acta Horticulturae, 559: 555-559.

Wang D, Kang Y and Wan S. 2007. Effect of soil matric potential on tomato yield and water use under drip irrigation condition. Agricultural Water Management, 87, 180-186.

Zheng J, Huang G, Jia D, wang J, Mota M, Pereira L, Huang Q, Xu X and Liu H. 2013. Responses of drip irrigated tomato (*Solanum lycopersicum* L.) yield,quality and water productivity to various soil matric potential thresholds in an arid region of Northwest China. Agricultural Water Management, 129: 181–193.