بررسی اثر تنش آبی با استفاده از شاخص های دمای برگ و رطوبت خاک بر عملکرد و بهره وری مصرف آب گوجه فرنگی نشایی

محمدعلی شاهرخ نیا[۱]، لادن جوکار[۲]، مجید رخشنده رو[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۱۵

چکیده:

گوجه فرنگی با سطحی بالغ بر ۲۰۰۰۰ هکتار یکی از مهمترین تولیدات کشاورزی استان فارس می باشد. تحقیقات قبلی نشان می‌دهد که میزان آب مصرفی گوجه فرنگی در سیستم‌های آبیاری سطحی با مدیریت سنتی، بسیار زیاد و با بهره وری کم است. در این تحقیق تاثیر تنش آبی بر عملکرد و بهره وری مصرف آب گوجه فرنگی بررسی گردید. آزمایش در یکی از مزارع شهرستان مرودشت که بافت خاک آن نسبتا سنگین بود انجام شد. آب آبیاری بر اساس مقادیر ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و۱۲۰ درصد نیاز آبی گوجه فرنگی به روش پنمن مانتیث محاسبه و توسط سیستم آبیاری قطره ای نواری به مزرعه داده شد. یک تیمار آبیاری با مدیریت کشاورز نیز در نظر گرفته شد. شاخص‌های مختلف تنش اندازه گیری مانند رطوبت خاک و تفاوت دمای برگ و هوا قبل از آبیاری اندازه گیری و برای مقایسه میانگین ها از آزمون‌های آماری t و دانکن استفاده گردید. نتایج نشان داد که با افزایش میزان آب آبیاری میزان عملکرد افزایش و بهره وری مصرف آب کاهش می یابد که این تغییرات فقط بین تیمارهای ۶۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی از نظر آماری معنی دار گردید. حجم آب آبیاری مورد استفاده در تیمارهای مختلف حدود ۳۹۰۰ تا ۷۸۰۰ مترمکعب در هکتار بود. در بیشتر حالات تفاوت تیمارهای آبیاری ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی، با مقادیر بحرانی تعریف شده برای تنش معنی دار نبود. شاخص های تنش آبی نشان داد که در مقادیر آبیاری بالاتر از نیاز آبی۸۰٪ تنش آبی اتفاق نمی افتد یا اثر آن بر گیاه منفی نیست. میزان آب مصرفی گیاه در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی تحت سیستم آبیاری قطره ای و در سیستم های سطحی با مدیریت سنتی منطقه بترتیب حدود ۵۲۰۰ و ۲۳۰۰۰ مترمکعب در هکتار بوده که بیش از ۷۵ کاهش در مصرف آب را نشان می دهد.

واژه های کلیدی: تنش آبی، دمای برگ، رطوبت خاک، گوجه فرنگی.

[۱] استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران. mashahrokh@yahoo.com (مسئول مکاتبه)

[۲] مربی پژوهش، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران. ۰۹۱۷۳۱۷۳۸۰۳، ljowkar@gmail.com

[۳] کارشناس ارشد، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران. ۰۹۱۷۱۷۷۸۰۸۹، rakhsh_m66@yahoo.com

مقدمه:

گوجه فرنگی یکی از محصولات مهم کشاورزی در کشور می باشد. هر سال در استان فارس حدود ۲۰۰۰۰ هکتار به کاشت گوجه فرنگی اختصاص می یابد که یک پنجم گوجه فرنگی تولیدی کشور و مقام اول تولید در کشور را داراست. بررسی ها نشان می دهد که که کشاورزان بیش از حد مورد نیاز به گوجه فرنگی آب می دهند. در یک بررسی مقادیر آب مصرفی گوجه فرنگی را در مزارع چند شهرستان استان فارس که تحت سیستم آبیاری سطحی با مدیریت سنتی بودند، اندازه گیری گردید. میزان آب مصرفی گوجه فرنگی در شهرستان های مرودشت، پاسارگاد و ممسنی به ترتیب حدود ۲۳۰۰۰، ۱۶۰۰۰ و ۲۴۰۰۰ مترمکعب در هکتار، و حدود ۲ تا ۳ برابر میزان مورد نیاز (۸۰۰۰ متر مکعب در هکتار) بود (شاهرخ نیا و همکاران، ۱۳۸۹). علیزاده و همکاران (۱۳۷۹) بر مبنای مقادیر مختلف درصد تبخیر از تشت، اثر تنش آبی در روش آبیاری قطره ای و جویچه ای را بر عملکرد گوجه فرنگی در مشهد مورد بررسی قرار دادند. بیشترین عملکرد مربوط به آبیاری قطره ای ۱۰۰درصد بود. در این شرایط میزان محصول حدود ۸ درصد بیشتر از آبیاری جویچه ای بود. موسوی فضل و محمدی (۱۳۸۴) اثر تنش های آبی مختلف بر عملکرد دو رقم گوجه فرنگی را در شاهرود تحت سیستم آبیاری شیاری مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که تیمار آبیاری بر اساس ۷۵ درصد نیاز آبی برآورد شده از تشتک تبخیر بیشترین میزان بهره وری مصرف آب را داشته است. در تحقیق گلکار و همکاران (۱۳۸۷) در کرج، حداکثر مقدار محصول و کارایی مصرف آب گوجه فرنگی در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به دست آمد. محمدی و همکاران (۱۳۸۹) تنش های مختلف آبی و شوری را بر گوجه فرنگی در کرج اعمال نمودند. نتایج نشان داد که تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی، بهترین عملکرد را داشته است. صدرقاین و همکاران (۱۳۸۹) اثر مقادیر مختلف آب در روش آبیاری قطره ای را بر عملکرد گوجه فرنگی در ورامین مورد بررسی قرار دادند. در مناطقی که محدودیت آب وجود نداشت، تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بهترین عملکرد را نشان داد. در شرایط با محدودیت آب تامین ۷۵ درصد نیاز آبی برای حصول حداکثر کارایی مصرف آب پیشنهاد شد. رزمی و قائمی (۱۳۹۰) تنش آبی بر گوجه فرنگی را در کشت گلخانه ای مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که نسبت تبخیر و تعرق در داخل گلخانه به تبخیر و تعرق در خارج از گلخانه ۷۳٪ بود. در آن تحقیق ضریب گیاهی مراحل توسعه، میانی و پایانی به ترتیب ۰/۸۵، ۱ و ۰/۷۷ به دست آمد. مولوی و همکاران (۱۳۹۰) اظهار داشتند که با آبیاری سطحی یک در میان می توان سطح زیر کشت را به دو برابر افزایش داد و میزان محصول کل را بالا برد. در این شرایط کارایی مصرف آب در آبیاری یک درمیان ثابت و متغیر به ترتیب ۱/۸ و ۱/۳ برابر آبیاری کامل شد. جلینی (۱۳۹۰) سطح ۸۰ درصد آب مصرفی با کاربرد روش آبیاری قطره ای زیرسطحی به همراه استفاده از خاکپوش را بهترین تیمار آبیاری گوجه فرنگی در مشهد معرفی نمود.

در نیوزیلند اثر تنش آبی به صورت مرطوب کردن قسمتی از ریشه گیاه گوجه فرنگی را مورد بررسی قرار گرفت. تفاوت معنی داری در ماده خشک میوه در تیمارهای مختلف مشاهده نشد. تعداد میوه و مقدار آب میوه در تیمارهای تنش دیده کاهش و غلظت مواد جامد محلول افزایش یافت. رنگ میوه ها در دو تیماری که در آن ها هر دو طرف ریشه آبیاری می شدند، بیشتر بود. عملکرد ماده خشک و کیفیت میوه در تیمارهای تنش دیده باهم تفاوت نداشت (Zegbe-Domı´nguez et al., 2003). اورتگا فاریاس و همکاران (Ortega-Farias et al., 2006) در شیلی میزان آب مورد نیاز گوجه فرنگی را برآورد نمودند. نتایج نشان داد که روش پنمن مانتیث می‌تواند روش مناسبی برای محاسبه نیاز آبی گوجه فرنگی در آن شرایط باشد.

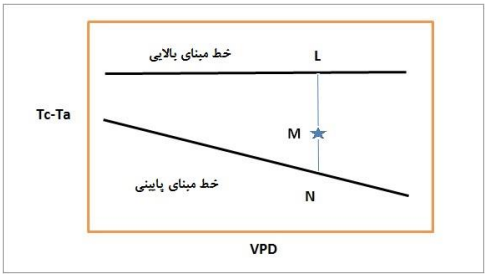
فاواتی و همکاران (Favati et al., 2009) تحقیقی را در مورد تاثیر مقدار و دور آبیاری بر کمیت و کیفیت گوجه فرنگی در ایتالیا انجام دادند. کاهش میزان آبیاری یا افزایش دور آبیاری نه تنها باعث افزایش کارایی مصرف آب می شود، بلکه خصوصیات کیفی محصول نیز افزایش می یابد. طبق نظر ایشان، این نتایج به شرایط آب و هوایی و مدیریت سیستم آبیاری نیز وابستگی دارد. بنابراین در مناطق آب و هوایی مختلف باید تحقیقات بیشتری انجام شود. در تحقیقی در جنوب فلوریدای آمریکا در خصوص برنامه ریزی آبیاری محصولات مختلف، از تانسیومتر، برآورد تبخیر و تعرق و روش آبیاری مرسوم آبیاری در دو سال استفاده و نتایج را مقایسه نمودند. میزان آب مصرفی در دو تیمارهای تانسیومتر و تبخیر و تعرق ۳۱ تا ۳۶ درصد تیمار آبیاری مرسوم بود. خصوصیات رشد گیاهی و کارایی مصرف آب نیز در تیمارهای تانسیومتر و تبخیر و تعرق، بهتر از تیمار آبیاری مرسوم بود. در نهایت تیمارهای آبیاری بر اساس تانسیومتر و تبخیروتعرق بعنوان روشهای برنامه ریزی مناسب برای آبیاری منطقه معرفی گردیدند(Migliaccioa et al., 2010). پاتن و همکاران (Patane et al., 2011) مدیریت آبیاری گوجه فرنگی در نقاط خشک و نیمه خشک را بسیار مهم دانسته و در تحقیقی که در ایتالیا انجام دادند به این نتیجه رسیدند که آبیاری گوجه فرنگی به اندازه ۵۰ درصد میزان تبخیر و تعرق باعث بیشترین افزایش کیفیت میوه و کارایی مصرف آب شد، ضمن اینکه کاهش محصول کمی مشاهده شد. تحقیقی در شمال چین بر روی آبیاری گوجه فرنگی در گلخانه انجام شد. کاهش ۳۳ تا ۶۶ درصد در میزان آبیاری نسبت به نیاز کامل در مرحله گل دهی و رشد میوه، باعث کاهش مصرف آب، افزایش کارایی مصرف آب و افزایش کیفیت میوه شد و عملکرد محصول کاهش نیافت. درحالی که کاهش میزان آبیاری در مرحله تکمیل میوه و برداشت، باعث کاهش ۲۳ تا ۴۱ درصدی عملکرد شد (Wang et al., 2011). عملکرد گوجه فرنگی در دو روش آبیاری قطره ای سطحی و زیر سطحی، در یک خاک رس سیلتی با استفاده از آب شور در کشور تونس مورد بررسی قرار گرفت. در محدوده شوری آب کمتر از ۸ دسی زیمنس بر متر تفاوت معنی داری بین دو روش آبیاری مشاهده نشد ولی با افزایش شوری آب خصوصیات عملکردی گوجه فرنگی کاهش یافت (Kahlaoui et al., 2012). در تحقیقی در توسکانی ایتالیا، برنامه ریزی آبیاری گیاهان مختلف با استفاده از ابزارهای مختلف از قبیل تانسیومتر، رطوبت سنج و برآورد تبخیر و تعرق انجام شد. نتایج نشان داد با استفاده از این ابزارها بین ۲۱ تا ۴۰ درصد صرفه جویی در مصرف آب نسبت به آبیاری معمول انجام شد. میزان استفاده از مواد مغذی خاک نیز ۳۹ تا ۷۴ درصد کاهش داشت. کاهش معنی داری بر رشد گیاه و کیفیت محصول مشاهده نشد (Incrocci et al., 2014). شاهرخ نیا (۱۳۹۱) به بررسی اثر ابزارهای مختلف برنامه ریزی آبیاری ، از جمله نیاز آبی به روش پنمن مانتیث، بر ذرت دانه ای در استان فارس پرداخت. نتایج نشان داد که با استفاده از ابزارهای مختلف می توان تا حدود ۳۰ درصد در مصرف آب صرفه جویی نمود بدون آنکه محصول کاهش یابد. همچنین برنامه ریزی آبیاری با استفاده از دمای پوشش سبز گیاه، به عنوان روش مناسبی برای برنامه ریزی آبیاری بیان شد.

آزمایشات ایدسو (Idso, 1982) نشان داده است که وقتی در اثر تنش آبی، مقدار آب در برگ گیاه کاهش پیدا می کند، دمای برگ نسبت به دمای محیط افزایش می‌یابد. بنابراین از اختلاف دمای برگ و دمای هوا در لحظه اندازه گیری، برای اندازه گیری تنش آبی گیاه استفاده می شود. دمای پوشش سبز گیاه یا برگ را با استفاده از دماسنج مادون قرمز می توان اندازه گیری کرد. ایدسو متوجه شد بین تفاوت دمای پوشش گیاه (Tc) و دمای هوا (Ta) و پارامتری بنام کمبود فشار بخار هوا (VPD)رابطه ای ریاضی به شکل یک خط راست وجود دارد. این خط، خط پایینی مبنای تنش (Lower Base Line) یا خط بی

تنش نامگذاری گردید. حداکثر میزان تنش آبی گیاه با خط دیگری بنام خط مبنای بالایی یا خط تنش کامل (Upper Base Line) نشان داده می شود (شکل ۱). خط بی تنش به صورت رابطه (۱) در نظر گرفته می شود که در آن، a,b ضرایب ثابتی است که برای گیاهان مختلف متفاوت است. خط تنش بالایی یا تنش کامل به صورت رابطه (۲) خواهد بود. دراین رابطه h مقدار ثابتی است که به روش های مختلف قابل تعیین است.

$$(T_c - T_a)_{l.l} = a - b(VPD) \qquad (۱)$$

$$(\mathrm{T_c} - \mathrm{T_a})_{\mathrm{u.l}} = h \qquad (۲)$$



شکل(۱): خطوط مبنای بالایی و پایینی

بنابراین با در اختیار داشتن خطوط مبنای بالایی و پایینی برای یک گیاه بخصوص و اندازه گیری کمبود فشار بخار، دمای هوا و دمای برگ به صورت همزمان، می توان مقدار شاخص تنش آبی آن لحظه را تخمین زد، یا با در نظر گرفتن یک مقدار بخصوص شاخص تنش آبی، می توان با اندازه گیری کمبود فشار بخار، زمان شروع آبیاری را با اندازه گیری دمای هوا و دمای برگ به دست آورد. خطوط مبنای بالایی و پایینی را باید از تحقیقات انجام گرفته در مورد هر گیاه به دست آورد.

در دنیا تحقیقات زیادی درخصوص کاربرد دمای پوشش سبز گیاه برای آبیاری محصولات مختلف انجام شده و مورد تایید قرار گرفته است. از آن میان می توان به تحقیقات کلاوسون و بلاد (Clawson and Blad, 1982)، وردی نژاد و همکاران (۱۳۸۶)، سپاسخواه و کاشفی پور (Sepaskhah and Kashefipour, 1994, 1995)، کرمونا و همکاران (Cremona et al., 2004)، طاهری قناد (۱۳۸۷)، اردم و همکاران (Erdem et al., 2005)، لوبو و همکاران (Lobo et al., 2004) اشاره نمود.

نتایج تحقیقات گذشته نشان می دهد که میزان آب آبیاری گوجه فرنگی تاثیر زیادی بر کمیت و کیفیت محصول داشته که در شرایط مختلف اقلیمی و مدیریتی نیاز به بررسی دارد. برآورد نیاز آبی گیاه از روش پنمن مانتیث، کارایی اندازه‌گیری دمای پوشش سبز گیاه برای آبیاری و همچنین اهمیت بررسی تنش آبی گوجه فرنگی مورد تایید قرار گرفت. بیشتر تحقیقات گذشته مربوط به کاشت گوجه فرنگی به صورت بذری بوده و تحقیقات اندکی در خصوص کشت نشایی گوجه فرنگی و اثر آبیاری برآن انجام گرفته است. همچنین در بیشتر تحقیقات گذشته فقط تاثیر تنش آبی بر عملکرد مورد بررسی قرار گرفته و به شاخص هایی مانند رطوبت خاک و دمای پوشش گیاه کمتر توجه شده است. بنابراین در این تحقیق علاوه بر بررسی اثرات تنش آبی بر محصول گوجه فرنگی کاشته شده به صورت نشایی، به بررسی شاخص‌های دیگر نشان دهنده تنش آبی نیز پرداخته می‌شود.

مواد و روش‌ها:

این تحقیق در یکی از مزارع شهرستان مرودشت در استان فارس انجام شد. مرودشت در ۴۰ کیلومتری شمال غربی شهر شیراز واقع گردیده است. این شهرستان قطب کشاورزی استان فارس بوده و مجموعه تاریخی تخت جمشید نیز در این شهرستان واقع گردیده است. محصولات تولید شده در این شهرستان شامل گندم، جو و کلزای پاییزه و ذرت، گوجه فرنگی و صیفی جات در تابستان می‌باشد. این شهرستان دارای آب و هوای معتدل با متوسط بارندگی سالانه ۳۰۰ میلی متر، متوسط دمای ۱۷/۳ سانتی‌گراد

و متوسط رطوبت نسبی ۴۹ درصد می‌باشد. معمولا بارندگی ها از پاییز تا فروردین ماه اتفاق می‌افتد و کشت‌های تابستانه کاملا با آب زیرزمینی آبیاری می شوند. البته قسمتی از مزارع این منطقه توسط شبکه آبیاری سد درودزن آبیاری می‌گردد که در سال‌های اخیر به دلیل کم آبی به محصولات صیفی از سد درودزن آبی تخصیص نیافته است. مزرعه انتخاب شده برای تحقیق، با دارا بودن ۳۵/۲ درصد رس، ۴۲/۶ درصد سیلت و ۲۲/۲ درصد شن دارای بافت خاک لومی رسی (Clay Loam) با جرم مخصوص ظاهری ۱/۳۴ گرم بر سانتی متر مکعب بوده است. در این مزرعه که با سیستم آبیاری قطره‌ای نواری آبیاری می شد طول نوارهای آبیاری ۴۵ متر و فاصله نوارها از یکدیگر ۱/۵ متر بود و بوته های گوجه فرنگی در دو طرف لوله آبیاری کشت شدند. رقم مورد استفاده سوپر اوربانا (Super Urbana) بود. بذور این رقم در اسفندماه در گلخانه کشت و پس از ۳۵ روز به مزرعه انتقال داده شد. طرح در قالب بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار و در زمینی به مساحت ۱۰۱۳ متر مربع به اجرا گذاشته شد. تیمارهای آزمایش شامل مقادیر مختلف آب آبیاری به میزان ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی برآورد شده از روش پنمن مانتیث بود. نیاز آبی ناخالص بر اساس مقادیر نیاز آبی برآورد شده فوق با در نظر گرفتن نیاز آبشویی و راندمان آبیاری ۹۰ درصد در روش های آبیاری قطره ای (علیزاده، ۱۳۷۹)، توسط کنتورهای کالیبره شده اندازه گیری و تحویل هر تیمار گردید. یک تیمار دیگر نیز در نظر گرفته شد که با مدیریت کشاورز آبیاری می‌شد. دور آبیاری ۴ روز بود. عملیات کاشت، داشت و برداشت، به جز آبیاری توسط کشاورز و به طور یکسان در تیمارهای آزمایش انجام گردید. پس از پایان فصل، برداشت محصول انجام و بهره وری مصرف آب بر اساس نسبت میزان محصول تولیدی به آب مصرفی محاسبه شد. همچنین تفاوت عملکرد و بهره وری مصرف آب در تیمارهای مختلف مورد بررسی قرار گرفت. برای این بررسی ها از آزمون دانکن، استفاده شد.

به منظور بررسی دقیق تر تنش آبی بر گیاه گوجه فرنگی، از روش پیشنهاد شده توسط ایدسو (Idso, 1982) استفاده گردید. خطوط بی تنش و تنش کامل با استفاده از ضرایب ارائه شده توسط ایدسو برای گوجه فرنگی، به صورت رابطه (۳) و (۴) در نظر گرفته شد. از رابطه (۵) نیز برای محاسبه کمبود فشار بخار هوا استفاده شد.

$$(T_c - T_a)_{l.l} = 2.86 - 1.96(VPD) \quad (۳)$$

$$(\mathrm{T_c} - \mathrm{T_a})_{\mathrm{u.l}} = 5 \quad (۴)$$

$$VPD = 10 \times exp\left[\frac{16.78\,T-116.9}{T+237.3}\right]\left(1 - \frac{RH}{100}\right) \quad (۵)$$

پارامترهای T , RH به ترتیب رطوبت نسبی و دمای هوا می باشند. کمبود فشار بخار بر حسب میلی بار است. با توجه به شکل (۱) مقدار شاخص تنش آبی (CWSI) در یک کمبود فشار بخار را می توان از رابطه (۶) به دست آورد. مقدار عددی این شاخص بین عدد صفر و یک تغییر می کند. صفر یعنی حالت بدون تنش و عدد ۱ نشان دهنده تنش حداکثر می باشد. در این فرمول MN و ML به ترتیب فاصله نقطه مورد نظر تا خطوط تنش پایینی و بالایی می باشد.

$$CWSI = \frac{MN}{LN} \quad (۶)$$

در این تحقیق پس از رشد گیاه گوجه فرنگی تا اندازه ای که دمای برگ آن قابل اندازه گیری بود، در فواصل حدود یک هفته و قبل از انجام آبیاری، دمای برگ گیاه، دمای هوا و رطوبت نسبی هوا در سطح

مزرعه اندازه گیری گردید. چون در ابتدای فصل رشد که تعداد برگ های گیاه کم است، اندازه گیری دمای برگ مشکل بوده و با خطا همراه است. برای اندازه گیری این سه پارامتر به ترتیب از دماسنج مادون قرمز دستی، دماسنج لحظه ای هوا و دستگاه رطوبت سنج هوا استفاده گردید. اندازه گیری ها طبق روش ایدسو حدود ظهر (ساعت ۱۲ تا ۱۴) انجام شد. بدین ترتیب تفاوت دمای برگ و دمای هوا در قبل از آبیاری در تیمارهای مختلف اندازه گیری و با مقدار بحرانی آن مقایسه گردید. همچنین رطوبت خاک قبل از آبیاری در اعماق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی متری بترتیب توسط حسگر ۲۵ سانتی متری واسنجی شده دستگاه رطوبت سنج ترایم (TDR-TRIME) و رطوبت سنج بلوک گچی ساخت شرکت ایجلکمپ (Eijkelkamp) هلند اندازه گیری و با مقدار رطوبت بحرانی خاک مقایسه شد. اندازه گیری رطوبت در زیر بوته گیاه و تقریبا در فاصله ۳۰ سانتی متری از گیاه انجام می شد.علت استفاده از دستگاه بلوک گچی در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری این بود که دستگاه رطوبت سنج ترایم مورد استفاده، فقط امکان اندازه گیری رطوبت در عمق ۰-۳۰ سانتی متری را داشت. از طرف دیگر ممکن بود میزان تنش وارده به گیاه با رطوبت خاک در عمق ۳۰-۶۰ و عدد بدون بعد بلوک گچی که از مقاومت الکتریکی خاک به دست می آید ارتباط داشته باشد. مقدار رطوبت بحرانی خاک با برآورد مقادیر رطوبت ظرفیت مزرعه (Field Capacity) و نقطه رطوبت پژمردگی (Permanent Wilting Point) در آزمایشگاه با استفاده از دستگاه صفحات فشاری و ضریب آب سهل الوصول، طبق توصیه فائو به دست آمد. در این مقایسات از آزمونهای آماری دانکن و t استفاده شد.

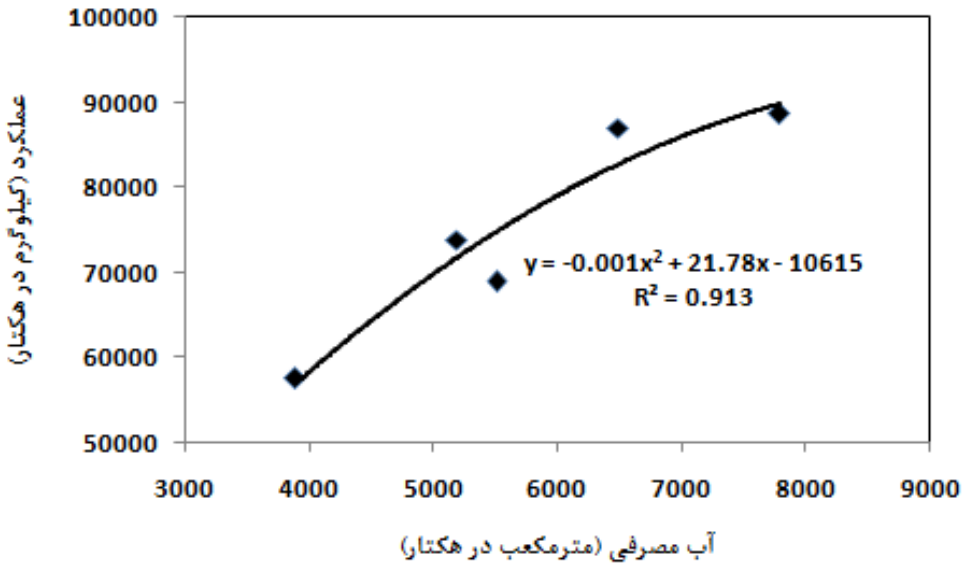
نتایج و بحث:

در جدول ۱ مقادیر آب آبیاری مصرف شده، عملکرد محصول و بهره وری مصرف آب گوجه فرنگی آورده شده است. شکل ۱ رابطه میزان عملکرد با آب مصرفی گوجه فرنگی را نشان می‌دهد. میزان آب مصرفی در تیمارهای ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی به ترتیب حدود ۳۹۰۰، ۵۲۰۰، ۶۵۰۰، ۷۸۰۰ و در تیمار تحت مدیریت زارع ۵۵۰۰ مترمکعب در هکتار بود. البته مصرف آب کمتر در تیمار تحت مدیریت زارع به دلیل مدیریت بهینه آب آبیاری نبوده، بلکه به دلیل کاهش میزان آب چاه بوده است. به عبارت دیگر زارع مجبور به کم مصرف کردن آب شده است. مشاهده می‌گردد که تفاوت عملکرد تیمار های ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد و تیمارهای تحت مدیریت زارع و ۶۰ درصد نیز با یکدیگر معنی دار نبوده است. تفاوت عملکرد تیمار ۸۰ درصد نیز با سایر تیمارها معنی دار نمی باشد. درخصوص بهره وری مصرف آب، فقط تفاوت تیمار های ۶۰ و ۱۲۰ درصد معنی دار بوده و سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. بهره‌وری مصرف آب تیمار ۱۲۰ درصداز سایر تیمارها کمتر می باشد. بر اساس شاخص عملکرد تیمارهای ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی و بر اساس شاخص بهره وری مصرف آب تیمارهای ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی، تفاوت معنی داری نداشته اند. بنابراین در مجموع می توان گفت که از نظر آماری دو تیمار ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی از سایر تیمارها مناسب ترند، لیکن بعلت مصرف آب کمتر در تیمار ۸۰ درصد در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد، تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی بهترین تیمار می باشد. همانگونه که مشاهده می گردد میزان آب مصرفی تیمار تحت مدیریت زارع بیشتر از تیمار ۸۰ درصد و عملکرد آن کمتر شده است. علت این امر این بوده که زارع با توجه به تجربه خود آبیاری انجام داده است و نه بر اساس روش پنمن مانتیث که یک روش علمی برنامه ریزی آبیاری است. بنابراین ممکن است در مواقعی آب بیشتر از نیاز و در مواقعی آب کمتر از نیاز داده باشد.

جدول (۱): مقادیر آب مصرفی، عملکرد و بهره وری مصرف آب گوجه فرنگی در تیمارهای مختلف آبیاری

تیمار آبیاری	مقدار آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	بهره وری مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)
۶۰٪ نیاز آبی	۳۸۹۴	۵۷۴۸۱ b	۱۴/۷۶a
۸۰٪ نیاز آبی	۵۱۹۲	۷۳۷۷۸ ab	۱۴/۲۱ab
۱۰۰٪ نیاز آبی	۶۴۹۰	۸۶۸۸۹ a	۱۳/۳۹ab
۱۲۰٪ نیاز آبی	۷۷۸۸	۸۸۵۹۳ a	۱۱/۳۸b
مدیریت زارع	۵۵۰۸	۶۸۸۸۹ b	۱۲/۵۱ab

اعداد با حروف مشابه، از نظر آماری تفاوت معنی دار ندارند



شکل (۱): رابطه میزان عملکرد با آب مصرفی گوجه فرنگی

همانگونه که در مواد وروش‌ها اشاره گردیده برای بررسی اینکه تنش آبی اتفاق افتاده یانه، مقادیر رطوبت خاک در دو عمق، عدد بلوک گچی و تفاوت دمای گیاه و هوا با مقادیر بحرانی خودشان که آستانه شروع تنش می‌باشد مقایسه شده اند. آستانه رطوبت خاک با توجه به توصیه های فائو از حدود رطوبت خاک و رطوبت سهل الوصول خاک و آستانه تفاوت دما از تحقیقات ایدسو (۱۹۸۲) به دست آمد. حد بحرانی عدد بلوک گچی نیز با توجه به حد بحرانی رطوبت خاک به دست آمد. در این تحقیق شاخص های مختلف نشان دهنده تنش گیاهی شامل رطوبت حجمی خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری، تفاوت دمای گیاه و هوا، عدد بلوک گچی و رطوبت حجمی خاک در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری با استفاده از آزمون های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. میزان رطوبت ظرفیت مزرعه و رطوبت نقطه پژمردگی خاک

محل انجام آزمایش بترتیب ۰/۲۴ و ۰/۱۳ گرم بر گرم و جرم حجمی ظاهری خاک ۱/۳۴ گرم بر سانتی متر مکعب بود. با استفاده از تجزیه و تحلیل های آماری، تفاوت مقادیر شاخص ها در تیمارهای مختلف با مقدار بحرانی آنها مورد بررسی گردید. این آزمون ها عبارت بودند از آزمون تی (t-test)، آزمون دانکن (Duncan). جدول ۲ تا ۵ نتایج آزمون t، انجام شده بر شاخص های تنش را نشان می دهد. جدول۶ نتایج مقایسه تیمارهای مختلف با یکدیگر را نشان می دهد. عدد بلوک گچی عددی بین صفر و ۱۰۰ بوده که توسط دستگاه نشان داده می شود و بدون بعد است. این عدد رابطه ای مستقیم با میزان رطوبت خاک داشته و مقدار بحرانی آن بر اساس مقدار رطوبت بحرانی خاک به دست می آید. جدول ۲ نشان می دهد که تفاوت میانگین عدد بلوک گچی با مقدار بحرانی آن در تیمارهای ۱۰۰٪ نیاز آبی و تیمار تحت مدیریت زارع معنی دار نبوده و در سایر تیمارها در سطح ۱٪ معنی دار است. یعنی با توجه به شاخص عدد بلوک گچی، آبیاری دو تیمار مذکور درحدود بحرانی یا زمان مناسب انجام شده است. بنابراین تیمارهای ۶۰ و ۸۰٪ که آب کمتری دریافت نموده اند و رطوبت خاک کمتری داشته اند دچار تنش شده اند. در تیمار ۱۲۰٪ ، عدد بلوک گچی از حد بحرانی آن (عدد ۶۶) بطور معنی داری بیشتر بوده و این نشان ۹ دهنده آن است که تنشی به گیاه وارد نشده و رطوبت خاک در قبل از آبیاری بیشتر از حد بحرانی بوده و می توانسته آبیاری دیرتر انجام شود. جدول ۶ که نتایج آزمون دانکن را نشان می دهد نیز نتایج فوق را تایید می نماید، با این تفاوت که طبق این آزمون، تفاوت عدد بلوک گچی در تیمار نیاز آبی ۸۰٪ نیز با عدد بحرانی بلوک گچی تفاوت معنی‌داری ندارد. همچنین تفاوت تیمار ۸۰ و۱۰۰٪، طبق آزمون دانکن معنی دار است. بنابراین می توان با احتیاط پذیرفت که تیمار نیاز آبی ۸۰٪ نیز تنش آبی ندیده یا تنش وارده به گیاه ناچیز بوده است. جدول ۳ مقادیر رطوبت خاک در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری را نشان می دهد. این مقادیر رطوبت با استفاده از اعداد قرائت شده از دستگاه بلوک گچی و گراف های ارائه شده توسط شرکت سازنده دستگاه استخراج شده بودند. میزان حد بحرانی رطوبت حجمی خاک در این بررسی ۲۶٪ بوده است. بررسی رطوبت خاک در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری (توسط دستگاه بلوک گچی)، با توجه به آزمون t (جدول ۳) نیز نتایجی مشابه با شاخص عدد بلوک گچی دارد. یعنی حدود شروع تنش آبی در گوجه فرنگی، تیمار نیاز آبی ۱۰۰٪ می‌باشد. طبق آزمون دانکن، تیمار ۱۰۰ و ۸۰٪ نیاز آبی را نیز می توان تقریبا مشابه دانست. بررسی آماری مقادیر رطوبت خاک در عمق ۰-۳۰ با آزمون t (جدول ۴) نشان می دهد که تفاوت مقدار بحرانی رطوبت خاک (۲۶٪ حجمی)، با تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی معنی دار نبوده لیکن با تیمارهای ۸۰ و ۶۰ درصد به ترتیب در سطح ۵٪ و ۱٪ معنی دار است. با استدلال مشابه مشخص می شود که با این شاخص نیز حد بحرانی رطوبت خاک مربوط به تیمار آبیاری ۱۰۰٪ می باشد. آزمون دانکن نشان می دهد که تفاوت تیمارهای نیاز آبی ۸۰ و ۱۰۰ درصد باهم معنی دار نیست. بنابراین با توجه به این آزمون می توان بیان کرد که تیمار نیاز آبی ۸۰٪ را نیز می‌توان به عنوان بهترین تیمار آبیاری انتخاب نمود.

جدول (۲): نتایج بررسی آماری انجام شده بر مقادیر عدد بلوک گچی با آزمون t (عمق ۳۰-۶۰)

تیمارهای آبیاری	میانگین عدد بلوک گچی	تفاوت مقادیر میانگین و بحرانی	انحراف معیار	خطای استاندارد میانگین	T	درجه آزادی	سطح معنی داری	نتیجه
٪۶۰ نیاز آبی	۴۶/۸۶	-۱۹/۱	۸/۴۸	۲/۲۷	۸/۴۴-	۱۳	۰/۰۰۰	درسطح ۱٪ معنی دار است
٪۸۰ نیاز آبی	۵۹/۵۷	-۶/۴۳	۷/۳۵	۱/۹۶	۳/۲۸-	۱۳	۰/۰۰۶	درسطح ۱٪ معنی دار است
٪۱۰۰ نیاز آبی	۷۰/۵۰	۴/۵۰	۹/۳۷	۲/۵۰	۱/۸۰	۱۳	۰/۰۹۶	در سطوح ٪۱ و ٪۵ معنی دار نیست
٪۱۲۰ نیاز آبی	۸۰/۳۶	۱۴/۳۶	۸/۰۹	۲/۱۶	۶/۶۴	۱۳	۰/۰۰۰	درسطح ۱٪ معنی دار است
مدیریت زارع	۶۶/۸۶	۰/۸۶	۱۳/۹۳	۳/۷۲	۰/۲۳	۱۳	۰/۸۲۲	در سطوح ٪۱ و ٪۵ معنی دار نیست

جدول(۳): نتایج بررسی آماری انجام شده بر رطوبت خاک در عمق ۶۰-۳۰ با آزمون t

تیمارهای آبیاری	میانگین رطوبت خاک	تفاوت مقادیر میانگین و بحرانی	انحراف معیار	خطای استاندارد میانگین	T	درجه آزادی	سطح معنی داری	نتیجه
٪۶۰ نیاز آبی	۲۳/۱۲	-۲/۸۹	۱/۴۳	۰/۳۸	-۷/۵۳	۱۳	۰/۰۰۰	درسطح ۱٪ معنی دار است
٪۸۰ نیاز آبی	۲۵/۱۳	-۰/۸۸	۱/۰۱	۰/۲۷	-۳/۲۴	۱۳	۰/۰۰۶	درسطح ۱٪ معنی دار است
٪۱۰۰ نیاز آبی	۲۶/۷۵	۰/۷۵	۱/۶۵	۰/۴۴	۱/۷۱	۱۳	۰/۱۱۲	در سطوح ٪۱ و ٪۵ معنی دار نیست
٪۱۲۰ نیاز آبی	۲۹/۵۸	۳/۵۸	۳/۷۱	۰/۹۹	۵/۷۲	۱۳	۰/۰۰۳	درسطح ۱٪ معنی دار است
مدیریت زارع	۲۶/۲۷	۰/۲۷	۲/۳۱	۰/۶۲	۱/۶۱	۱۳	۰/۶۶۵	در سطوح ٪۱ و ٪۵ معنی دار نیست

جدول(۴): نتایج بررسی آماری انجام شده بر رطوبت خاک در عمق ۰-۳۰ با آزمون t

تیمارهای آبیاری	میانگین رطوبت خاک	تفاوت مقادیر میانگین و بحرانی	انحراف معیار	خطای استاندارد میانگین	T	درجه آزادی	سطح معنی داری	نتیجه
٪۶۰ نیاز آبی	۲۲/۴۱	-۳/۵۹	۱/۸۱	۰/۴۹	-۷/۴۰	۱۳	۰/۰۰۰	درسطح ۱٪ معنی دار است
٪۸۰ نیاز آبی	۲۴/۵۵	-۱/۴۵	۲/۲۰	۰/۵۹	-۲/۴۶	۱۳	۰/۰۲۹	درسطح ۵٪ معنی دار است
٪۱۰۰ نیاز آبی	۲۶/۴۰	۰/۴۰	۲/۰۸	۰/۵۶	۰/۷۲	۱۳	۰/۴۸۵	در سطوح ٪۱ و ٪۵ معنی دار نیست
٪۱۲۰ نیاز آبی	۲۸/۵۶	۲/۵۶	۲/۱۶	۰/۵۸	۴/۴۵	۱۳	۰/۰۰۱	درسطح ۱٪ معنی دار است
مدیریت زارع	۲۵/۴۹	-۰/۵۱	۲/۹۱	۰/۷۸	-۰/۶۵	۱۳	۰/۵۲۶	در سطوح ٪۱ و ٪۵ معنی دار نیست

شاخص تفاوت دمای گیاه و هوا یکی از شاخص های مهم بررسی تنش آبی گیاه می باشد. تفاوت این شاخص با شاخص های قبلی در این است که این شاخص به رطوبت خاک مربوط نبوده و از عکس العمل مستقیم گیاه به خشکی استخراج می گردد. نتایج آزمون t نشان می دهد که تفاوت تیمارهای تحت مدیریت زارع و تیمارهای نیاز آبی۱۰۰ و ۱۲۰ درصد با حدود بحرانی به دست آمده معنی دار نیست. از طرفی تفاوت تیمارهای نیاز آبی ۸۰ و ۶۰ درصد به ترتیب در سطوح ۵ و ۱ درصد معنی دار گردیده است (جدول ۵). بنابراین در تیمارهای ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی، گیاه دچار تنش آبی شده است. نتایج آزمون دانکن (جدول ۶) نشان می دهد که فقط مقادیر مربوط به تیمار نیاز آبی ۶۰٪ با تیمار نیاز آبی ۱۲۰٪ و حدود بحرانی موجود متفاوت بوده و بقیه تیمارها با هم تفاوت معنی داری ندارند. بنابراین طبق آزمون دانکن نیز تیمار نیاز آبی ۸۰٪، حد تنش آبی گیاه گوجه فرنگی می باشد.

جدول(۵): نتایج بررسی آماری انجام شده بر تفاوت دمای گیاه و هوا با آزمون t

تیمارهای آبیاری	میانگین تفاوت دما	مقادیر میانگین و بحرانی	انحراف معیار	خطای استندارد میانگین	T	درجه آزادی	سطح معنی داری	نتیجه
۶۰٪ نیاز آبی	-۰/۳۰	۲/۶۳	۲/۳۳	۰/۶۲	۴/۲۲	۱۳	۰/۰۰۱	درسطح ۱٪ معنی دار است
۸۰٪ نیاز آبی	-۱/۵۹	۱/۳۴	۲/۳۴	۰/۶۳	۲/۱۴	۱۳	۰/۰۵۲	حدود سطح ۵٪ معنی دار است
۱۰۰٪ نیاز آبی	-۲/۳۹	۰/۵۴	۱/۹۴	۰/۵۲	۱/۰۳	۱۳	۰/۳۲۱	در سطوح ۱٪ و ۵٪ معنی دار نیست
۱۲۰٪ نیاز آبی	-۳/۷۵	-۰/۸۲	۱/۶۵	۰/۴۴	۱/۸۷-	۱۳	۰/۰۸۵	در سطوح ۱٪ و ۵٪ معنی دار نیست
مدیریت زارع	-۲/۶۴	۰/۲۹	۲/۵۹	۰/۶۹	۰/۴۱	۱۳	۰/۶۸۷	در سطوح ۱٪ و ۵٪ معنی دار نیست

جدول(۶): نتایج تفاوت تیمارهای آزمایش بر اساس شاخص ها و سطوح معنی داری مختلف با استفاده از آزمون دانکن

تیمارهای آبیاری	تفاوت دمای گیاه و هوا		رطوبت خاک در عمق ۶۰-۳۰		رطوبت خاک در عمق ۰-۳۰		عدد بلوک گچی	
	سطح ۵٪	سطح ۱٪	سطح ۵٪	سطح ۱٪	سطح ۵٪	سطح ۱٪	سطح ۵٪	سطح ۱٪
۶۰٪ نیاز آبی	A	A	C	C	D	C	D	D
۸۰٪ نیاز آبی	AB	AB	B	BC	C	B	C	C
۱۰۰٪ نیاز آبی	BC	AB	B	B	B	B	B	B
۱۲۰٪ نیاز آبی	C	B	A	A	A	A	A	A
مدیریت زارع	BC	AB	B	B	BC	B	B	BC
مقدار بحرانی	BC	B	B	B	BC	B	BC	BC

اعداد با حروف مشابه، از نظر آماری تفاوت معنی دار ندارند

نتیجه گیری:

نتایج این تحقیق نشان می دهد که با افزایش آب آبیاری میزان محصول گوجه فرنگی در تیمارهای مختلف افزایش می یابد. اما بیشترین میزان بهره وری مصرف آب در تیمار نیاز آبی ۶۰٪ بوده و با افزایش میزان آب آبیاری از این حد، اگرچه میزان محصول افزایش یافته، لیکن میزان بهره وری مصرف آب کاهش می یابد. البته تفاوت بهره وری تیمارهای تحت مدیریت زارع، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰٪ نیاز آبی از نظر آماری باهم معنی دار نگردید. بیشترین میزان محصول تولیدی مربوط به تیمار نیاز آبی ۱۲۰ درصد بود که تفاوت آن با تیمارهای ۱۰۰ و ۸۰ درصد از نظر آماری معنی دار نگردید. مقایسه این نتایج با نتایج به دست آمده از تحقیقات قبلی نشان می دهد که تیمارهای پیشنهادی در این تحقیق در محدوده ذکر شده توسط سایر محققین داخلی می باشد. موسوی فضل و

محمدی (۱۳۸۴)، محمدی و همکاران (۱۳۸۹)، صدرقائن و همکاران (۱۳۸۹)، جلینی (۱۳۹۰)، مقادیر ۷۵ تا ۸۰ درصد نیاز آبی و علیزاده و همکاران (۱۳۷۹)، گلکار و همکاران (۱۳۸۷)، مقادیر ۱۰۰ درصد نیاز آبی را بعنوان بهترین تیمار معرفی نموده اند. برخی از محققین خارجی مانند وانگ و همکاران (۲۰۱۱) و پاتن و همکاران (۲۰۱۱) مقادیر ۳۳ تا ۶۶ درصد نیاز آبی را پیشنهاد نموده‌اند که تفاوت نتایج آنها با این تحقیق می تواند به دلیل تفاوت در شرایط آب و هوایی و ارقام گوجه فرنگی باشد. بررسی رطوبت خاک قبل از آبیاری و دمای برگ نشان داد که نتایج به دست آمده از شاخص های رطوبت خاک قبل از آبیاری و تفاوت دمای برگ و هوا نیز مشابه بود. طبق آزمون دانکن، حد بحرانی تنش آبی در گوجه فرنگی با تیمارهای نیاز آبی ۸۰٪ و ۱۰۰٪ و طبق آزمون t، با تیمار نیاز آبی ۱۰۰٪ تطابق دارد. بنابراین می توان نتیجه گیری کرد حد بحرانی تنش آبی در وضعیت آبیاری به اندازه ۱۰۰٪ نیاز آبی (۶۵۰۰ متر مکعب در هکتار) اتفاق افتاده، لیکن با احتیاط تا نیاز آبی حدود ۸۰٪ (۵۲۰۰ متر مکعب در هکتار) و با دور آبیاری ۴ روز، تنش بر عملکرد گوجه فرنگی نشایی تاثیر چندانی نداشته و می تواند توصیه گردد.

سپاسگزاری:

نویسندگان مقاله از مساعدت و همکاری سازمان جهاد کشاورزی فارس، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس در انجام این تحقیق تشکر می نمایند.

منابع:

جلینی، م. ۱۳۹۰. بررسی اثر سطوح مختلف آب و مالچ پلاستیک بر عملکرد و کارایی مصرف آب گوجه فرنگی در روش آبیاری قطره ای سطحی و زیر سطحی. نشریه آب و خاک، دانشگاه فردوسی مشهد، جلد ۲۵، شماره ۵، ۱۰۳۲-۱۰۲۵.

رزمی، ز. و ع. ا. قائمی. ۱۳۹۰. تعیین ضرایب گیاهی و تنش آب خاک گوجه فرنگی در شرایط گلخانه شیشه ای. علوم و فنون کشت های گلخانه ای، سال دوم، شماره هفتم، ۷۵-۸۶.

شاهرخ نیا، م. ع. ۱۳۹۱. بررسی اثر استفاده از ابزارهای برنامه ریزی آبیاری بر عملکرد و مصرف آب ذرت در دو بافت خاک. مجله آبیاری و زهکشی ایران، جلد ۶، شماره ۴، ۳۳۱-۳۴۱.

شاهرخ نیا، م. ع.، ا. زارع و ا. استخر. ۱۳۸۹. تعیین میزان آب مصرفی، راندمان آبیاری و کارایی مصرف آب در مزارع چهار شهرستان استان فارس. مجموعه مقالات دومین کنفرانس سراسری مدیریت جامع منابع آب. دانشگاه کرمان، ۹-۱۰ بهمن ۸۹، کرمان، ایران.

علیزاده، ا.، ق. قربانی، و غ. حق نیا. ۱۳۷۹. مقایسه عملکرد و کیفیت محصول گوجه فرنگی در دو روش آبیاری قطره ای و جویچه ای. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۴، شماره ۴، ۱-۸.

علیزاده، ا. ۱۳۷۹. اصول و عملیات آبیاری قطره ای. دانشگاه امام رضا.

صدر قاین، س. ح.، م.، اکبری، ه. افشار، و م. م. نخجوانی مقدم. ۱۳۸۹. اثر سه روش آبیاری میکرو و سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد گوجه فرنگی. نشریه آب و خاک، دانشگاه فردوسی مشهد، جلد ۲۴، شماره ۳، ۵۷۴-۵۸۲.

طاهری قناد، س. ۱۳۸۷. برنامه ریزی آبیاری مزارع با استفاده از یک روش مستقیم. مجموعه مقالات دومین سمینار راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه های آبیاری سطحی، ۲ خرداد ۱۳۸۷، کرج، ایران.

گلکار، ف.، ع. فرهمند، و ح. فرداد، ۱۳۸۷. بررسی میزان آب آبیاری بر عملکرد و بازده مصرف آب در گوجه فرنگی. مجله مهندسی آب، سال اول ۱۳-۱۹.

محمدی، م.، ع. لیاقت، و ح. مولوی. ۱۳۸۹. بهینه سازی مصرف آب و تعیین ضرایب حساسیت گوجه فرنگی در شرایط توامان تنش شوری و خشکی در منطقه کرج. نشریه آب و خاک، دانشگاه فردوسی مشهد، جلد ۲۴، شماره ۳، ۵۸۳-۵۹۲.

موسوی فضل، س. ح. و ع. محمدی. ۱۳۸۴. اثر تنش های آبی در مراحل مختلف رشد بر کمیت و کیفیت دو رقم گوجه فرنگی (کال جی و موبیل). مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد ۶، شماره ۲۲، ۲۷-۴۰.

مولوی، ح.، م. محمدی، و ع. لیاقت، ۱۳۹۰. اثر آبیاری کامل و یک درمیان جویچه ای بر عملکرد، اجزاء عملکرد و کارایی مصرف آب گوجه فرنگی. نشریه دانش آب و خاک، جلد ۳، شماره ۲۱، ۱۱۵-۱۲۶.

وردی نژاد، و. ر.، ع. لیاقت، و ح. ابراهیمیان. ۱۳۸۶. خودکار کردن سیستم آبیاری تحت فشار با استفاده از پوشش سبز گیاه. مجموعه مقالات اولین کارگاه خودکار سازی سامانه های آبیاری تحت فشار. ۳ خرداد ۱۳۸۶، تهران، ایران.

AOAC, 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists.Washington, DC. 15th ed.

Clawson, K. L., and B. L. Blad. 1982. Infrared thermometry for scheduling irrigation of corn. *Agron. J.*, 74, 311-316.

Cremona, M. V., H. Stutzler and H. Kage. 2004. Irrigation scheduling of Kohlrabi using crop water stress index. *Hort. Science*, 39(2): 276-279.

Erdem, Y., S., Sehirali, T. Erdem and D.Kenar, (2006). Determination of crop water stress index for irrigation scheduling of Bean (Phaseolus vulgaris L.). *Turk J. Agric. For.*, 30,195-202.

Erdem, Y., T., Erdem, H. Orta, and H. Okursoy. 2005. Irrigation scheduling for watermelon with crop water stress index (CWSI). *J. Cent. Eur.Agr.*, 6, 449-460.

Favati, F., S. Lovelli , F. Galgano, V. Miccolis, T. Di Tommaso and V. Candido. 2009. Processing tomato quality as affected by irrigation scheduling, Scientia Horticulturae, 122, 562–571.

Incrocci. L., P., Marzialettib, G., Incroccia, A., Di Vitaa, J., Balendonckc, C.,Bibbianid, S., Spagnole and A.Pardossia, 2014. Substrate water status and evapotranspiration irrigation scheduling in heterogenous container nursery crops. Agricultural Water Management, 131, 30-40.

Kahlaoui, B., M. Hachicha, S. Rejeb, M. N. Rejeb. 2012. Effect of drip and subsurface drip irrigation with saline water on tomato crop. Crop Production for Agriculture Improvement, 705-719.

Lobo, F. A., M. A., Oliva, M., Resende, N. F., Lopes and M.Maestri, (2004). Infrared thermometry to schedule irrigation of common bean. *Pesq. Agropec. Bras.*, 39, 113-121.

Migliaccioa, K. W., B., Schaffera, J.H., Cranea, and F. S. Davies. 2010. Plant response to evapotranspiration and soil water sensor irrigation scheduling methods for papaya production in south Florida. Agricultural Water Management, 97, 1452-1460.

Ortega-Farias, S. O., A. Olioso, S. Fuentes and H. Valdes. 2006. Latent heat flux over a furrow-irrigated tomato crop using Penman–Monteith equation with a variable surface canopy resistance. Agricultural Water Management, 82, 421–432.

Patanè, C., S. Tringali, and O. Sortino. 2011. Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. Scientia Horticulturae, 129, 4, 590–596.

Salokhe, H. V. M., M. S. Babel, and H. J. Tantau. 2005. Water requirement of drip irrigated tomatoes grown in greenhouse in tropical environment. Agricultural Water Management, 71, 225–242.

Sepaskhah, A. R., and S. M. Kashefipour.1995. Evapotranspiration and crop coefficient of sweet lime under drip irrigation. *Agricultural Water Management*, 27, 331-340.

Sepaskhah, A. R., and S. M. Kashefipour. 1994. Relationship between leaf water potential, CWSI, yield and fruit quality of sweet lime under drip irrigation. *Agricultural Water Management*, 25, 13-22.

Wang, F., S. Kang , T. Du, F. Li, and R. Qiu. 2011. Determination of comprehensive quality index for tomato and its response to different irrigation treatments. Agricultural Water Management, 98, 8, 1228–1238.

Zegbe-Domı´nguez, J. A., and M. H. Behboudiana, A. Langb, B. E. Clothier. 2003. Deficit irrigation and partial rootzone drying maintain fruit dry mass and enhance fruit quality in ‘Petopride’ processing tomato (Lycopersicon esculentum, Mill.) Scientia Horticulturae, 98, 505–510.

Influence of water stress on tomato production using leaf temperature and soil moisture indicators under seedling cultivation

Mohammad Ali Shahrokhnia[1], Ladan Jokar[2], Majid Rakhshandehru[3]

Abstract

Tomato is one of the major agricultural products in Fars Province with a cultivation area of 20000 ha. Previous studies show that the tomato farms under traditional surface irrigation systems lose a large volume of water with low water productivity. In the present research, the influence of different irrigation regimes on tomato yield and water productivity was studied. The farm under study located in Marvdasht plain with a heavy soil texture. The irrigation water was applied under drip irrigation system, base on 60, 80, 100, and 120 percent of Penmann Montieth water requitement method. Another treatment was considered and irrigated by the farmer management. Water stress indicators were measured and evaluated. These indicators were soil moisture and difference between leaf and air temperature. Different statistical test such as t and Duncan test were used for the evaluations. Results show that the obtained yield increased with irrigation water while the water productivity decreased. The irrigation volumes of water used for the treatments were about 3900 to 7800 cubic meters per hectare. However, only the differences between the treatments 60 and 120% were statistically significant. Differences between the two treatments 80 and 100%, and the critical values were not significant in most cases. The treatments with higher irrigation water than the 80% treatment, shows no signifant effects on tomato production. The irrigation water volume in this study and the traditional surface irrigation systems was 5200 and 23000 cubic meter per hectare, respectively, which shows a decrease more than 75 percent in irrigation water.

Keywords: Leaf temperature, soil moisture, Tomato, water stress.

[1] Assistant professor, Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran. (mashahrokh@yahoo.com), corresponding author

[2] Academic member, Seed and Plant Improvement Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran.

[3] M.Sc., Seed and Plant Improvement Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran.