

تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی بر کمیت و کیفیت محصول گوجه‌فرنگی

مرتضی پوزش شیرازی^{۱*}، مختار زلفی باوریانی^۲، محمد مدرسی^۳ و بهرام بهزادی^۴
۱. اعضای هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، ۳. استادیار گروه اصلاح نباتات
دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه خلیج فارس، ۴. کارشناس ارشد بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و
بذر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر
(تاریخ دریافت: ۹۰/۱۲/۱ تاریخ تصویب: ۹۲/۲/۲۲)

چکیده

تنش‌های غیرزنده از جمله تنش خشکی ناشی از کمبود آب، یکی از تهدیدهای جدی تولیدات کشاورزی در سراسر جهان به شمار می‌رود و یافتن مکان بدون تنش که گیاهان بتوانند به سطح پتانسیل عملکردی خود برسند بسیار مشکل است. تنش خشکی خصوصاً در مرحله میوه‌دهی با تخصیص بیش از ۱۷ درصد کاهش عملکرد ناشی از تنش‌های غیرزنده به خود از اهمیت خاصی برخوردار است. از این رو به منظور بررسی تأثیر زمان و مقدار آب استفاده‌شده بر واکنش مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی و کیفیت محصول تولیدی گوجه‌فرنگی آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی مدت دو سال انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل: ۱. آبیاری کامل در کل دوره رشد (I₁)؛ ۲. آبیاری کامل تا شروع زمان میوه‌دهی و اعمال تنش آبی تخلیه ۶۵ درصدی رطوبت قابل استفاده (AW) خاک (I₂)؛ ۳. آبیاری کامل تا شروع میوه‌دهی و اعمال تنش آبی تخلیه ۶۵ درصدی رطوبت قابل استفاده خاک تا شروع میوه‌دهی خاک (I₃)؛ ۴. اعمال تنش آبی تخلیه ۶۵ درصدی رطوبت قابل استفاده خاک تا شروع میوه‌دهی و سپس آبیاری کامل تا پایان دوره رشد (I₄)؛ ۵. اعمال تنش آبی تخلیه ۸۰ درصدی رطوبت قابل استفاده خاک تا شروع میوه‌دهی و سپس آبیاری کامل تا پایان دوره رشد (I₅)، به دقت اجرا و صفات مورد نظر شامل عملکرد در واحد سطح، وزن تک‌میوه، کارایی مصرف آب، اسید غالب (اسیدسیتریک)، ویتامین ث، مواد جامد محلول و pH اندازه‌گیری شد. نتایج آزمایش حاکی از وجود اختلاف معنادار ناشی از تأثیر تیمارهای مختلف بر عملکرد محصول و کارایی مصرف آب، مواد جامد محلول و اسیدیته (pH) بود. اختلاف معناداری برای اسید غالب، ویتامین ث و وزن تک‌میوه مشاهده نشد. در مجموع براساس صفات بررسی‌شده، تیمار شماره ۴ با مصرف ۶۳۳۶ مترمکعب آب در هکتار در سال، برتری خود را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: اسیدسیتریک، تنش خشکی، کارایی مصرف آب، گیاه گوجه‌فرنگی، مواد جامد محلول.

مقدمه

در تغذیه انسان است که از تنوع مصرف زیادی برخوردار است (Bai & Lindhout, 2007). سطح زیر کشت این محصول در استان بوشهر بیش از ۱۵ هزار هکتار است که عمده تولید آن به صورت خارج از فصل بوده و به علت درآمدزایی مناسب به‌منزله یکی از مهم‌ترین محصولات اقتصادی استان به شمار می‌آید. با توجه به آنکه اراضی

گوجه‌فرنگی گیاهی است متعلق به خانواده سولاناسه، نیمه‌گرمسیری که در مکزیک اهلی شد و مهاجران اسپانیایی آن را از آمریکا به اروپا بردند و در اواخر قرن هجدهم به‌منزله یک گیاه با مصرف خوراکی شناخته شد. این گیاه یکی از مهم‌ترین سبزی‌های استفاده‌شده

ارقام گوجه فرنگی انجام شد نشان داد که در صورت اعمال آبیاری کافی در ارقام متحمل به خشکی می‌توان عملکرد بالاتری را نسبت به ارقام حساس‌تر به دست آورد که این موضوع موجب افزایش کارایی مصرف آب در ارقام گوجه‌فرنگی متحمل می‌شود (Rahman *et al.*, 1999). در پژوهشی که با هدف ارزیابی پتانسیل کاربرد آب برگ به‌منزله یک معیار در آمریکا صورت گرفت مشخص شد که با توسعه نمو و با افزایش سن و مرحله رشدی گوجه‌فرنگی، پتانسیل آب برگ گیاه کاهش می‌یابد و دلیل آن نیز کاهش توانایی ریشه در جذب آب و افزایش مقاومت ساقه برای انتقال آن به برگ‌ها است که از لحاظ میزان بروز در ارقام مختلف متفاوت و بیانگر قابلیت استفاده از این معیار در ارزیابی تحمل به خشکی ارقام گوجه فرنگی است (Rudich *et al.*, 1981). گروهی دیگر نیز در پژوهش جداگانه‌ای در انگلستان دریافتند که با بروز تنش آبی در گوجه‌فرنگی، پتانسیل آب برگ و پتانسیل اسمزی آن‌ها به شدت کاهش می‌یابد (Peaz *et al.*, 1984). وجود معیاری قابل اعتماد به غیر از عملکرد در ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها می‌تواند پژوهشگران را در رسیدن به ارقام متحمل به خشکی یاری کند. در همین راستا قبلاً نسبت ریشه به ساقه (R/S) را به‌منزله یک معیار فیزیولوژیک مناسب در ارزیابی تحمل خشکی مطرح کرده‌اند. کمبود آب سبب کاهش رشد هر دو قسمت هوایی و ریشه می‌شود، اما اثر نسبی زیادتری روی قسمت هوایی و عملکرد محصول می‌گذارد (Baldovinos, 1953). در پژوهشی که به‌منظور بررسی تأثیر تنش آبی گیاه گوجه‌فرنگی بر میزان جذب عناصر غذایی انجام گرفت نشان داده شد که تبخیر و تعرق گیاه در اکثر مراحل یکسان بوده است، اما انتقال و مصرف مواد غذایی در شرایط رطوبت کافی بهتر از شرایط خشکی انجام خواهد شد (Leskovar, 1998). در پژوهشی درباره کم‌آبیاری در گوجه‌فرنگی مشخص شد تنش آبی قبل از تشکیل میوه سبب کاهش تعداد گل‌های به‌وجودآمده و کاهش بازآرپسندی محصول خواهد شد. تنش آبی ملایم و کنترل‌شده بعد از مرحله گل‌دهی سبب افزایش کیفیت محصول ناشی از افزایش اسیدیته و مواد جامد محلول خواهد شد (Colla *et al.*, 1999). براساس نظریه پژوهشگران، گیاه

کشاورزی استان بوشهر عمدتاً در اقلیم گرم و نیمه‌خشک قرار گرفته‌اند و همچنین به دلیل خشکسالی‌های متعدد در چند سال اخیر، کشاورزی استان از یک‌سو با کمبود آب آبیاری و از سوی دیگر با کاهش شدید کیفیت آب استفاده‌شده در کشاورزی روبه‌رو بوده است (Boshkani, 2002). تنش‌های غیرزنده به‌منزله منبع اصلی (۷۱ درصد) کاهش‌دهنده عملکرد گیاهان به شمار می‌رود و یافتن مکان بدون تنش که گیاهان بتوانند به سطح پتانسیل عملکردی خود برسند بسیار مشکل است. براساس پیش‌بینی‌ها ۹۰ درصد اراضی درخور کشت جهان همواره در معرض یک یا چند تنش قرار دارند (Leopold, 1990; Reynolds *et al.*, 2001). براساس تحقیقات انجام‌شده، تنش خشکی خصوصاً در مرحله میوه‌دهی با تخصیص بیش از ۱۷ درصد کاهش عملکرد ناشی از تنش‌های غیرزنده به خود از اهمیت خاصی برخوردار است (Ashraf & Harris, 2005). پژوهش‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که مرز بین تنش آبی و آبیاری کامل گیاه گوجه‌فرنگی، استفاده حدود ۵۰ درصد از کل آب قابل استفاده در خاک است که از آن به حداکثر تخلیه مجاز تعبیر می‌شود (Alizadeh, 1992). همچنین، حداکثر خسارت گیاهی ناشی از کمبود آب بسته به نوع گیاه می‌تواند در مراحل مختلف رشد بروز کند که در گوجه‌فرنگی این امر در مرحله میوه‌دهی اتفاق می‌افتد (Alizadeh, 1992). پژوهشگران نشان دادند افزایش شدت تنش خشکی سبب بالارفتن غلظت آسیتیک‌اسید و اتیلن و درنهایت زودرسی میوه در گوجه‌فرنگی خواهد شد درحالی‌که مجموع کربوهیدرات آزاد در گوجه‌فرنگی در این شرایط به‌شدت کاهش می‌یابد و وزن تک‌میوه پایین می‌آید (Basiouny & Maloney, 1994). پژوهشی که در سال ۱۹۹۸ به‌منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر فیزیولوژی و مورفولوژی چند رقم گیاه گوجه‌فرنگی انجام شد نشان داد که تشدید تنش ناشی از کمبود آب سبب افزایش دمای برگ و کاهش سرعت فتوسنتز می‌شود. همچنین قابلیت انتقال روزنه‌ها، ضریب تبخیر، پتانسیل آب برگ، وزن خشک ریشه و ساقه و ارتفاع گیاه کاهش می‌یابد (Rahman *et al.*, 1998). در پژوهش مشابهی که به‌وسیله همین گروه در سال ۱۹۹۹ روی تعدادی از

خشکی در حال شناسایی است. هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر زمان و مقدار آب آبیاری استفاده شده در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی گیاه گوجه‌فرنگی و همچنین تأثیر تنش آبی بر کیفیت محصول تولیدی بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر با استفاده از رقم کالچی گوجه فرنگی به‌منزله یکی از ارقام استفاده شده در استان بوشهر طی دو سال زراعی ۱۳۸۵-۱۳۸۷ آبان‌ماه (تاریخ کشت) تا اردیبهشت‌ماه (زمان آخرین برداشت) در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر واقع در برازجان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد.

مزرعه پژوهشی حاکی دارای بافت لوم شنی، ۱۱۰ متر ارتفاع از سطح دریا، متوسط بارندگی سالانه ۲۰۵ میلی‌متر و معدل تبخیر سالانه ۳۹۴۱ میلی‌متر است و در مختصات جغرافیایی ۳۱° و ۵۱° طول شرقی و ۱۶° و ۲۹° عرض شمالی قرار دارد. برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و همچنین خصوصیات شیمیایی آب آبیاری استفاده شده در جدول‌های ۱ تا ۳ ارائه شده است.

گوجه‌فرنگی نسبت به مقدار و مدیریت آب تأمین شده بسیار حساس است و به‌طور کلی، کاهش شدید آب آبیاری در زمان رشد رویشی سبب کاهش شدید محصول می‌شود به نحوی که تأمین آب کافی بعدی نیز جبران کاهش محصول را نخواهد کرد. از این رو آبیاری گیاه گوجه‌فرنگی باید سبک و متناوب باشد به گونه‌ای که در طول فصل رشد گیاه، میزان نقصان آب خاک در حد کمتر از ۴۰ درصد آب درخورد استفاده باقی بماند (Doorenbos & Pruitt, 1977; Doorenbos et al., 1988). با توجه به کمبود آب و ضرورت اعمال مدیریت صحیح در آبیاری گوجه‌فرنگی به‌منزله یکی محصول اصلی و خارج از فصل مناطق گرمسیر از جمله استان بوشهر و همچنین فراهم کردن بستری مناسب برای ارزیابی‌های بعدی برای معرفی ارقام سازگار به شرایط این مناطق، پژوهش حاضر با اهداف بررسی تأثیر تنش آبی بر هر یک از مراحل رشد گیاه گوجه‌فرنگی شامل مراحل رویشی و زایشی، چگونگی تأثیر تنش آبی بر عملکرد و کیفیت محصول گوجه‌فرنگی و محاسبه کارایی مصرف آب در هر یک از تیمارهای آبی مختلف در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر طراحی و اجرا شد. شایان ذکر است که در طرحی جداگانه در مرکز تحقیقات یادشده، ارقام متحمل گوجه‌فرنگی به

جدول ۱. برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک

عمق خاک	درصد اشباع	EC	pH	اهک	O.C.	Ca	Mg	P	K	Mn	Cu	Zn	Fe	Cl	رس	بافت
خاک	Ds/m			%	%	میلی‌گرم در کیلوگرم	میلی‌گرم در کیلوگرم	میلی‌گرم در کیلوگرم	میلی‌گرم در کیلوگرم	میلی‌گرم در کیلوگرم	میلی‌گرم در کیلوگرم	میلی‌گرم در کیلوگرم	میلی‌گرم در کیلوگرم	میلی‌گرم در کیلوگرم	%	
۰-۳۰	۲۹	۳/۴	۷/۹	۶۰	۰/۵۲	۵۸۰	۲۷۵	۹	۱۷۰	۷/۱	۰/۷۶	۰/۷۶	۲/۸	۶۰۰	۱۲	S.L.

جدول ۲. برخی خصوصیات شیمیایی آب آبیاری

خصوصیات	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته	کلر	کلسیم + منیزیم	بی‌کربنات	سدیم	نسبت جذب سدیم
				میلی‌اکی‌والان در لیتر			
آب آبیاری	۳/۷	۷/۶	۸/۵	۳۷	۴/۵	۱۲	۲/۷۹

جدول ۳. برخی خصوصیات فیزیکی خاک

عمق نمونه‌داری	درصد وزنی رطوبت		وزن مخصوص ظاهری B.D	وزن مخصوص حقیقی dp
	در فشار ۰/۳۳ اتمسفر	در فشار ۱۵ اتمسفر	gr / cm ³	gr / cm ³
۰ - ۱۵	۱۷/۴	۶/۳	۱/۲	۲/۶۲
۱۵ - ۳۰	۱۵/۴	۶/۵	۱/۱۹	۲/۶۵
۳۰ - ۴۵	۱۳/۳	۷/۲	۱/۲۶	۲/۵۹

a_i = رطوبت خاک برحسب وزنی قبل از آبیاری،
 D = عمق ریشه برحسب میلی‌متر و b = وزن مخصوص
 ظاهری خاک است. براساس منابع علمی مرز بین تنش
 آبی و آبیاری کامل در گیاه گوجه‌فرنگی که از آن به
 حداکثر تخلیه مجاز تعبیر می‌شود حدود ۵۰ درصد از کل
 آب قابل استفاده در خاک برای خاک لومی و بدون
 محدودیت شوری است (Alizadeh, 1992). از این‌رو
 هرگاه میزان رطوبت خاک در تیمارهایی که آبیاری
 کامل داشتند به ۵۰ درصد حجمی می‌رسید، آبیاری
 جهت افزایش رطوبت خاک تا حد ظرفیت زراعی (FC)
 انجام می‌شد. آبیاری در کرت‌های آزمایشی تنش
 براساس تیمارهای ذکر شده تا رسیدن به مرحله ظرفیت
 زراعی انجام شد. عملیات داشت در هر دو سال به‌صورت
 یکسان صورت گرفت. از قارچ‌کش مانکوزب در طول
 اجرای طرح استفاده شد و محصول حاصله در سال اول
 طی هفت مرحله (هفت‌چین) و در سال دوم طی شش
 مرحله در ماه‌های فروردین و اردیبهشت برداشت شد.
 محصول برداشت‌شده در هر مرحله از برداشت برحسب
 تن در هکتار اندازه‌گیری شد. در جدول ۴ جزئیات مربوط
 به میانگین تعداد دفعات آبیاری، میانگین درصد رطوبت
 پیش از آبیاری، آب مصرفی در سال‌های آزمایش و مقدار
 کل آب آبیاری مصرف‌شده در هر تیمار ارائه شده است.
 مقدار آب مصرفی نیز براساس نیاز آبیاری گیاه با در نظر
 گرفتن راندمان آبیاری و راندمان آبخوبی مزرعه به‌اضافه
 بارندگی مؤثر اندازه‌گیری شده است. با توجه به
 کوچک‌بودن اندازه کرت‌های آزمایش و همچنین استفاده
 از کنتور و لوله برای اندازه‌گیری و انتقال آب به‌منظور
 انجام آبیاری کرت، می‌توان راندمان آبیاری را نزدیک به
 ۱۰۰ درصد منظور کرد.

تیمارهای آزمایش شامل: ۱. آبیاری کامل در کل
 دوره رشد (I₁)؛ ۲. آبیاری کامل تا شروع زمان میوه‌دهی و
 اعمال تنش آبی تخلیه ۶۵ درصد از رطوبت قابل استفاده
 خاک (I₂)؛ ۳. آبیاری کامل تا شروع میوه‌دهی و اعمال
 تنش آبی تخلیه ۸۰ درصد از رطوبت قابل استفاده خاک
 (I₃)؛ ۴. اعمال تنش آبی تخلیه ۶۵ درصد از رطوبت قابل
 استفاده خاک تا شروع میوه‌دهی و سپس آبیاری کامل تا
 پایان دوره رشد (I₄)؛ ۵. اعمال تنش آبی تخلیه ۸۰ درصد
 از رطوبت قابل استفاده خاک تا شروع میوه‌دهی و سپس
 آبیاری کامل تا پایان دوره رشد (I₅). منظور از رطوبت
 قابل استفاده خاک در واقع تفاضل مقدار رطوبت در حالت
 ظرفیت مزرعه (FC) تا نقطه پژمردگی دائم (PWP)
 است. این طرح مجموعاً شامل ۱۵ کرت آزمایشی بود که
 کاشت گیاه گوجه‌فرنگی به‌صورت نشائی و جوی و
 پشته‌ای با مشخصات زیر در هر کرت انجام شد: عرض
 جوی ۳۰ سانتی‌متر، عرض پشته ۱۰۰ سانتی‌متر و
 فاصله بوته‌ای ۵۰ سانتی‌متر. از این‌رو مساحت هر کرت
 ۱۰/۵ مترمربع و مساحت کل طرح با احتساب حاشیه‌ها
 و فاصله بین کرت‌ها حدود ۸۵۰ مترمربع بود.

آبیاری تا مرحله رسیدن به ظرفیت زراعی براساس
 نمونه‌برداری در عمق متوسط ریشه گوجه‌فرنگی در
 منطقه (۳۰ سانتی‌متر) و محاسبه درصد رطوبت وزنی
 خاک با وزن مخصوص ظاهری این خاک معادل ۱/۲
 گرم بر سانتی‌متر مکعب با استفاده از کنتور و شیلنگ
 کنترل شد. فرمول عمومی محاسبه عمق آبیاری
 به‌صورت زیر است:

$$d = (Fc - a_i) * D * b / 100$$

که در آن d = عمق آب آبیاری برحسب
 میلی‌متر، Fc = ظرفیت زراعی مزرعه برحسب وزنی،

جدول ۴. میانگین تعداد دفعات آبیاری، درصد رطوبت پیش از آبیاری در مراحل زایشی و رویشی، آب مصرفی طی دو سال اجرای طرح
 و میانگین آب مصرفی تیمارهای مختلف در آن‌ها

I5	I4	I3	I2	I1	تیمار آبیاری
۳۳	۳۴	۲۸	۳۲	۴۳	میانگین تعداد دفعات آبیاری در کل دوره رشد
۹	۱۱	۱۴	۱۴	۱۴	میانگین رطوبت پیش از آبیاری در مرحله رویشی (درصد وزنی)
۱۴	۱۴	۹	۱۱	۱۴	میانگین رطوبت پیش از آبیاری در مرحله زایشی (درصد وزنی)
۶۱۰۹	۶۳۸۶	۶۳۷۶	۶۵۷۱	۷۱۴۳	میزان آب مصرفی در سال اول (مترمکعب در هکتار)
۵۹۵۳	۶۲۸۶	۶۲۸۶	۶۴۲۹	۷۰۴۷	میزان آب مصرفی در سال دوم (مترمکعب در هکتار)
۶۰۳۱	۶۳۳۶	۶۳۳۱	۶۵۰۰	۷۰۹۵	میانگین آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)

ویتامین ث یا اسیداسکوربیک به روش تیتراسیون با یدور پتاسیم ۰/۲ نرمال اندازه‌گیری و برحسب میلی‌گرم بیان شد. مواد جامد محلول یا T.S.S (بریکس) با قراردادن عصاره میوه گوجه‌فرنگی روی دستگاه رفراکتومتر اندازه‌گیری و به‌صورت درصد بیان شد. واکنش عصاره میوه یا pH نیز توسط دستگاه pH متر اندازه‌گیری شد.

این آزمایش در قالب طرح پایه‌بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال اجرا شد که داده‌های حاصل از طرح با استفاده از نرم افزار MSTATC تجزیه شد. مقایسه میانگین‌ها به وسیله روش دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب طرح برای دو سال در جدول ۵ آمده است. نتایج حاکی از معنادار بودن اثر تیمارهای آبیاری بر عملکرد محصول و کارایی مصرف آب (W.U.E.) در سطح یک‌درصد و بر مواد جامد محلول (TSS) و pH در سطح ۵درصد بود. تیمارهای آبیاری بر اسید غالب، ویتامین ث و وزن تک‌میوه اثر معناداری نشان نداد. معنادار نبودن اثر سال و اثر متقابل سال و فاکتور در مورد اکثر صفات مختلف اندازه‌گیری شده به‌جز اثر متقابل سال و اسید غالب (در سطح ۵درصد) گویای یکسان‌بودن روند تیمارها و صفات اندازه‌گیری شده در دو سال آزمایش بوده که معنادار شدن آن در مورد اسید غالب نیز احتمالاً به‌علت خطای آزمایش و یا مواد مصرف‌شده در آن بوده است.

علاوه بر عملکرد در واحد سطح، صفات وزن تک‌میوه و کارایی مصرف آب و همچنین فاکتورهای مربوط به تعیین کیفیت شامل اسید غالب (اسیدسیتریک)، ویتامین ث، مواد جامد محلول و pH نیز پس از عصاره‌گیری از میوه گوجه‌فرنگی اندازه‌گیری و ثبت شد. روش اندازه‌گیری خصوصیات فوق در ادامه آمده است.

کارایی مصرف آب (Water Use Efficiency) برای نشان‌دادن رابطه کمی میان رشد گیاه و مصرف آب به کار برده شده و به‌صورت «مقدار ماده گیاهی تولیدشده به ازای واحد آب مصرف‌شده» تعریف می‌شود. آگرونومیست‌ها W.U.E را نسبت ماده خشک تولیدشده به ازای واحد آب مصرف‌شده تعیین می‌کنند که اصطلاحاً به آن، کارایی مصرف آب واقعی گفته می‌شود (Koocheki & Sarmadnia, 1997).

در مواردی که محصول به‌صورت تازه‌خوری مصرف می‌شود می‌توان برای مقایسه تیمارهای مختلف از وزن تر آن‌ها بهره جست. منظور از مقدار آب مصرفی در اینجا، همان نیاز آب آبیاری برای گیاه در طول فصل رشد آن است. کارایی مصرف آب در این طرح برحسب کیلوگرم گوجه‌فرنگی تولیدی بر مترمکعب آب مصرفی محاسبه و گزارش شد. در میوه گوجه‌فرنگی اسید غالب، اسیدسیتریک است (Abbot, 1999). اندازه‌گیری اسید غالب با استفاده از روش تیتراسیون با سود ۰/۲ نرمال و معرف فنل‌فتالین صورت گرفته و با واحد mg/100cc بیان شد. به‌طورکلی، هر میوه مقادیر مختلفی اسیدهای گوناگون دارد که در این میان، مقدار یکی از اسیدها از بقیه بیشتر است و آن را به نام اسید غالب می‌شناسند.

جدول ۵. نتایج جدول تجزیه مرکب صفات عملکرد، مواد جامد محلول، pH، اسید غالب (اسیدسیتریک)، ویتامین ث، وزن تک‌میوه و کارایی مصرف آب

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد	مواد جامد محلول	pH	اسیدسیتریک	ویتامین ث	وزن تک‌میوه	W.U.E
سال	۱	۱۰۶۸/۳ ^{ns}	۰/۴۸۹ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۳۰/۱/۱ ^{ns}	۰/۸۲ ^{ns}	۴۹/۴ ^{ns}	۲۳/۴ ^{ns}
خطای سال	۴	۳۳۶/۱۳	۰/۳۵	۰/۰۰۴	۳۰/۲/۶	۲۱/۳۴	۱۹۲/۵	۴/۳۹
فاکتور	۲	۲۸۴/۳ ^{**}	۰/۳۵۵ [*]	۰/۰۱۳ [*]	۷۳۱/۳ ^{ns}	۴۰/۱ ^{ns}	۹۱/۱ ^{ns}	۸/۵ ^{**}
سال × فاکتور	۲	۹۹/۳ ^{ns}	۰/۱۰۸ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۳۱/۱ [*]	۰/۰۳ ^{ns}	۳۴/۴ ^{ns}	۲/۶ ^{ns}
خطا	۱۶	۳۷/۳	۰/۰۷۸	۰/۰۰۳	۲۸۰/۸/۳	۱۵/۴۷	۴۹/۶	۱/۳
CV		۷/۹۴	۵/۹۶	۱/۲۵	۱۴/۵۴	۸/۲۴	۱۳/۰۵	۹/۳۲

* * اختلاف معنادار در سطح یک‌درصد * اختلاف معنادار در سطح ۵درصد NS: وجودنداشتن اختلاف معنادار

معنادار بین تأثیر روش‌های مختلف انجام آبیاری بود. همان‌گونه که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود بیشترین و

عملکرد محصول در تیمارهای مختلف آبیاری در سطح یک‌درصد اختلاف داشتند که نشان‌دهنده اختلاف

بهتری خواهد داشت (Owen *et al.*, 1990). در این پژوهش مشخص شد که افزایش آب مصرفی در مرحله رشد و نمو گوجه‌فرنگی سبب کاهش TSS می‌شود (نمودار ۲) و در عوض خاصیت تازه‌خوری آن را افزایش می‌دهد از این‌رو با کنترل مقدار آب مصرفی می‌توان تا حد زیادی کیفیت و نحوه مصرف آن را مشخص کرد.

میزان اسیدیته فعال یا pH از دیگر شاخصه‌های مهم در کیفیت گوجه‌فرنگی است که هرچه پایین‌تر و نیز محیط آن اسیدی‌تر باشد، فسادپذیری آن کمتر خواهد بود و به‌خصوص موجب تولیدنشدن سموم ترش‌ساز باکتری‌های فاسدکننده می‌شود یا اینکه در صورت تولید بی‌اثر خواهد شد. در عوض با کاهش میزان اسیدیته میوه گوجه‌فرنگی تا حدود مشخصی سبب افزایش بازارپسندی و خاصیت تازه‌خوری آن می‌شود (Antherton & Rudich, 1986). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با کاهش آب مصرفی در هر یک از مراحل رشد رویشی و زایشی گیاه، حالت اسیدی میوه کمتر می‌شود (نمودار ۳).

ویتامین ث یا اسیداسکوربیک با خاصیت آنتی‌اکسیدانته موجود در آن از مهم‌ترین مشخصه‌های کیفی گوجه‌فرنگی به شمار می‌رود و افزایش آن درخورد توجه اکثر پژوهشگران است. تأمین ویتامین‌ها جزء نقش‌های اساسی سبزی‌ها در تغذیه انسان به شمار می‌رود و گوجه‌فرنگی یکی از منابع مهم این ویتامین به شمار می‌آید (Oksh *et al.*, 1980). از این‌رو بال بردن میزان ویتامین ث در میوه‌ها سبب افزایش کیفیت آن‌ها می‌شود (نمودار ۴). به‌رغم معنادارنشدن اختلاف بین تیمارها از نظر میزان ویتامین ث، مشاهده شد که تنش خشکی در مرحله زایشی سبب کاهش میزان ویتامین ث شده است در حالی که ایجاد تنش در مرحله رویشی و سپس آبیاری کامل در مرحله زایشی سبب تحریک گیاه جهت افزایش تولید ویتامین ث می‌شود که این امر حساسیت مرحله زایشی و توان دستکاری شیوه آبیاری در مرحله رویشی را بازگو می‌کند و در مجموع باید گفت که این موضوع نیازمند پژوهش و بررسی بیشتر است.

رابطه کمی رشد گیاه و مصرف آب در گیاه توسط معیاری به نام کارایی مصرف آب بررسی می‌شود که در واقع رابطه مستقیمی با افزایش بهره‌وری و سود

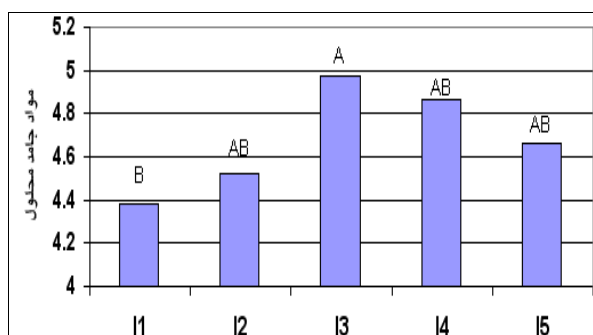
کمترین عملکرد در واحد سطح به ترتیب مربوط به تیمارهای ۴ (I₄) و ۳ (I₃) آبیاری برابر با ۸۵/۷ و ۶۹/۴ تن در هکتار بود. این امر نشان‌دهنده اهمیت بیشتر آب در مرحله زایشی گیاه گوجه‌فرنگی نسبت به مرحله رویشی است. به‌طور کلی، مرحله رویشی گیاه گوجه‌فرنگی از زمان انتقال نشای آن به زمین اصلی آغاز می‌شود و تا ظهور گل در ۵۰ درصد از گیاهان مزرعه (شروع مرحله زایشی) ادامه دارد. نتایج نشان داد که با اعمال تنش در مرحله رویشی و سپس افزایش آب مصرفی کافی در مرحله زایشی نه‌تنها کاهش عملکردی به همراه نداشته است، بلکه در مقایسه با گیاهانی که در تمام طول دوره رویشی از آب فراوانی برخوردار بودند و مرحله زایشی آن‌ها با تنش مواجه شده است و حتی گیاهانی که در تمام دوره رشد از آب اضافی برخوردار بودند افزایش عملکرد درخورد توجهی داشتند. نکته درخورد توجه، کاهش عملکرد بوته‌هایی است که حتی در تمام طول دوره رشد از آب اضافی برخوردار بوده‌اند. این دو مقایسه ما را به این نتیجه‌گیری سوق می‌دهد که ایجاد تنش کنترل‌شده در مرحله رویشی گیاه گوجه‌فرنگی سبب افزایش عملکرد در مرحله زایشی خواهد شد. این امر احتمالاً به علت افزایش رشد ریشه بر اثر تنش خشکی و در نتیجه استفاده از سطح بیشتری از پروفیل خاک توسط ریشه توسعه‌یافته است. با الگوگرفتن از این یافته می‌توان از آب اضافی موجود در مزرعه جهت کاشت و آبیاری سایر گیاهان زراعی مهم و هم‌فصل مانند اسفناج، کاهو و هویج که دوره رشد کوتاهی دارند استفاده بهینه کرد و آن‌ها را به‌طور هم‌زمان با مرحله رویشی گوجه‌فرنگی که به مقدار آب کمتری نیاز دارد، کشت و آبیاری کرد. این امر سبب افزایش سطح زیر کشت محصولات زراعی می‌شود.

مواد جامد محلول (TSS) از جمله موارد مؤثر در خواص کیفی گوجه‌فرنگی است که مقدار آن بسته به نوع ژنوتیپ و شرایط و مرحله رشدی گیاه متفاوت است. مقدار کل این مواد به منزله یک عامل تعیین‌کننده در اکثر میوه‌ها و سبزی‌ها به‌منظور تشخیص مناسب بودن موارد مصرف آن‌ها به‌صورت تازه‌خوری یا فرایندشده در نظر گرفته می‌شود. هرچه میزان TSS بیشتر باشد ارزش غذایی میوه برای صنایع تبدیلی بیشتر و فرایندپذیری

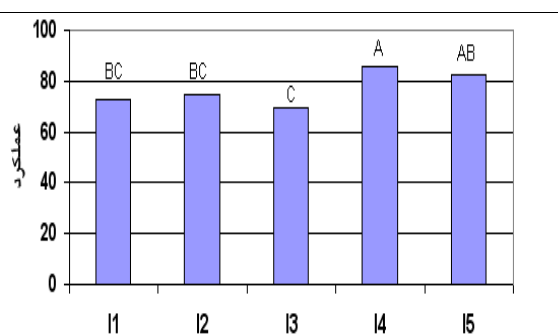
گوجه‌فرنگی اسیدمالیک است که در مرحله رسیدن میوه ساخت اسیدمالیک کاهش می‌یابد و اسیدسیتریک جایگزین آن می‌شود و حداکثر مقدار آن در شروع مرحله رسیدگی و تغییر رنگ میوه است که به تدریج با توسعه رسیدگی از مقدار آن کاسته می‌شود (Owen *et al.*, 1990). نتایج حاصل از این پژوهش اختلاف معناداری از لحاظ میزان اسید غالب بین تیمارهای آبیاری نشان نداد که ممکن است از خصوصیات رقم استفاده شده در پژوهش باشد و با تغییر رقم ممکن است این اختلافات معنادار باشد، از این رو تکرار این پژوهش در ارقام بیشتری توصیه می‌شود (نمودار ۶).

خصوصیات ظاهری میوه از جمله وزن تک‌میوه و تعداد آن‌ها از خواص فیزیولوژیک گوجه‌فرنگی است که در بسته‌بندی، حمل‌ونقل، کاهش ضایعات ترابری و بازارپسندی آن تأثیر بسزایی دارد و از طریق تقسیم وزن کل محصول تولیدی بر تعداد میوه یا متوسط وزن تک‌میوه تعداد زیادی میوه به دست می‌آید. نتایج حاصل از آزمایش اختلاف معناداری بین وزن تک‌میوه در تیمارهای مختلف آبیاری نشان نداد که دلیل آن را می‌توان کاهش در تعداد و تغییر نکردن وزن تک‌میوه دانست. با وجود تفاوت در عملکرد، وزن تک‌میوه تقریباً ثابت است که جزئی از خواص فیزیولوژیک گیاه محسوب می‌شود (Antherton & Rudich, 1986; Papadopoulos, 1987). در این میان بالاترین وزن تک‌میوه مربوط به تیمار I₄ و کمترین آن در تیمار I₁ به دست آمد (نمودار ۷).

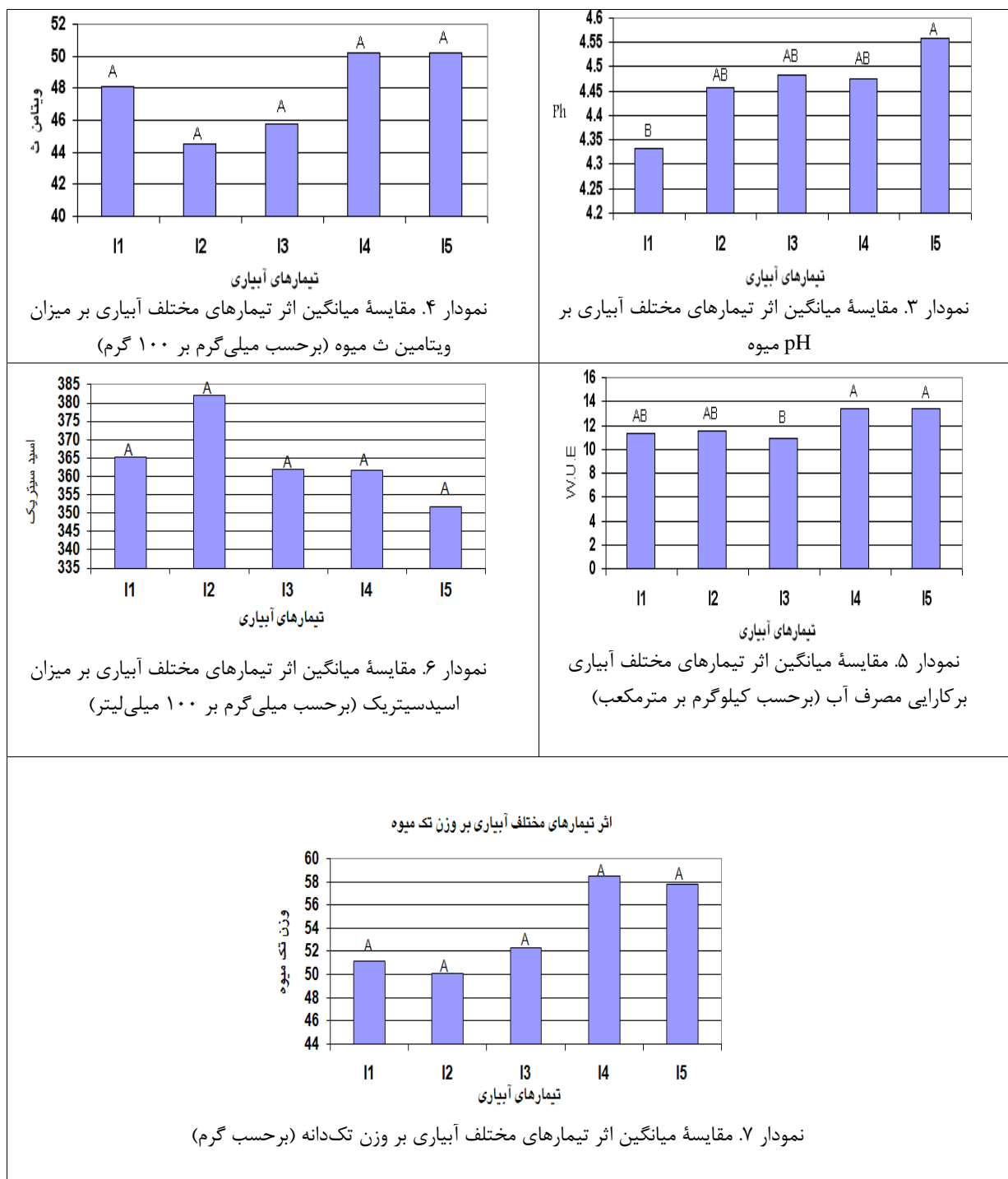
کشاوری دارد و بسته به نوع گیاه، ژنوتیپ و شرایط رشدی متفاوت است (Kuchaki & Sarmadnia, 1997). در مواردی که محصول به صورت تازه‌خوری مصرف می‌شود می‌توان برای مقایسه تیمارهای مختلف از وزن تر آن‌ها بهره جست. منظور از مقدار آب مصرفی در اینجا، همان نیاز آب آبیاری برای گیاه در طول فصل رشد آن است. نتایج این آزمایش حاکی از افزایش کارایی مصرف آب با افزایش عملکرد است که در این میان تیمارهای I₄ و I₅ بالاترین W.U.E به میزان ۱۳/۳۸ کیلوگرم گوجه‌فرنگی بر مترمکعب آب مصرفی را داشتند (نمودار ۵). پژوهشی که در همین راستا در کرج انجام گرفت نشان داد که به ازای مصرف ۸۲۱۵ مترمکعب آب آبیاری، ۱۱۶/۵ تن در هکتار گوجه‌فرنگی تولید می‌شود که بیانگر W.U.E به میزان ۱۶/۶ کیلوگرم بر مترمکعب است (Mohebbi *et al.*, 2001). در پژوهشی راندمان مصرف آب در کود آبیاری حدود ۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب عنوان شده است (Papadopoulos, 1987). از مهم‌ترین عوامل کم‌بودن W.U.E در استان بوشهر می‌توان سبک‌بودن زیاد خاک‌های این منطقه و توانایی نداشتن آن‌ها برای نگهداری آب و همچنین شوری آب و خاک که موجب کاهش کارایی جذب آب و مواد غذایی می‌شود عنوان کرد. اسیدسیتریک به‌منزله اسید غالب میوه گوجه‌فرنگی شناخته می‌شود. هم‌زمان با شکل‌گرفتن اعمال متابولیکی در بافت‌های گیاهی به‌خصوص میوه، تعداد زیادی از اسیدهای آلی تشکیل می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها در مراحل نمو میوه



نمودار ۲. مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر مواد جامد محلول (برحسب درصد)



نمودار ۱. مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر عملکرد محصول (برحسب تن در هکتار)



نتیجه گیری

گیاهی به منزله نماینده جامعه گیاهی منظور شده و تیمارهای آبیاری استفاده شده در این پژوهش با تعداد ارقام بیشتر و جدیدتری تکرار شود، تا تعمیم آن برای رسیدن به نتایج معتبرتر و با قابلیت کاربرد بیشتر که بتوان آن‌ها را به ارقام گوجه فرنگی تعمیم داد، ممکن شود.

در مجموع براساس صفات بررسی شده، تیمار شماره ۴ با مصرف ۶۳۳۶ مترمکعب آب در هکتار در سال، برتری خود را نسبت به سایر تیمارها در شرایط استان بوشهر نشان داد. البته نظر به تأثیر بالای نوع ژنوتیپ در نتیجه به دست آمده و لزوم اعتباربخشی به یک نتیجه علمی، توصیه می‌شود نتیجه به دست آمده از این مجموعه

REFERENCES

1. Abbot, J. A. (1999). Quality measurement of fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 15, 207-225.
2. Alizadeh, A. (1992). *The principles of irrigation systems design*. (In Farsi). Astane Ghods Razavi Press. pp. 539.
3. Antherton, J. G. & Rudich, J. (1986). *The tomato crop*. Chapman and hill. London. pp. 661.
4. Ashraf, M. & Harris, P. J. C. (2005). *Abiotic stresses: plant resistance through breeding and molecular approaches*. The Haworth Press, New York. pp. 277-300.
5. Bai, C. S. & Lu, G. (1991). Effects of water stress on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seedling. *Acta Horticulturae*, 18 (4), 340-344.
6. Bai, Y. & Lindhout, P. (2007). Domestication and breeding of tomatoes: what have we gained and what can we gain in the future? *Annals of Botany*, 100 (5), 1085-1094.
7. Baldovinos, G. (1953). *In growth and differentiation in plants*. Iowa State College Press. pp. 350.
8. Basiouny, F. M. & Maloney, M. (1994). Influence of water stress on abscisic acid and ethylene production in tomato in different PAR levels. *Journal of Horticultural Science*, 69(3), 535-541.
9. Boshkani, M. (2002). *The third progressive program of agricultural in Bushehr province (3rd ed)*. (In Farsi). Bushehr Jihad-e-Keshavarzi Press. p. 389.
10. Colla, G. A., Casa, R., Cascio, B., Leoni, C. & Bièche, B. j. (1999). Response of processing tomato to water regimes and fertilization in central Italy. *Acta Horticulturae*, 487, 531-535.
11. Doorenbos, J. & Pruitt, W. O. (1977). *FAO irrigation and drainage paper (24)*. FAO publications. p. 145.
12. Doorenbos, J., Kassam, A. H. & Bentvelsen, C. L. M. (1988). *Yield response to water. FAO irrigation and drainage paper (33)*. FAO publications. p. 212.
13. Koocheki, A. & Sarmadnia, Gh. (1997). *The physiology of agricultural crops*. Mashhad Jihade Daneshgahi Press. P. 400(In Farsi).
14. Leopold, A. C. (1990). *Coping with desiccation. In: Stress response in plants: adaptation and acclimation mechanisms*. Eds. Alscher, R. G. & Cumming, J. R., Wiley-Liss, New York. p. 37-56.
15. Leskovar, D. I. (1998). Root and shoot modification by irrigation. *Hort Technology*, 8 (4), 510 – 514.
16. Mohebbi, M.S. (2001). Determination of fertigation effect on water use efficiency of tomato in farms. *The 7th Iranian Soil Conference*. 106-107. (In Farsi).
17. Oksh, T. I., Leboudi, A. E. & Taha, E. M. (1980). Effect of certain hardening treatments on growth and yield of tomato. *Research Bulletin of Agricultural Faculty*. p. 15.
18. Owen, Herney, R. & Aung Louis, H. (1990). Genotypic and chemical influenced on fruit growth of tomato. *Hortiscience*, 25 (10), 1255-1275.
19. Papadopoulos, I. (1987). Nitrogen fertigation of greenhouse-grown tomato. *Communication in soil science and plant analysis*, 18, 397-907
20. Peaz, A., Hellmers, H. & Strins, B. R. (1984). Carbon dioxide enrichment and water stress interactions on growth of two tomato cultivars. *Journal of Agricultural Science.UK*. 102(3), 687-693.
21. Rahman, S. M. L., Nawata, E. & Sakuratani, T. (1998). Effect of water stress on physiological and morphological characters among tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars. *Thai Journal of Agricultural Science*, 31, 130-141.
22. Rahman, S. M. L., Nawata, E. & Sakuratani, T. (1998). Effect of water stress on yield and related morphological characters among tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars. *Thai Journal of Agricultural Science*, 31, 60-78.
23. Reynolds, M. P., Ortiz-Monasterio, J. I. & McNab, A. (2001). *Application of Physiology in Wheat Breeding*. Mexico, D. F., CIMMYT. p. 240.
24. Rudich, J., Rendon, E., Stevans, M. A. & Ambri, A. (1981). Use of leaf water potential to determine water stress in field grown tomato plants. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 106 (6), 732-736.