

ارزیابی تأثیر کم آبیاری بر عملکرد، صفات کیفی و بهره‌وری آب ارقام متفاوت گوجه‌فرنگی در دشت مغان

ابراهیم امیری^{۱*} و اباسلط رستمی اجیرلو^۲

۱. استاد گروه مهندسی آب، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان

۲. عضو باشگاه پژوهشگران دانشگاه آزاد اسلامی واحد پارس‌آباد

(تاریخ دریافت: ۱۱/۱۱/۱۳۹۵ - تاریخ بازنگری: ۲۹/۱۲/۱۳۹۵ - تاریخ تصویب: ۱/۷/۱۳۹۶)

چکیده

کم آبیاری و انتخاب رقم مناسب از راهکارهای مطلوب جهت مصرف بهینه آب به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک هستند. بر این اساس آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار در دو سال ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ بر روی گوجه‌فرنگی در دشت مغان در شرایط مزرعه‌ای اجرا شد. تیمارها شامل چهار سطح آبیاری IR1 (۱۰ درصد نیاز آبی)، IR2 (۸۰ درصد نیاز آبی)، IR3 (۷۰ درصد نیاز آبی) و IR4 (۵۰ درصد نیاز آبی) به‌عنوان عامل اصلی و ارقام تجاری گوجه‌فرنگی (Cu1: سوپریتا، Cu2: ۰۸ و Cu3: متین) به‌عنوان عامل فرعی بودند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کم آبیاری موجب کاهش عملکرد، اجزاء و بهره‌وری آب و افزایش صفات کیفی (مواد جامد محلول، ویتامین ث و pH میوه) در تمامی ارقام می‌شود. بر اساس نتایج تحقیق حاضر در شرایط مغان رقم ۰۸ از نظر عملکرد و رقم سوپریتا از نظر صفات کیفی برترین ارقام در شرایط آبیاری نرمال و کم آبیاری بودند.

واژه‌های کلیدی: بحران آب، عملکرد کمی و کیفی، مصرف بهینه آب

مقدمه

آب مهم‌ترین منبع مورد نیاز جامعه بشری است و موضوع چگونگی حفظ این منبع حیاتی و بهره‌برداری بهینه از آن به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، یکی از مهم‌ترین چالش‌های قرن حاضر است (Brevedan and Egli, 2003). از آنجایی که بخش اعظمی از اراضی ایران در نواحی خشک و نیمه‌خشک می‌باشد (Omidi, 2009)، تعیین راهکار مناسب زراعی در مقابل کمبود آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با نگاهی به بهره‌وری مصرف آب که در ایران حدود ۶۰۰ ولی در آمریکا متجاوز از ۲۰۰۰ گرم محصول به ازاء هر مترمکعب آب می‌باشد (Rezvani et al., 2005)، ملاحظه می‌گردد که راندمان مصرف آب با وضع نامطلوبی مواجه است. به عبارت دیگر از آب استفاده بهینه نمی‌شود؛ بنابراین لازم است با توسعه راهکارهای مناسب در مصرف آب صرفه‌جویی شود. انتخاب رقم مناسب و کم آبیاری با توجه به شرایط هر منطقه می‌تواند به عنوان یکی از بهترین راهکارها در مقابل کمبود آب و تنش خشکی مطرح باشد. انتخاب رقم مناسب به هنگام وجود تنش خشکی و کمبود آب در مراحل مختلف رشد گیاه بدون کاهش عملکرد از نقطه نظر صرفه‌جویی در آب آبیاری برای مناطق خشک و نیمه‌خشک مورد توجه

عده‌ای از محققان بوده است. علاوه بر این، کم آبیاری یک استراتژی مناسب برای تولید محصول تحت شرایط کمبود آب است که ممکن است همراه با کاهش محصول نیز باشد ولی در نهایت سود و یا عملکرد حاصله به ازای واحد آب مصرفی افزایش می‌یابد (Aminifar et al., 2013; Shao et al., 2015).

گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) یکی از منابع سرشار از مواد معدنی، ویتامین‌ها و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی (Dehgan et al., 2014) و یکی از محصولات جالیزی مهمی است که با نیاز بالای آبی (بیش از ۱۲ هزار مترمکعب در هر هکتار) در اکثر کشورهای دنیا بجز مناطق بسیار سرد کشت می‌گردد که همواره رسیدن به حداکثر تولید کمی و کیفی در واحد سطح در منطقه کشت و کار این محصول اقتصادی از جمله اهداف اصلی بوده است (Peter et al., 2002; Hannan et al., 2007; Xiukang and Yingying, 2016). تولید این محصول در بسیاری از مناطق کشت و کار آن بدلیل برخورد با شرایط نامطلوب محیطی از جمله دمای بالا، دمای پایین، خشکی، غرقاب و شوری خاک، کمتر از حد مطلوب می‌باشد که تنوع ژنوتیپی موجود می‌تواند متناسب با شرایط هر منطقه، جهت افزایش کمیت و کیفیت تولید در برنامه‌های بهنژادی (اصلاحی) و به-زراعی مورد استفاده قرار گیرد (Modarresy and Rastgu, 2012). از این‌رو مطالعه عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مرتبط با آن بمنظور دستیابی به ژنوتیپ‌های مطلوب گوجه‌فرنگی با

حداکثر عملکرد کمی و کیفی تحت شرایط مطلوب و نامطلوب (به ویژه در شرایط کم آبیاری) در هر منطقه از اهمیت ویژه‌ای در پیشرفت برنامه به‌نژادی برخوردار می‌باشد. در پژوهشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان به بررسی تأثیر کم آبیاری بر عملکرد کمی، خصوصیات کیفی و بازده مصرف آب دو رقم گوجه‌فرنگی پرداخته شد، تیمارهای آبیاری ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی اجرا گردید. نتایج بیانگر این بود که تیمار ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی به ترتیب کمترین و بیشترین عملکرد، مواد جامد محلول، اسیدیته، ویتامین ث و بهره‌وری آب را داشتند (Karimi et al., 2015). یافته‌های بسیاری از محققین نشان داده است که کم آبیاری باعث کاهش عملکرد، اجزای عملکرد و آب ذخیره شده در محصول گوجه‌فرنگی می‌گردد (Nodehi, 2013; Shahein et al., 2012; Zegbe-Domingue et al., 2003). Golkar et al. (2008) با اعمال هشت تیمار آبیاری نشان دادند که کیفیت میوه گوجه‌فرنگی و عملکرد آن با کاهش میزان آبیاری کاهش می‌یابد.

با توجه به بررسی در مطالعات انجام شده در ایران، بیشتر بر روی یک رقم گوجه‌فرنگی در شرایط مزرعه‌ای و یا چند رقم در شرایط گلخانه‌ای تحقیق شده است، در این مطالعه سه رقم تجاری در شرایط مزرعه‌ای بر روی رشد و بهره‌وری آب گوجه‌فرنگی مورد مطالعه قرار گرفته است. همچنین به دلیل مسئله کمبود آب و اینکه ارقام مختلف گوجه‌فرنگی عکس‌العمل‌های متفاوتی در مقابل کمبود آب را نشان می‌دهند؛ بنابراین انتخاب رقم مناسب در مقابل کمبود آب با بهره‌وری آب قابل قبول و عملکرد کمی و کیفی مناسب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین، هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی تأثیر کم آبیاری بر عملکرد کمی، کیفی و بهره‌وری آب سه رقم تجاری گوجه‌فرنگی در دشت مغان در شرایط مزرعه‌ای می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های ۹۴ و ۹۵ در مزرعه شخصی واقع در شهرستان پارس‌آباد از دشت مغان (یکی از قطب‌های مهم کشاورزی کشور واقع در استان اردبیل) جهت ارزیابی کارایی ارقام مختلف گوجه‌فرنگی در شرایط کم آبیاری انجام گرفت. محل اجرای آزمایش بین مدارهای ۳۹ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است. از نظر پهنه‌بندی اقلیمی، منطقه مورد مطالعه دارای اقلیم نیمه‌خشک است و میانگین بارش سالانه در این منطقه ۲۷۱ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه آن ۱۵ درجه سانتی‌گراد می‌-

باشد (Vatankhah, 2009). طرح آزمایشی مورد استفاده در این تحقیق طرح کرت‌های یک‌بار خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. تیمارهای آزمایشی عبارت از آبیاری در چهار سطح IR1 (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه گوجه‌فرنگی)، IR2 (۸۰ درصد نیاز آبی)، IR3 (۷۰ درصد نیاز آبی) و IR4 (۵۰ درصد نیاز آبی) به‌عنوان عامل اصلی و ارقام تجاری گوجه‌فرنگی شامل (Cul1: رقم سوپریتا، Cul2: رقم ۰۸ و Cul3: رقم متین) به‌عنوان فاکتور فرعی بودند. در این تحقیق هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف به طول پنج متر و فاصله ردیف‌ها از همدیگر ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۰-۱۵ سانتی‌متر بودند. برای جلوگیری از نشت آب بین کرت‌های اصلی دو متر فاصله گذاشته شد. در این آزمایش نشاءهای ارقام مختلف گوجه‌فرنگی (تهیه شده از کشاورزان محلی) به‌صورت دستی در فواصل مذکور در هر دو سال ۹۴ و ۹۵ در اواسط فروردین ماه کشت گردیدند. پیش از اجرای آزمایش، نمونه‌ای مرکب از خاک مزرعه تهیه و برای تعیین ویژگی‌های فیزیک و شیمیایی به آزمایشگاه ارسال شد و بر اساس نتایج آزمون خاک و با توجه به نیاز گیاه گوجه‌فرنگی، ۲۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار (به‌عنوان تنظیم کننده pH)، ۲۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل قبل از کشت به خاک اضافه شد. همچنین در طول فصل رشد ۴۰۰ کیلوگرم اوره در سه مرحله، محلول‌پاشی پتاسیم (نانو کود پتاسیم، ۲۷ K2O درصد، به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار) خریداری شده از شرکت صدور احرار شرق (تولید کننده نانو کودهای خضراء www.khazra.ir) و محلول‌پاشی کلسیم در هر دو سال زراعی انجام گردید. آبیاری به روش جوی و پشته‌ای اجرا و تمامی تیمارها تا اواسط اردیبهشت ماه در دو مرحله به‌طور یکسان آبیاری شدند و بعد از آن تیمارهای آبیاری اعمال شدند. در این تحقیق فاصله بین آبیاری‌ها متغیر بوده و بر اساس شاخص‌های گیاهی و تبخیر از تشتک، زمان آبیاری تعیین شد. به این منظور داده‌های روزانه تبخیر از تشت (ETp) واقع در مرکز تحقیقات مغان (تشتک تبخیر از نوع کلاس A و داده‌های تشتک به صورت روزانه در ساعت‌های ۱۲ و ۶ بعد از ظهر ثبت می‌شد) به دست آمد و طبق رابطه ۱ تبخیر و تعرق گیاه گوجه‌فرنگی (ETc) به صورت روزانه محاسبه شد:

$$ET_c = K_c \cdot K_p \cdot ET_p \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در این رابطه، ETc: تبخیر و تعرق گیاه، Kc: ضریب گیاهی، Kp و ETp: به ترتیب ضریب تشتک تبخیر و میزان تبخیر از تشتک می‌باشند.

ضریب گیاهی به کمک جدول‌های موجود در نشریه 24 فائو و داده‌های محلی به دست آمد. ضریب تشتک تبخیر نیز به

و تحلیل و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

الف) عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های عملکرد و اجزای عملکرد و بهره‌وری آب (جدول ۱) نشان داد که تأثیر تیمارهای کم آبیاری و ارقام تجاری گوجه‌فرنگی بر تعداد میوه در هر بوته، وزن متوسط میوه، قطر میوه، عملکرد میوه قابل‌فروش، بیوماس، شاخص برداشت، بهره‌وری آب مصرفی و بهره‌وری آب آبیاری معنی‌دار است. همچنین اثر متقابل تیمارهای کم آبیاری و ارقام گوجه‌فرنگی بر تمامی صفات مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای کم آبیاری × ارقام گوجه‌فرنگی (جدول ۲) با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۰/۰۵ نشان می‌دهد که بالاترین میزان تمامی صفات مورد بررسی در تیمار آبیاری نرمال (صد درصد نیاز آبی) در ارقام مورد بررسی به دست آمد. بطوریکه بالاترین تعداد میوه در هر بوته (۶۱/۶۶ عدد)، وزن متوسط میوه (۲۲۰ گرم)، قطر میوه (۵/۶ سانتی‌متر)، عملکرد میوه قابل‌فروش (۹۴/۴۶ تن)، بیوماس (۷۳/۶۸ تن) و شاخص برداشت (۹۴ درصد) در تیمار آبیاری نرمال در رقم تجاری ۰۸ به دست آمد که تفاوت معنی‌داری را با سایر تیمارها نشان می‌دهند. همچنین پایین‌ترین مقادیر وزن متوسط میوه، قطر میوه، عملکرد میوه و بیوماس در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی در رقم متین به دست آمد. علاوه بر این کمترین تعداد میوه در هر بوته (۱۰) که یکی از اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی می‌باشد در تیمار ۷۰ درصد نیاز آبی در رقم ۰۸ به دست آمد. گیاه گوجه‌فرنگی به دلیل نیاز آبی بالا به کم آبیاری حساس می‌باشد و در نتیجه با اعمال تنش، رشد رویشی و عملکرد آن کاهش می‌یابد (Hartz, 1999). با توجه به نتایج جدول (۲) کم آبیاری (آبیاری کمتر از حد نرمال) در مراحل مختلف رشدی در تمامی ارقام مورد بررسی به خصوص رقم متین بیشترین تأثیر را بر عملکرد دارد. به نظر می‌رسد که کم آبیاری به ویژه در مراحل رشد زایشی به دلیل ریزش گل‌ها، تأثیر سوء بر دانه‌های گرده گل‌ها و در پی آن عدم تلقیح مادگی موجب کاهش شدید تعداد میوه در هر بوته می‌شود که در رقم متین این مورد بیشتر مشهود است و از این طریق عملکرد میوه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. Ozbahce and Tari (2010) با بررسی تأثیر تیمارهای مختلف کم آبیاری (۱۰۰ درصد نیاز آبی، ۷۵ درصد نیاز آبی، ۵۰ درصد نیاز آبی و ۲۵ درصد نیاز آبی) بر

کمک نشریه مذکور محاسبه شد. زمانی که میزان تبخیر و تعرق تجمعی گیاه به میزان آبیاری انجام شده رسید، آبیاری مجدد صورت می‌گرفت. یک روز قبل از هر آبیاری، نمونه خاک مزرعه برداشت و به مدت ۴۸ ساعت در خشک‌کن در دمای ۷۵ قرار - گرفت و درصد رطوبت آن (θ_b) تعیین و همچنین به کمک نمونه‌برداری، متوسط عمق ریشه گیاه (Z) اندازه‌گیری و سپس با استفاده از رابطه ۲ عمق خالص آب آبیاری محاسبه گردید.

$$dn = (\theta_{FC} - \theta_b) \times \rho_b \times Z \quad (\text{رابطه ۲})$$

که در این رابطه dn : میزان خالص آب آبیاری بر حسب سانتی‌متر، θ_{FC} : درصد رطوبت وزنی خاک در نقطه ظرفیت زراعی، θ_b : درصد وزنی خاک در شروع آبیاری، ρ_b : وزن مخصوص ظاهری خاک مزرعه بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب و Z : عمق ریشه گیاه بر حسب سانتی‌متر است. حدود ۱۰ درصد آب آبیاری به عنوان تلفات عمقی اختصاص یافت و عمق ناخالص آبیاری برای هر کرت محاسبه گردید. میزان آب آبیاری برای تیمارهای ۸۰، ۷۰ و ۵۰ درصد نیز به ترتیب با اعمال ضرایب ۰/۸، ۰/۷ و ۰/۵ در عمق ناخالص آبیاری محاسبه شده به دست آمد. عمق خالص آبیاری برای تیمارهای ۱۰۰، ۸۰، ۷۰، ۵۰ درصد نیاز آبی گوجه‌فرنگی به ترتیب برابر با ۳۶۵، ۴۲۲، ۵۳۰ و ۲۵۰ میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

عملیات وجین و جین علف‌های هرز بعد از اولین آبیاری تا مرحله برداشت به صورت دستی انجام گردید. همچنین جهت مدیریت آفات و بیماری‌های قارچی از سموم مرتبط استفاده گردید. صفات مورد مطالعه شامل تعداد متوسط میوه در هر بوته، وزن متوسط هر میوه، قطر میوه، عملکرد میوه قابل‌فروش، بیوماس و شاخص برداشت به عنوان صفات زراعی و ویتامین ث، pH میوه و مواد جامد محلول به عنوان صفات کیفی بودند. در این تحقیق pH میوه با استفاده از دستگاه pH متر، مواد جامد محلول با فرآکتومتر دستی و ویتامین ث به روش تیتراسیون با ماده رنگی دو و شش-دی کلروفنل ایندوفنل اندازه‌گیری گردید (Karimi et al., 2015). همچنین بهره‌وری آب مبتنی بر آب مصرفی (رابطه ۳) و بهره‌وری آب مبتنی بر آبیاری (رابطه ۴) با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید:

$$WUE = \frac{Y}{ET} \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$IWUE = \frac{Y}{I} \quad (\text{رابطه ۴})$$

که در این روابط Y عملکرد گوجه‌فرنگی، ET میزان تبخیر و تعرق و I میزان آبیاری می‌باشد. در پایان داده‌های حاصل از دو سال زراعی توسط نرم‌افزار آماری SAS مورد تجزیه

عملکرد و صفات کیفی گوجه‌فرنگی در شرایط اقلیم ترکیه طی دو سال زراعی نشان دادند که گوجه‌فرنگی همانند سایر جالبیها به کم آبیاری حساس می‌باشد و آبیاری کمتر از ۷۵ درصد نیاز آبی موجب کاهش عملکرد و تمامی اجزای عملکرد می‌شود.

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف گوجه‌فرنگی تحت شرایط قطع آبیاری در دو سال زراعی

S.O.V	درجه آزادی	تعداد میوه در هر بوته	متوسط وزن میوه	قطر میوه	عملکرد قابل فروش	بیوماس	شاخص برداشت	بهره‌وری مبتنی بر آب مصرفی	بهره‌وری مبتنی بر آبیاری
سال (Y)	۱	۲۴/۳۴ns	۲۸۱/۰۴ns	۰/۱۴*	۲۸/۴۹ns	۳۰/۶۲ns	۶۸۰/۴۹**	۳۸/۵۱**	ns/۲۳
تکرار (سال)	۴	۱۶۷/۰۶**	۹۵۴/۲۲**	۰/۱۱**	۲۴/۲۳ns	۳۰/۹۹ns	۱۴/۶۸ns	۲/۶۷*	۰/۵۸**
تیمار آبیاری (A)	۳	۲۸۴۳/۸۶**	۳۶۶۷۹/۵۱**	۳۰/۲۵**	۴۵۰۰/۷۳**	۴۳۸۲/۹۹**	۷۴۴/۲۸**	۲۱/۳۴**	۱۲۳/۴۹**
سال × تیمار آبیاری	۳	۱۱/۰۵ns	۱/۹۷ns	۱/۲۶**	۱۴/۸۰ns	۴/۷۹ns	۶۳/۴۶*	۳۸/۹۰**	ns/۹۲
تیمار آبیاری × تکرار (سال)	۱۲	۳۰/۰۶ns	۶۳۵/۸۶**	۰/۱۱**	۸۴/۱۴**	۸۹/۳۱**	۳۱/۰۱*	۱/۸۱ns	۲/۴۹*
رقم (B)	۲	۱۳۱۳/۲۹**	۱۷۱۸۰/۹**	۲/۹۱**	۱۵۱۵/۱۳**	۱۶۷۱/۲۹**	۲۸۸/۶۷**	۶/۳۶**	۹/۳۳**
A × B	۶	۴۸/۹۷*	۱۱۱۵/۱۰**	۲/۰۴**	۶۹/۳۴**	۷۷/۳۰**	۷۸/۹۷**	۷/۲۰**	۰/۳۸**
سال × رقم	۲	۱۷/۳۴ns	۵/۷۴ns	۰/۰۴ns	۲۴/۵۷ns	۶/۷۹ns	۱۳/۹۱ns	۱/۴۲ns	۰/۱۴ns
سال × رقم × تیمار آبیاری	۶	۰/۹۹ns	۲۱/۶۴ns	۰/۰۶ns	۲/۲۰ns	۲/۱۹ns	۱۸/۵۹ns	۷/۸۲**	۰/۰۴ns
خطا	۳۲	۱۸/۲۹	۱۸۷	۰/۰۲	۱۲/۵۳	۱۴	۱۷	۰/۹۷	۰/۰۸
C.V (%)	-	۱۱/۳۹	۱۱/۲۹	۴/۴۹	۱۱/۲۸	۱۰/۱۵	۵/۱۱	۶/۴	۵/۷۸

ns، * و ** به ترتیب فاقد اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

کردند. همچنین Xiukang and Yingying (2016) با تحقیقی که بر روی گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه‌ای داشتند نتایج مشابهی را گزارش کردند.

ب) صفات کیفی

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های صفات کیفی گوجه‌فرنگی در جدول (۳) ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد، اثر کم آبیاری بر ویتامین ث، pH میوه و مواد جامد محلول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. همچنین تأثیر ارقام بر تمامی صفات کیفی مورد بررسی به غیر از pH میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. علاوه بر این اثر متقابل تیمار کم آبیاری × ارقام فقط بر pH میوه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار به دست آمد (جدول ۳).

شکل (۱) نتیجه مقایسه میانگین مقدار ویتامین ث تحت تأثیر ارقام گوجه‌فرنگی را نشان می‌دهد. با توجه به این نمودار بالاترین میزان آن در رقم سوپریتا (۵۵/۷۵) و پایین‌ترین آن در رقم متین (۴۷/۱۶) به دست آمد. Karimi et al. (2015) با بررسی ارقام متفاوت گوجه‌فرنگی نتایج مشابهی را گزارش کردند. با توجه به نتایج مقایسه میانگین مقدار ویتامین ث تحت تأثیر تیمارهای کم آبیاری (نمودار ۲)، اعمال کم آبیاری سبب افزایش مقدار ویتامین ث در میوه گوجه‌فرنگی شد. بطوریکه در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی بالاترین میزان ویتامین ث (۶۴/۱۱) به دست آمد. چنین استدلال می‌گردد که به دلیل تجمع پتاسیم

Patane and Cosentino (2010) با اعمال تنش کم آبیاری در طول فصل رشد گوجه‌فرنگی نشان دادند که کم آبیاری در تمامی مراحل رشدی گوجه‌فرنگی به ویژه در دوره رشد زایشی به دلیل تأثیر سوء بر تلقیح و باروری گل‌ها موجب کاهش شدید عملکرد میوه می‌گردد. نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های cetin et al. (2008); candido et al. (2000); Shao et al. (2015) نیز مطابقت نشان داد. نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که آبیاری، ارقام و اثرات متقابل آنها تأثیر معنی‌داری روی بهره‌وری مبتنی بر آب مصرفی و بهره‌وری مبتنی بر آب آبیاری دارد. همچنین مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای کم آبیاری و ارقام گوجه‌فرنگی نشان می‌دهد که تمامی ارقام در شرایط آبیاری نرمال بالاترین بهره‌وری مبتنی بر آب مصرفی و بهره‌وری مبتنی بر آب آبیاری را در مقایسه با سایر تیمارها داشتند و از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۲). بطوریکه کمترین بهره‌وری مبتنی بر آب مصرفی و آبیاری مربوط به رقم متین در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی بود. در شرایط آبیاری نرمال (تأمین صد در صد نیاز آبی) شرایط رطوبتی در منطقه ریشه مناسب‌تر بوده و با جذب آسانتر آب و عناصر غذایی توسط ریشه میزان آسیمیلاسیون بیشتر شده و در نتیجه رشد بهتر، مقدار بهره‌وری آب نسبت به شرایط تنش افزایش پیدا می‌کند. Karimi et al. (2015) با بررسی تیمارهای مختلف کم آبیاری بر روی دو رقم گوجه‌فرنگی نتایج مشابهی را گزارش

تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی از نظر مواد جامد محلول (۵/۸ درصد) عملکرد بهتری را نشان داده است. دلیل تجمع مواد جامد محلول در سلول در اثر کمبود آب آبیاری، غلبه بر کاهش پتانسیل اسمزی است که در نتیجه آب ذخیره شده در گوجه‌فرنگی کاهش و مقدار مواد جامد محلول و درصد قند افزایش می‌یابد. بیش‌ترین (۵/۸ درصد) و کم‌ترین (۳/۸۴ درصد) مقدار مواد جامد محلول به ترتیب مربوط به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی و ۱۰۰ درصد آب آبیاری می‌باشد. نتایج این تحقیق با یافته‌های (2015) Karimi *et al.* و (2012) Al-Omran *et al.* مطابقت دارد.

در نتیجه کمبود آب، مقدار ویتامین ث گوجه‌فرنگی افزایش پیدا می‌کند. نتایج این تحقیق با یافته‌های (2012) shahein *et al.* مطابقت نشان داد. نتایج مقایسه میانگین تیمار رقم گوجه‌فرنگی بر مواد جامد محلول (نمودار ۳) نشان می‌دهد که رقم سوپریتا نسبت به سایر ارقام دارای مواد جامد محلول بیشتری می‌باشد. گوجه‌فرنگی در شرایط کم‌آبیاری به نتایج مشابهی دست یافتند و وجود تفاوت معنی‌دار بین ارقام مختلف از نظر مواد جامد محلول را گزارش کردند. با توجه به نمودار (۴) که نشان دهنده نتایج مقایسه میانگین مواد جامد محلول میوه گوجه‌فرنگی تحت تأثیر تیمارهای مختلف کم آبیاری می‌باشد مشهود است که

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل ارقام گوجه‌فرنگی × قطع آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد

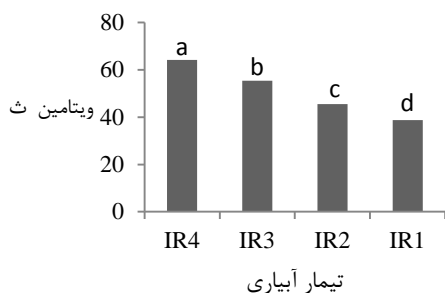
تیمار	تعداد میوه در هر بوته	متوسط وزن میوه (گرم)	قطر میوه (سانتی‌متر)	عملکرد قابل فروش (هکتار/تن)	بیوماس (هکتار/تن)	شاخص برداشت (درصد)	بهره‌وری آب مصرفی (کیلوگرم بر مترمکعب)	بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم بر مترمکعب)
IR1Cu1	^b ۵۵	^c ۱۵۵	^b ۵	^b ۵۰/۴۰	^b ۵۳/۴	^a ۹۴	^a ۹/۲۷ ^b	^a ۸ ^b
IR1Cu2	^a ۶۱/۶۶	^a ۲۲۰	^a ۵/۶	^a ۶۹/۴۶	^a ۷۳/۶۸	^a ۹۴	^a ۱۰/۱۴ ^a	^a ۹/۱۶ ^a
IR1Cu3	^b ۵۶	^b ۱۶۸	^c ۴/۶	^c ۴۱/۲۵	^c ۴۶	^b ۸۹	^a ۹/۰۷ ^b	^c ۷/۴ ^c
IR2Cu1	^c ۳۳	^c ۱۱۱	^c ۳/۴	^c ۲۹/۳	^c ۳۱	^{ab} ۹۳	^a ۶/۸۵ ^{cd}	^e ۵/۸۳ ^e
IR2Cu2	^d ۴۰	^d ۱۶۰	^d ۴	^d ۳۶	^d ۳۸	^a ۹۴	^c ۷/۳ ^c	^d ۶/۵ ^d
IR2Cu3	^c ۳۵	^f ۱۰۰	^c ۳/۳	^f ۲۲	^e ۲۹/۳	^f ۷۵	^e ۶/۴۳ ^{de}	^e ۵/۴۳ ^e
IR3Cu1	^g ۶	^g ۸۸	^c ۴/۲	^f ۲۰	^f ۲۵/۲۶	^d ۸۰	^f ۵ ^f	^g ۳/۴۱ ^{fg}
IR3Cu2	^f ۱۰	^g ۹۵	^d ۴/۵	^f ۲۰	^f ۲۵	^d ۸۰	^f ۵ ^f	^f ۳/۹۰ ^f
IR3Cu3	^g ۵	^g ۹۰	^d ۴	ⁱ ۱۴	^h ۱۶	^c ۸۷	^g ۴/۵ ^g	^g ۳/۱ ^g
IR4Cu1	^d ۴۴	^h ۶۴	^h ۲/۶	^h ۱۰	ⁱ ۱۴	^e ۷۱	^f ۴/۹ ^f	^j ۲/۱۶ ^j
IR4Cu2	^c ۵۰	^h ۷۷	^h ۲/۸	^h ۱۶	^g ۲۰	^d ۸۰	^h ۳/۹۷ ^h	^h ۲/۶۳ ^{hi}
IR4Cu3	^d ۴۰	^h ۷۰	^h ۲/۵۵	^h ۸	ⁱ ۱۰	^d ۸۰	^k ۳ ^k	^j ۲/۰۳ ^j
LSD%	۴/۲	۱۰	۰/۱۰	۶/۰۸	۴/۲	۵	۰/۴۵	۰/۵۵

اعدادی که در هر ستون حروف یکسانی دارند اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند. IR1 = ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، IR2 = ۸۰ درصد نیاز آبی، IR3 = ۷۰ درصد نیاز آبی، IR4 = ۵۰ درصد نیاز آبی. Cu1 = رقم سوپریتا، Cu2 = رقم ۰۸، Cu3 = رقم متین

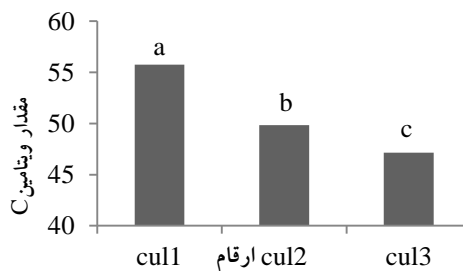
جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات مرفولوژیک ارقام گوجه‌فرنگی تحت شرایط قطع آبیاری در دو سال زراعی

مواد جامد محلول	pH میوه	ویتامین ث	درجه آزادی	S.O.V
۰/۱۸ns	۰/۰۷ns	۱۲/۵۰ns	۱	سال (y)
۰/۷۹**	۰/۰۹ns	۴۳**	۴	تکرار (سال)
۱۰/۸۴**	۷/۶۹**	۲۲۲۱/۲۹**	۳	تیمار آبیاری (A)
۰/۱۵*	۰/۲۵*	۴/۰۱ns	۳	سال × تیمار آبیاری
۰/۳۷**	۰/۱۳ns	۳۷/۳۵**	۱۲	تیمار آبیاری × تکرار (سال)
۳/۷۷**	۰/۲۰ns	۵۳۸/۷۹**	۲	رقم (B)
۰/۰۹ns	۰/۲۴*	۲/۶۴ns	۶	A × B
۰/۰۴ns	۰/۰۴ns	۳/۱۲ns	۲	سال × رقم
۰/۰۵ns	۰/۰۱ns	۲/۸۶ns	۶	سال × رقم × تیمار آبیاری
۰/۰۵	۰/۰۹	۷/۳۸	۳۲	خطا
۴/۹۷	۴/۶۶	۵/۲۹	-	C.V (%)

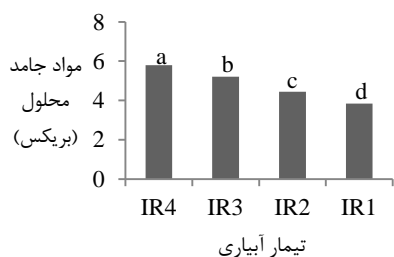
ns و * به ترتیب فاقد اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.



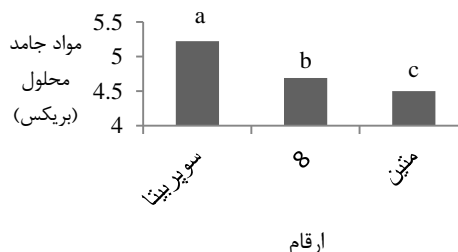
نمودار ۲. مقایسه میانگین مقدار ویتامین C (میلی گرم بر گرم وزن میوه) تحت تأثیر تیمارهای کم آبیاری. IR1=۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، IR2=۸۰ درصد نیاز آبی، IR3=۷۰ درصد نیاز آبی، IR4=۵۰ درصد نیاز آبی.



نمودار ۱. مقایسه میانگین مقدار ویتامین C (میلی گرم بر گرم وزن میوه) تحت تأثیر ارقام گوجه فرنگی. Cul1=رقم سوپرینتا، Cul2=رقم ۰۸، Cul3=رقم متین



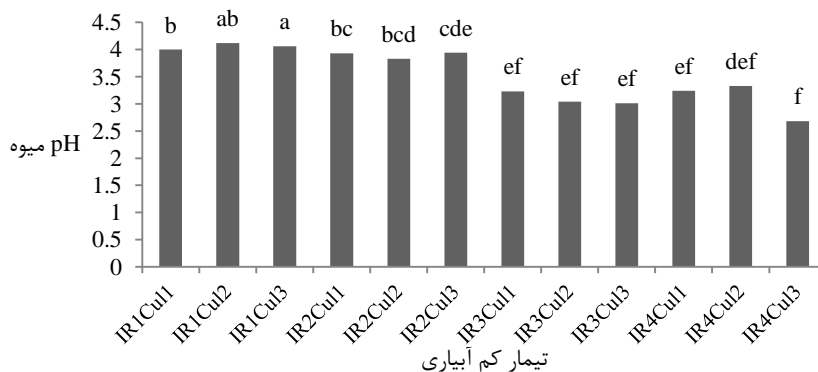
نمودار ۴. مقایسه میانگین مقدار مواد جامد محلول (بریکس) تحت تأثیر تیمارهای کم آبیاری. IR1=۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، IR2=۸۰ درصد نیاز آبی، IR3=۷۰ درصد نیاز آبی، IR4=۵۰ درصد نیاز آبی.



نمودار ۳. مقایسه میانگین مقدار مواد جامد محلول (بریکس) تحت تأثیر ارقام گوجه فرنگی

آن مطلوب می‌باشد؛ بنابراین در شرایط آبیاری نرمال و ۸۰ درصد نیاز آبی نسبت به سایر تیمارهای کم آبیاری، کیفیت میوه گوجه فرنگی بهتر بود. تعدادی از محققین در یافته‌های خود نتایج مشابهی را گزارش کردند (Malash et al., 2008; Karimi et al., 2015).

با توجه به نمودار (۵) که نشان دهنده نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل کم آبیاری × ارقام گوجه فرنگی بر میزان pH میوه هست مشاهده می‌شود که بالاترین میزان آن مربوط به تیمار IR1Cul3 و پایین‌ترین آن مربوط به تیمار IR4Cul3 است. در بررسی کیفیت میوه گوجه فرنگی از منظر pH، حدود ۴



نمودار ۵. مقایسه میانگین pH میوه تحت تأثیر اثر کم آبیاری × ارقام گوجه فرنگی.

اعدادی که در هر ستون حروف یکسانی دارند اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند. IR1=۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، IR2=۸۰ درصد نیاز آبی، IR3=۷۰ درصد نیاز آبی، IR4=۵۰ درصد نیاز آبی. Cul1=رقم سوپرینتا، Cul2=رقم ۰۸، Cul3=رقم متین

درصد نیاز آبی به دست آمدند. در مورد بهره‌وری آب آبیاری و آب مصرفی در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی، بالاترین مقدار در هر سه رقم به ویژه در رقم ۰۸ به دست آمد. از نظر صفات کیفی رقم سوپریتا برترین رقم در هر دو شرایط آبیاری نرمال و کم آبیاری در مقایسه با دو رقم دیگر بود. بنابراین به‌منظور افزایش کارایی استفاده بهتر از عوامل محیطی به ویژه رطوبت قابل استفاده کاشت، رقم مناسب بر اساس تیپ رشد بایستی انتخاب گردد. به‌طوری‌که در شرایط دشت مغان با توجه به نتایج دو سال تحقیق رقم ۰۸ مقاوم‌ترین رقم و رقم متین حساس‌ترین رقم به کم‌آبیاری بودند.

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان اظهار داشت که تنش کم آبیاری در هر سه رقم بر روی تمامی صفات زراعی و کیفی مورد بررسی، تأثیرگذار بود. بالاترین مقادیر عملکرد (۶۹/۴۶ تن در هکتار)، اجزای عملکرد (تعداد میوه در هر بوته (۶۱/۶۶)، وزن متوسط میوه (۲۲۰ گرم)، قطر میوه (۵/۶ سانتی‌متر)، عملکرد میوه قابل‌فروش (۶۹/۴۶ تن)، بیوماس (۷۳/۶۸ تن در هکتار) و شاخص برداشت (۹۴ درصد)، بهره‌وری آب مصرفی (۱۰/۱۴ کیلوگرم بر مترمکعب) و بهره‌وری آب آبیاری (۹/۱۶ کیلوگرم بر مترمکعب)، در شرایط آبیاری نرمال در رقم ۰۸ به‌دست آمدند. در حالیکه، پایین‌ترین مقادیر آنها در رقم متین در تیمار ۵۰

REFERENCES

- Al-Omran A., Al-Harbi M., Wahb-Allah A. R., Alwabel M. A., Nadeem M. and Eleter A. (2012). Management of Irrigation water salinity in greenhouse tomato production under calcareous sandy soil and drip Irrigation. *Journal of Agriculture Sciences Technology*. 14(4): 939 – 950.
- Amini far J., Mohsen Abadi Gh., Beigloii M.H. and Sami Zadeh H. (2013). Effect of Deficit Irrigation on Yield, Yield components and Water Productivity of Soybean T.215 Cultivar. *Journal of Water and Irrigation Engineer*. 3 (11): 24-34. (In Farsi).
- Brevedan, R. E. and Egli, D. B. (2003). Short periods of water stress during seed filling, leaf senescence and yield of soybean. *Crop Science*. 43(12): 2083-2088.
- Candido V., Miccolis V. and Perniola M. (2000). Effects of irrigation regime on yield and quality of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars. III International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops. *Acta Horticulturae*. 5(37): 779-788.
- Cetin O., Uygan D. and Boyacı H. (2008). Tomato irrigation scheduling improved by using percent canopy cover and crop developmental stage. *Australian Journal of Agricultural Research*. 59 (12), 1113-1120.
- Dehgan H., Alizadeh A., Esmaily K. and Nematy S.H. (2014). Growth of root, yield and yield components of tomato under water stress. *Journal of Water Research in Agriculture*. 29(2): 169-176. (In Farsi).
- Golkar F., Farahmand A.R. and Fardad H. (2008). Study the effect of amount irrigation on yield and WUE of tomato. *Journal of Water Engineer*. 1(4): 13-19. (In Farsi).
- Hannan M. M., Ahmed M. B., Razvy M. A., Karim R., Khatun M., Haydar A., Hossain M. and Roy U. K. (2007). Heterosis and Correlation of Yield and Yield Components in Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *American-Eurasian Journal of Scientific Research*. 2 (2): 146-150
- Hartz, T.K., 1999. *Water Management in Drip-irrigated Vegetable Production*. UC Davis, Vegetable Research and Information Center.
- Karimi B., Vafae Y., Abdil Ch. and Golzaril A. (2015). Effect of different deficit irrigation regimes using surface and subsurface system on Shaghayegh and Shahrzad tomato cultivars performance under greenhouse conditions. *Journal of Plant Physiology*. 5(16): 133-143. (In Farsi).
- Malash N.M., Flowers T. J. and Ragab R. (2008). Effect of irrigation methods, management and salinity of irrigation water on tomato yield, soil moisture and salinity distribution. *Irrigation Science*. 26(7): 313-323
- Modarresy, M. and Rastgu S. (2012). Reaction of yield and some morphological characteristics of different variety of tomato under heat stress. *Iranian Journal of Field Crop Sciences*. 44(1): 59-67. (In Farsi).
- Nodehi, D. (2013). The effect of deferent level of drought stress and Nitrogen on some characteristics of Strawberry under vase condition. *Management of Water and Irrigation*. 4(1): 59-72. (In Farsi).
- Omidi, A. H. (2009). Effect of drought stress at different growth stages on seed yield and some agro-physiological traits of three spring safflower cultivars. *Seed and Plant Production Journal*. 25-2(1):15-31 (In Farsi).
- Ozbahce, A. and Fuat Tari, A. (2010). Effects of different emitter space and water stress on yield and quality of processing tomato under semi-arid climate conditions. *Agricultural Water Management*. 97 (2010): 1405-1410.
- Patane, C. and Cosentino S.L. (2010). Effects of soil water deficit on yield and quality of processing tomato under a Mediterranean climate.

- Agricultural Water Management*. 97(4): 131-138.
- Peter M. H., Chen I. T. and George K. (2002). Gene action and heritability of high temperature fruit set in tomato. *Hort. Science*, 37(1): 172-175.
- Rezvani Moghaddam P., Norozpoor Gh., Nabati J. and Mohammad Abadi A. A. (2005). Effects of different irrigation intervals and plant density on morphological characteristics, grain and oil yields of sesame (*Sesamum indicum*). *Iranian Journal of Field Crops Research*. 3(1): 57-68 (In Farsi).
- Shahein M. M., Abuarab M. A. and Hassan, A. M. (2012). Effects of regulated deficit irrigation and phosphorus fertilizers on water use efficiency, yield and total soluble solids of tomato. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Sciences*. 12(4): 1295-1304.
- Shao G. C., Deng S., Liu N., Wang M. H. and She D. L. (2015). Fruit Quality and Yield of Tomato as Influenced by Rain Shelters and Deficit Irrigation. *Journal of Agriculture Science and Technology*. 17(4): 691-704.
- Vatankhah Sadat A. (2009). *Feasibility regions cultivation of citrus in Prsabad Moghan*. MSC thesis. Azad University, Ahar branch. 95p. (In Farsi).
- Xiukang W. and Yingying X. (2016). Evaluation of the effect of irrigation and fertilization by drip fertigation on tomato yield and water use efficiency in greenhouse. *International Journal of Agronomy*, 4(16): 1-10.
- Zegbe-Domingue J.A., Behboudian M.H., Lang A., Clothier B.E. (2003). Deficit irrigation and partial root zone drying maintain fruit dry mass and enhance fruit quality in 'Petopride' processing tomato. *Sciences Horticultural*. 98 (2003): 505-510.