نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، ص. ۱۸۷-۱۷۸

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 2, Summer 2013, p. 178-187

ارزیابی تأثیر کم آبیاری بر خصوصیات رشدی، عملکرد وکیفیت پس از برداشت دو رقم گوجه-فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) در شرایط آب و هوایی میاندوآب

بهروز اسماعیل پور[۱*] و منصور اکبری[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۸/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۳/۲۰

چکیده

کم آبیاری یکی از راهکارهای بهینه‌سازی مصرف آب در اراضی فاریاب است. این آزمایش به‌منظور بررسی اثرات کم‌آبیاری بر رشد، عملکرد و صفات کیفی دو رقم گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میاندوآب در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل دو رقم گوجه‌فرنگی *Early Urbana111* و *Rio grand* و چهار تیمار کم‌آبیاری ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A بود. نتایج نشان داد که تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر شاخص‌های ارتفاع بوته، تعداد میوه درجه یک، وزن میوه، طول میوه، عملکرد کل، مواد جامد محلول، کلروفیل، لیکوپن، بتاکاروتن و EC میوه گوجه فرنگی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. ارقام مورد آزمایش نیز برای شاخص‌های EC میوه، لیکوپن و رنگ در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری داشتند. بیشترین ارتفاع بوته (۹۳/۸ سانتی‌متر)، طول میوه (۷/۶۵ سانتی‌متر)، تعداد میوه بازارپسند (۱۶/۲۹)، میانگین وزن میوه (۱۷۴/گرم در بوته) و عملکرد کل (۸/۳ کیلوگرم) از تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک آبیاری و بیشترین مقدار بریکس (۵/۸۶)، عددکلروفیل متر (۰/۷۸) و لیکوپن (۱۷/۱۰درصد) در تیمار ۱۲۰میلی‌متر تبخیر از تشتک آبیاری بود. به‌طور کلی، نتایج این آزمایش بیانگر آن است که کم آبیاری باعث کاهش شاخص‌های رویشی و افزایش کیفیت پس از برداشت ارقام گوجه فرنگی مورد آزمایش شد.

واژه‌های کلیدی: بتاکاروتن، تشتک تبخیر، کلروفیل، لیکوپن

مقدمه

گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) گیاهی است از خانواده سیب‌زمینی‌سانان[۳] که درمناطق گرمسیری به صورت چندساله و در مناطق معتدله به‌عنوان گیاه یکساله پرورش می‌یابد. این گیاه بومی آمریکای جنوبی و مرکزی است. گوجه‌فرنگی یکی از سبزی‌های مهمی است که با داشتن انواع ویتامین‌ها، از جمله ویتامین ث، کاروتن، اسیدهای آلی، قند، املاح معدنی و لیکوپن نقش مهمی را در سلامت انسان ایفاء می‌کند. مناسب‌ترین دما برای رشد این گونه بین ۲۷ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد است و وقوع یخبندان به شدت به آن صدمه می‌زند. مناسب‌ترین pH برای رشد این گیاه بین ۵/۵ تا ۷ می-باشد (Peyvast, 2009).

تنش خشکی یکی از شدیدترین تهدیدهای غیرزیستی برای امنیت غذایی جهان محسوب می‌شود. ایران کشوری با اقلیم خشک و نیمه خشک با آب و هوای مدیترانه‌ای است. در چنین وضعیتی تولید محصول در طی ماه‌های تابستان متکی بر آبیاری می‌باشد. از سوی دیگر، تأمین آب، عامل محدودکننده تولید است (Sepaskhah & Khajehabdollahi, 2005). رشد و توسعه همراه با استفاده روز افزون از منابع آب شیرین، آسیب‌پذیری در شرایط تغییر اقلیم آینده را افزایش داده و محدودیت‌های تولیدات کشاورزی را تشدید خواهد کرد (Evans, 2009). تنش کمبود آب زمانی در گیاه ایجاد می‌شود که میزان آب دریافتی گیاه کمتر از تلفات آن باشد. این امر ممکن است به علت اتلاف بیش از حد آب یا کاهش جذب و یا وجود هر دو مورد باشد. کاهش پتانسیل اسمزی و پتانسیل کل آب، همراه با از بین رفتن آماس، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش رشد از علایم مخصوص تنش آب است. در صورتی که شدت تنش آب زیاد باشد، موجب کاهش شدید فتوسنتز و مختل شدن فرآیندهای فیزیولوژیک، توقف رشد و سرانجام خشک شدن و مرگ گیاه می‌شود (Farooq et al.,

۱ و ۲- به ترتیب استادیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی
(*- نویسنده مسئول: Email: behsmaiel@yahoo.com)

3- Solanaceae

2008). یکی از اثرات فیزیولوژیکی مهم خشکی برگوجه‌فرنگی، کاهش فتوسنتز می‌باشد. تنش آب باعث می‌شود که فتوسنتز به میزان ۴۰ تا ۵۰ درصد کاهش یابد. معمولاً پس از رفع تنش آب، راندمان فتوسنتز بهبود می‌یابد. خشکی طولانی که آبیاری یا بارش ناگهانی را به‌دنبال داشته باشد، اغلب ترکیدگی میوه‌ها را در پی خواهد داشت. مضافاً این که رطوبت نسبی در دراز مدت اغلب باعث چسبیدن گرده-ها به یکدیگر شده و بدین ترتیب، تأثیر منفی روی عمل لقاح داشته و نهایتاً کاهش عملکرد را به‌دنبال خواهد داشت (Wien et al., 1999)

به دلیل تشدید بحران آب و ازدیاد جمعیت، کم‌آبیاری از جمله راهکارهایی است که در سال‌های اخیر به‌منظور تولید محصول با درآمد و سود حداکثر تحت شرایط کمبود آب مورد توجه قرار گرفته است. به‌کارگیری این راهکارها به گیاهان زراعی اجازه می‌دهد تا مقداری تنش آبی را در طول فصل رشد تحمل کنند (Wang et al., 2001). کم‌آبیاری استراتژی بهینه برای به عمل آوردن محصولات تحت شرایط کمبود آب است که همراه با کاهش محصول می‌باشد و به نام‌های آبیاری بخشی و ناقص و آبیاری محدود نیز بیان می‌گردد. علاوه بر این، هدف اصلی از اجرای کم‌آبیاری افزایش راندمان کاربرد آب است (Kheyrabi et al., 1996).

نتایج بررسی تأثیر کم آبیاری بر خصوصیات کیفی ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) (ارقام ۶۴۷ و ۷۰۴) در تحقیقی سه ساله (۸۰-۱۳۷۸) با چهار تیمار شاهد، آبیاری کامل، ۸۰ و ۶۰ درصد آبیاری کامل در ایستگاه تحقیقات کبوترآباد اصفهان نشان داد که تیمار ۶۰ درصد آبیاری کامل بر سایر تیمارها برتری دارد و به‌عنوان یک روش مدیریتی کارآمد در آبیاری مزارع ذرت توصیه شد (Salemi & Mosharaf, 2006). کم آبیاری سبب کاهش شاخص برداشت دانه و افزایش راندمان مصرف آب در ارزن دم روباهی (*Setaria italica* (L.) P. Beauv) شد (Seghatoleslam et al., 2005). نتایج بررسی اثر کم آبیاری در مرحله زایشی در شش سطح (آبیاری کامل (شاهد)، کم آبیاری با عدم آبیاری در مراحل غنچه‌دهی، گلدهی، دانه بندی، غنچه‌بندی + دانه‌بندی و گلدهی+ دانه‌بندی) بر انتقال مجدد ماده خشک ارقام آفتاب گردان (*Helianthus annus* L.) نشان داد که میزان انتقال مجدد ماده خشک در ارقام آفتابگردان در شرایط کم آبیاری در مرحله دانه بندی، بیشتر از سایر مراحل بوده و در نتیجه میزان کاهش عملکرد نیز کمتر بود (Karimi-Kakhaki & Sepehri, 2010). با توجه به این‌که گوجه‌فرنگی یکی از سبزی‌های مهم میوه‌ای می‌باشد و بیشترین سطح تولید را در بین سبزیجات در دنیا دارد، لذا تعیین میزان آب مورد نیاز برای پرورش آن و صرفه‌جویی در میزان آب آبیاری در پرورش این محصول حایز اهمیت می‌باشد. بنابراین، تحقیق حاضر به‌منظور تأثیر کم آبیاری بر رشد و عملکرد دو رقم گوجه‌فرنگی رایج و مورد کشت توسط کشاورزان در شرایط آب و هوایی میاندوآب انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان میاندوآب در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ اجرا گردید. این ایستگاه در اقلیم سرد کشور در مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۹ دقیقه طول شرقی با ارتفاع ۱۳۷۱ متر از سطح دریا واقع شده است. بر اساس داده‌های هواشناسی متوسط بارندگی درازمدت این منطقه ۲۹۸ میلی‌متر است. این منطقه جزء مناطق نیمه‌خشک تا نیمه‌مرطوب بوده که حداکثر دمای سالانه آن ۳۸/۲۵ و حداقل آن۲۲- درجه سانتی‌گراد، مجموع بارندگی سالیانه ۳۵۰ میلی‌متر و تبخیر سالیانه آن۱۲۰۰ میلی‌متر است. تیمارهای آزمایشی شامل دو رقم گوجه‌فرنگی *Early Urbana111*، *Rio grand* و چهار تیمار آبیاری ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A بود. نشاء ارقام گوجه‌فرنگی زیر پوشش پلاستیکی در دهه اول فروردین تولید شدند. قطعه زمین مورد نظر دارای ۲۴ کرت آزمایشی با ابعاد ۵×۳/۶ متر شامل چهار ردیف کاشت بود که دو ردیف خارجی هر کرت به‌عنوان حاشیه محسوب شدند. عملیات کاشت بصورت جوی و پشته انجام گرفت. فواصل بین ردیف ۱۲۰ سانتی‌متر و فواصل بوته‌ها روی ردیف ۵۰ سانتی‌متر بود. کود-دهی بر اساس نتایج تجزیه آزمون خاک صورت گرفت و هنگام آماده‌سازی بستر کاشت، ۱۰ کیلوگرم کود اوره،۱۰کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل، ۱۵ کیلوگرم سولفات پتاسیم به زمین مورد نظر با مساحت ۱۰۰۰ متر مربع داده شد. پس از ایجاد جوی پشته در دهه سوم اردیبهشت نشاءهای آماده شده به زمین اصلی انتقال یافته و جهت تثبیت نشاءهای کاشته شده دو نوبت آبیاری بدون اعمال تیمارهای کم آبیاری صورت گرفت. فواصل آبیاری بر اساس میانگین تبخیر و تعرق هر روز (۱۰ میلی‌متر) برای تیمارهای آبیاری ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ میلی‌مترتبخیر از تشتک در نظر گرفته شد.

نیاز آبی گیاه در هر مرحله براساس تبخیر و تعرق بالقوه، دورآبیاری و ضریب گیاهی مربوطه تعیین شد که این ضریب برای گوجه‌فرنگی ۰/۹ در نظر گرفته شد (Zomorodi et al., 2006) برای تعیین ضریب گیاهی از روش پیشنهادی FAO استفاده شد (Zomorodi et al., 2006). در این روش دوره رشد گیاه به چند مرحله تقسیم شده و تبخیر و تعرق گیاهی در هر مرحله رشد محاسبه و فاصله بین آبیاری‌ها با توجه به بافت خاک و عمق نفوذ برای ۸۰ محصول در جداولی ارائه شده است که برای شرایط آب و هوایی منطقه‌ای است که دارای متوسط حداقل رطوبت نسبی ۴۵ درصد و سرعت باد دو متر در ثانیه می‌باشد که با فرمول‌های زیر می‌توان ضریب گیاهی در مراحل دیگر رشد را برای مناطق مختلف تعمیم داد (Zomorodi et al., 2006).

معادله (۱)

Kc mid=Kc mid (جـــدول) +[0.04(U2-2)-0.004(RH min-45)][h/3]^0.3

معادله (۲)

Kc end= Kc end (جـدول) + [0.04(U_2-2)-0.004(RH min-45)][h/3]^0.3

که در این معادلات، U_2: متوسط روزانه سرعت بـاد در ارتفـاع دو متری بر حسب متر در ثانیه، RH_{min}: متوسط روزانـه حـداقل رطوبـت نسبی (درصد) و H: متوسط ارتفاع گیاه می‌باشد.

جهت تعیین تبخیر و تعرق بـالقوه در منطقـه از رابطـه تبخیـر از تشتک تبخیر کلاس A وتعرق بالقوه حاصل از داده‌های لایسـیمتری موجود در ایستگاه تحقیقاتی استفاده شد. در نهایـت، نیـاز آبـی کامـل گیاه تعیین و بر اساس تیمارهای مختلف سـطوح آبیـاری، میـزان آب آبیاری بصورت حجمـی بـرای هرکـرت در هـر دور آبیـاری ۱/۹ متـر مکعب بود. راندمان آبیاری با توجه به شیوه آبیاری و سطوح کرت‌هـا، ۹۰ درصد انتخاب شد. در طول فصل زراعـی شـاخص‌هـایی از جملـه ارتفاع گیاه، تعداد انشعابات، قطر و طول میوه، نسـبت طـول بـه قطـر میوه، تعداد میوه بازارپسند (دارای قطر بیشتر از ۵/۵ سانتی‌متر (Ehret & Ho, 1986)، عدد کلروفیل متر (با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متـر) و EC اندازه‌گیری شدند. میـانگین وزن تـک میـوه بـا نمونـه‌بـرداری تصادفی ۱۰ میوه از بوته‌های در دو ردیف میانی هر کـرت و عملکـرد نیز با برداشت میوه از ۱۸ بوته از دو ردیف میانی در سه نوبت برداشت محاسبه گردید. میوه گوجه‌فرنگی در جعبـه‌هـای پلاسـتیکی کوچـک بسته‌بندی شده و به مدت ۲۰ روز در انبـار سـرد بـا دمـای ۱۰ تـا ۱۵ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد. جهت بررسی کیفیت هر هفت روز یک بار از جعبه‌های مورد آزمایش نمونه‌برداری گردیده و صفات زیر مـورد ارزیابی قرار گرفت. pH نمونه‌هـای همگـن شـده بـا اسـتفاده از pH متر691 Metrohm ساخت کشور سوئیس تعیین گردید.

مواد جامد محلول (بریکس) به روش رفراکتو متـری تعیـین شـد. چند قطره از آب نمونه همگن شده گوجه‌فرنگـی در دمـای ۲۰ درجـه سانتی‌گراد روی منشور رفراکتومتر قرار داده و غلظت آن قرائـت شـد. برای صفر کردن دستگاه از آب مقطر استفاده گردید (Zomorodi et al., 2006).

لیکوپن و بتاکاروتن با اسـتفاده از دسـتگاه اسـپکتروفتومتر و بـه روش اولیوزباربا و همکـاران (Olives Barba et al., 2006) انـدازه‌ـ گیری شدند. تجزیه و تحلیل داده‌هـا بـا نـرم‌افـزار آمـاری SAS 9.1 (Saber et al., 2013) صورت گرفت. همچنین مقایسه میانگین تأثیر تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پـنج درصد انجام شد و نمودارها با نرم‌افزار گرافیکی Excel رسم گردید

مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک و آب مزرعه

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش و آب مزرعـه به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. برآورد نیاز کودی نیز بر اساس نتایج آزمون خاک انجام شد. آب مورد نیاز آزمایش از آب رودخانه زرینه توسط الکتروموتور منتقل گردید.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک ایستگاه تحقیقات میاندوآب

Table 1- Some physical and chemical properties of soil in research station under Miandovab

کربن آلی (٪) OC (%)	رطوبت نقطه پژمردگی ($v.v^{-1}$) Wilting point humidity ($v.v^{-1}$)	رطوبت ظرفیت زراعی ($v.v^{-1}$) Field capacity Humidity ($v.v^{-1}$)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	بافت خاک Soil texture
0.56	11.2	26.7	0. 81	7.2	لوم رسی Loamy-clay

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی آب مورد استفاده در آبیاری در ایستگاه تحقیقات میاندوآب

Table 2- Some chemical properties of water in research station of Miandovab Region

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) (EC $dS.m^{-1}$)	کربنات (میلی اکی والان بر لیتر) CO_3^{2-} ($meq.l^{-1}$)	بیکربنات (میلی اکی والان بر لیتر) HCO^{3-} ($meq.l^{-1}$)	کلر (میلی اکی والان بر لیتر) Cl^- ($meq.l^{-1}$)	سولفات (میلی اکی والان بر لیتر) SO_4^{2-} ($meq.l^{-1}$)	منیزیم (میلی اکی والان بر لیتر) Mg^{2+} ($meq.l^{-1}$)	کلسیم (میلی اکی والان بر لیتر) Ca^{2+} ($meq.l^{-1}$)	سدیم (میلی اکی والان بر لیتر) Na^+ ($meq.l^{-1}$)
8.2	0.531	0.0	3.5	1.5	0.4	1.6	2.7	1.1

نتایج و بحث

صفات رویشی و عملکرد: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد (جدول ۳) که اثر ساده سطوح آبیاری بر شاخص‌های ارتفاع بوته، تعداد میوه درجه یک، وزن میوه، طول میوه و عملکرد کل گوجه‌فرنگی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین ارتفاع بوته (۹۳/۸ سانتی متر)، طول میوه (۷/۶۵ سانتی‌متر)، تعداد میوه بازارپسند (۱۶/۲۹) گوجه‌فرنگی، میانگین وزن میوه (۱۷۴/گرم در بوته) و عملکرد کل (۸/۳ کیلوگرم) مربوط به تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک آبیاری بود، که به غیر از وزن میوه با ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین مقدار این صفات در تیمار ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک آبیاری مشاهده شد که به جز ارتفاع بوته و تعداد میوه بازارپسند با سطوح ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک آبیاری تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴).

نتایج این آزمایش حاکی از آن است که تنش آبی تأثیر منفی بر ارتفاع بوته، تعداد میوه درجه یک، وزن میوه، طول میوه و عملکرد کل محصول داشته است. علت این امر را می‌توان بدین صورت بیان نمود که ریشه‌های گیاهان مواد غذایی و آب را از سطوح بالایی خاک در شرایطی که تنش آبی نباشد، جذب می‌کنند و ۲۵ سانتی‌متر اول ناحیه ریشه در پروفیل خاک ۴۰ درصد آب جذب شده را در اختیار گیاه قرار می‌دهد (Jureková et al., 2011).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات رویشی و عملکردگوجه‌فرنگی تحت شرایط کم آبیاری

Table 3- Analysis variance (means of squares) of some vegetative traits and yield of tomato under deficit irrigation condition

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	زیست‌توده خشک Dry weight	زیست‌توده تر Fresh weight	تعداد میوه بازارپسند Marketable fruit number	ارتفاع بوته Plant height	وزن میوه Fruit weight	طول میوه Fruit length	عملکرد کل Total yield
بلوک Replication	2	6.79*	0.12*	1.05ns	51.01ns	0.81**	0.07 ns	0.07 ns
رقم (C) Cultivar (C)	1	4.25*	0.003 ns	0.002ns	8.52 ns	17.73 ns	0.0004 ns	0.003 ns
کم آبیاری (DI) Deficit irrigation (DI)	3	0.42 ns	0.01 ns	34.61**	282.96**	0.95**	0.47**	1.84**
C × DI	3	0.37 ns	0.01 ns	0.94ns	12.97 ns	47.39 ns	0.03 ns	0.36 ns
اشتباه آزمایشی Error	14	1.25	0.03	1.53	23.03	126.04	0.04	0.25
ضریب تغییرات (٪) Cv (%)	-	7.02	0.17	8.5	5.4	7.19	2.8	6.54

ns، * و **: به ترتیب نمایانگر غیر معنی‌داربودن و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

ns, * and ** are non- significant and significant difference at 5 and 1 % probability levels, respectively.

جدول ٤- تأثیر کم آبیاری برصفات رویشی و عملکرد میوه گوجه‌فرنگی

Table 4- Effect of deficit irrigation on vegetative traits and yield of tomato

صفت Trait / تیمار Treatment		ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (Cm)	طول میوه (سانتی‌متر) Fruit length (Cm)	وزن میوه (گرم) Fruit weight (g)	تعداد میوه بازارپسند Marketable fruit number	عملکرد کل (کیلوگرم) Total yield (kg)
کم آبیاری (تبخیر از تشتک) Deficit irrigation (evaporation from pan)	60	93.8a*	7.66a	174a	16.3a	8.3a
	80	91.6a	7.58a	159.1b	16.1a	7.9ab
	100	88.3a	7.2b	146.6bc	14.5b	7.3bc
	120	78.2b	7.05b	144.1c	11.1c	7.1c

*- در هرستون حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

* Columns with the same letter(s) are not significant- difference at p≤0.05 probability level.

بنابراین، در این تحقیق استفاده بهتر از مواد غذایی و آب موجود در خاک به‌وسیله دو رقم گوجه‌فرنگی، باعث افزایش عملکرد در تیمار سطوح ۶۰ درصد تبخیر از تشتک آبیاری گردیده است. با افزایش سن گیاه، پتانسیل آب برگ گوجه‌فرنگی کاهش می‌یابد، دلیل این امر کاهش توانایی ریشه در جذب آب و افزایش مقاومت ساقه برای انتقال آب جذب شده به برگ‌ها می‌باشد. (Wang et al., 2001). نتایج حاصل از تأثیر تیمارهای کم آبیاری بر صفات رویشی و عملکرد میوه گوجه‌فرنگی در این پژوهش توسط نتایج سایر پژوهشگران به شرح زیر تأیید می‌شود. کم آبی طویل شدن ساقه گوجه‌فرنگی و همیشه بهار در مرحله رشد رویشی و همچنین تولید زیست‌توده ساقه را در هر دو گیاه در مرحله زایشی کاهش داد (Jureková et al., 2011) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. گیاهان گوجه‌فرنگی به تنش آبی حساس بوده و رشد رویشی و عملکرد کل آن در شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد (Miguel & Francisco, 2007). یک پژوهش به منظور بررسی تأثیر تیمارهای آبیاری به میزان ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی بر عملکرد و بازده مصرف آب گوجه‌فرنگی رقم ارلی اوربانا انجام گرفت. نتایج این آزمایش نشان داد که حداکثر عملکرد محصول و حداکثر بازده مصرف آب در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی (آبیاری کامل) به‌دست آمد و با کاهش مصرف آب به میزان ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی، عملکرد به ترتیب برابر با ۲۴، ۵۷ و ۷۴ درصد کاهش یافت (Golkar et al., 2007). پیل و لامبت (Pill, & Lambeth, 1980) اثر رژیم آب خاک را بر روی عملکرد محصول، پوسیدگی گلگاه و وجود عناصر گیاه گوجه‌فرنگی بررسی نمودند. کاهش پتانسیل آب خاک باعث کاهش تعداد میوه، متوسط و کل وزن میوه شد. در یک بررسی ارتفاع گیاه، قطر ساقه، وزن خشک و وزن تر، طول و قطر میوه گیاهان تحت تنش آبی نسبت گیاهان بدون تنش آبی کاهش یافته و هر چه مقدار آب جذب شده توسط گیاه کمتر بود، اثر تنش شدت بیشتری پیدا کرده و عملکرد نیز به شدت تحت تأثیر قرار گرفت (Kirnak et al., 2001). باغانی و بیات (Baghani & Bayat, 1999) تأثیر سه سطح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد آب آبیاری و دو روش آبیاری قطره‌ای و شیاری را بر کیفیت و عملکرد گوجه‌فرنگی بررسی نموده و نشان دادند با کاهش آب مصرفی عملکرد کل کاهش یافته و کاهش عملکرد در تیمارهای۵۰ و ۷۵ درصد نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد به ترتیب برابر ۳۱/۳ و۶۶/۲ درصد بود. ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که ریشه‌ها به شرایط رطوبتی خاک حساس‌اند و با فرستادن پیام‌هایی به اندام هوایی باعث ایجاد پاسخ‌های دفعی مثل بسته شدن روزنه‌ها و محدود کردن سرعت رشد و توسعه برگ و در نتیجه موجب کاهش هدر رفتن آب می‌شوند (Wang et al., 2001). در تحقیقی، بیشترین عملکرد و تعداد میوه در نتیجه سطوح آبیاری ۱۵۰ درصد به‌دست آمد (Metin Sezen et al., 2010). میشل و همکاران (Mitchel et al., 1991) نشان دادند که کم آبیاری عملکرد و آب ذخیره شده در محصول گوجه فرنگی را کاهش می‌دهد. ارزیابی سه سطح تا مین آب میزان ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد تأمین آب بر عملکرد گوجه‌فرنگی در شرایط آب و هوایی ورامین نشان داد که بیشترین عملکرد محصول مربوط به سطح تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بود. نتیجه حاصل از این پژوهش پیشنهاد کرد در صورتی‌که محدودیت منابع آبی در طول فصل رشد وجود داشته باشد با تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی برای حصول حداکثر کارایی مصرف آب استفاده گردد (Sadreghaen et al., 2010). بررسی تأثیر رژیم‌های آبیاری در دو سطح آبیاری کامل و کم آبیاری به صورت آبیاری کامل تا مرحله ۶ – ۸ برگی و پس از آن آبیاری در مراحل ۱۰ – ۱۲ برگی، آغاز گلدهی، آغاز دانه بندی و آغاز شیری شدن دانه در سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) ارقام کیمیا و سپیده نشان داد که روش کم آبیاری منجر به صرفه جویی ۴۱ درصدی آب آبیاری شد؛ در حالی‌که تنها ۱۷ درصد عملکرد دانه را کاهش داد. این مطلب کارایی بالای این روش کم آبیاری و سودمندی آن را برای کشاورزی ایران نشان می‌دهد (Ansari- Javini et al., 2012). در یک پژوهش تأثیر تیمارهای آبیاری شامل کم آبیاری (به ترتیب تأمین ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی) و تیمارهای آبیاری بخشی PRD75 و PRD50 (به ترتیب تأمین ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی) بر راندمان مصرف آب گیاه گوجه-فرنگی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین راندمان مصرف آب در تیمار PRD75 حاصل شد و بیشترین تعداد روزنه در سطح برگ در تیمار آبیاری کامل حاصل شد (Nourmahnad et al., 2010).

صفات کیفی: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد (جدول ۵) که تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر شاخص‌های کیفی شامل مواد جامد محلول، اسیدیته، EC، کلروفیل، بتاکاروتن و لیکوپن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار و برای صفات pH، ویتامین ث، سفتی میوه و رنگ میوه اختلاف معنی‌دار نبود. همچنین بین دو رقم استفاده شده در این پژوهش از نظر شاخص‌های EC، لیکوپن و رنگ میوه در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار داشتند و در بقیه صفات اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها بیشترین مقدار بریکس، قرائت کلروفیل‌متر و لیکوپن به ترتیب با ۵/۸۶، ۰/۷۸ و ۱۷/۱۰ مربوط به سطوح ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک آبیاری بود که با سطوح۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک آبیاری تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین مقدار این شاخص‌ها در سطوح ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک آبیاری مشاهده شدکه با سطوح ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک آبیاری تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۶).

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات رویشی و عملکرد گوجه‌فرنگی تحت شرایط کم آبیاری

Table 5- Analysis variance (means of squares) of some vegetative traits and yield of tomato under deficit irrigation condition

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	بریکس Brix	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC	کلروفیل Chlorophyll	بتا کاروتن Betacaroten	لیکوپن Lycopene	رنگ میوه Fruit color
بلوک Replication	2	0.17^{ns}	0.009**	0.09^{ns}	0.007^{ns}	0.03*	4.89^{ns}	0.001^{ns}
رقم (C) Cultivar (C)	1	0.23^{ns}	0.001^{ns}	0.76**	0.001^{ns}	0.006^{ns}	31.97**	0.01*
کم آبیاری (DI) Deficit irrigation (DI)	3	0.37*	0.001*	0.17*	0.01**	0.04**	5.30*	0.001^{ns}
رقم × تنش کم آبی C × DI	3	0.19^{ns}	0.002*	0.18*	0.005^{ns}	0.03*	1.86^{ns}	0.005^{ns}
اشتباه آزمایشی Error	14	0.08	0.0005	0.04	0.003	0.005	1.57	0.004
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	5.8	6.9	3.74	7.9	11.4	7.9	2.7

ns، * و**: به ترتیب نمایانگر غیر معنی‌داربودن و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

ns, * and **: are non- significant and significant difference at 5 and 1% probability levels, respectively.

بین ارقام استفاده شده در این پژوهش علاوه بر مقدار لیکوپن در سایر شاخص‌های کیفی از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ملاحظه نشد. نتایج حاصل از این پژوهش توسط یافته‌های سایر محققین به شرح زیر تأیید می‌شود. نتایج ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب و کاهش مقدار آب مصرفی گوجه‌فرنگی در آزمایشی باسه تیمار آبیاری کامل، یک در میان متغیر و یک در میان ثابت جویچه‌ها در شرایط آب و هوایی کرج نشان داد در شرایطی که زمین عامل محدودکننده تولید نباشد با کم آبیاری سطح زیر کشت را می‌توان به دو برابر افزایش داد و در نتیجه مقدار محصول با کم آبیاری را نسبت به آبیاری کامل بالا برد. در این راستا، آبیاری یک در میان ثابت نسبت به آبیاری یک در میان متغیر از نظر اقتصادی مقرون به صرفه‌تر خواهد بود، چون کارایی مصرف آب را می‌تواند تا ۱/۸ برابر بهبود بخشد (Molavi et al., 2011).

در رابطه با تأثیرتنش کم آبیاری بر بعضی مراحل فیزیولوژیکی رشد میوه مشخص شد که میزان رنگ، مواد جامد محلول، سرعت بلوغ و عدم تغییر در وزن خشک و تر میوه‌ها هم‌زمان با کاهش میزان مصرف آب افزایش یافت. چنین به‌نظر می‌رسد که افزایش مواد جامد محلول کاهش تعداد میوه و به تبع آن افزایش نسبت کربوهیدرات به میوه و کاهش رشد رویشی در شرایط کم آبیاری است (Zegbe et al., 2004). نتایج بررسی اثرهای چهار تیمارکم آبیاری ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز کامل آبیاری برکیفیت و عمر انبارداری گوجه‌فرنگی در در شرایط آب و هوایی آذربایجان غربی نشان داد که بیشترین و کم‌ترین کارآیی مصرف آب به ترتیب در تیمار ۵۰ و ۱۲۵ درصد آبیاری حاصل شد. نتایج این پژوهش نشان داد که کم آبیاری موجب افزایش مواد جامد انحلال‌پذیر، اسیدیته و ویتامین ث می‌شود. گزارش شده است که سطوح مختلف آبیاری در قابلیت نگهداری گوجه‌فرنگی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود؛ به طوری‌که آبیاری بیشتر موجب کاهش و کم آبیاری موجب افزایش عمر انبارداری میوه می‌شود (Zomorodi et al., 2006).

با توجه به جدول اثر متقابل تیمارها (جدول ۷) مشخص گردید که بیشترین مقدار بتا کاروتن (۰/۸۳) مربوط به تیمار ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک آبیاری در رقم Rio grand بود، کمترین مقدار (۰/۵۳) مربوط به تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک آبیاری در رقم Early Urbana111 مشاهده شد. بیشترین مقدار EC میوه (۶/۳۰ دسی زیمنس بر متر) مربوط به تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر در رقم Rio grand بود. کمترین مقدار این شاخص (۵/۴۵ دسی زیمنس بر متر) در تیمار ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک آبیاری در رقم Early Urbana111 مشاهده شد. چنین به‌نظر می‌رسد که با کاهش میزان آبیاری گیاه با افزایش تجمع مقدار مواد جامد محلول در داخل بافت‌ها سعی در بهبود جذب آب نموده است که این امر در نهایت، باعث افزایش مقدار مواد جامد شده است. یافته‌های خوشخوی و آذرخش (Khoshkhouy & Azarkhish, 1983) و باغانی و بیات (Baghani & Bayat, 1999) نتایج این پژوهش را تأیید می‌کند.

جدول ٦ - تأثیر کم آبیاری بر کلروفیل وصفات کیفی میوه گوجه‌فرنگی
Table 6- Effect of deficit irrigation on vegetative traits and yield of tomato

لیکوپن (٪) Lycopene (%)	قرائت کلروفیل‌متر Chlorophyll reading	بریکس (٪) Brix (%)	صفت Trait / تیمار Treatment	
15. b	0.65b	4.47 b*	60	کم آبیاری (تبخیر از تشتک) Deficit irrigation (evaporation from pan)
15.4b	0.7b	4.87 a	80	
16.5b	0.74b	4.88 a	100	
17.1a	0.78a	5.07a	120	

*در هرستون حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.
*Columns with the same letter(s) are not significant- difference at p≤0.05 probability level.

آنها گزارش نمودند که کم‌آبیاری به‌دلیل کاهش تجمع آب در میوه موجب افزایش مواد جامد محلول، لیکوپن می‌شود. نتایج یک آزمایش نشان دادکه درصد مواد جامد محلول میوه و لیکوپن نیز در تیمار خشک شدن موضعی ریشه نسبت به شاهد بیشتر بود، به طوری‌که در تیمار خشک شدن موضعی ریشه ۷/۴۴ و در تیمار شاهد ۵/۹۰ درصد بود (Jureková et al., 2011). در شرایط تنش آبی رشد رویشی کاهش یافته و فاکتورهای کیفی میوه از جمله رنگ میوه یا مواد جامد محلول در میوه معمولاً بهبود می‌یابد، بنابرین، ایجاد روش‌هایی در کنترل میزان تنش، به‌منظور متمرکز شدن بر عملکرد و مقدار قند میوه مهم است (Miguel & Francisco, 2007). همچنین مقدار لیکوپن، بتاکاروتن و مواد جامد محلول میوه گوجه‌فرنگی با افزایش آب قابل دسترس کاهش یافت که با یافته‌های میتین سزن و همکاران (Metin Sezen et al., 2010) و باغانی و بیات (Baghani Bayat, 1999 &) سازگار است که این محققین نیز افزایش مقدار لیکوپن، بتا کاروتن و مواد جامد محلول میوه و در نتیجه افزایش بازارپسندی میوه گوجه‌فرنگی را در شرایط تنش کم آبی گزارش نمودند. علاوه بر این، کم آبیاری باعث اصلاح و بهبود خاصیت انبارداری محصولات زراعی، کاهش آفات و بیماری‌ها) کاهش آبشویی مواد غذایی و عناصر کودی از منطقه ریشه و اصلاح تهویه خاک می‌گردد. آلوینو و آندریا (Alvino & Andria, 1988) ارتباط رسیدگی همزمان میوه‌ها و قابلیت نگهداری میوه گوجه‌فرنگی را با رژیم‌های گوناگون آبیاری (۴۰، ۷۰، ۱۰۰ و ۱۳۰ میلی‌متر مجموع تبخیر و تعرق بیشینه)، اعلام نمودند که مواد جامد محلول در تیمار نخست بیشترین مقدار، قابلیت نگهداری محصول در تیمار چهارم بیشترین و سومین تیمار، موجب تولید خوب و نسبتاً یکنواخت محصول شده است. نتایج آزمایشی در منطقه شاهرود نشان داد که آبیاری بر اساس ۸۰ درصد نیاز آبی گوجه‌فرنگی به همراه تأمین ۶۰ درصد کود مورد نیاز گیاه با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای بهترین گزینه برای محصول مورد نظر است (Mohammadi, 2005 & Mousavi Fazl). کاهش در میزان مصرف آب سبب کاهش امراض و آفات، به حداقل رسیدن آبشویی کودها از منطقه ریشه و بهتر شدن تهویه خاک می‌شود. همچنین سبب بهتر شدن کیفیت محصولات، از جمله افزایش درصد پروتئین و کیفیت بذور، افزایش طول الیاف در کتان (*Linum usitatissimum* L.)، افزایش درصد قند در گوجه‌فرنگی، چغندرقند (*Beta vulgaris* L.)، انگور (*Vitis vinifera* L.) و دیگر محصولات نیز می‌شود (Kheyrabi et al., 1996). هگدی و سرینیواس (Hegde & Srinivas, 1989) با مطالعه اثر آبیاری در چهار سطح پتانسیل ماتریک (۲۵-، ۴۵-، ۶۵- و ۸۵- کیلو پاسکال در عمق ۱۵ سانتی‌متر) روی میزان آب گیاه، عملکرد میوه و میزان آب مورد نیاز گیاه گوجه‌فرنگی در دو فصل زراعی گزارش نمودند که بیشترین عملکرد محصول بازارپسند در تیمار آبیاری ۶۵- کیلو پاسکال و بالاترین کارایی مصرف آب در تیمار آبیاری ۴۵- کیلو پاسکال به‌دست آمد. نتایج تحقیقات پین و درو (Payne and Drew, 1992) نیز نشان داد که با کاهش مصرف آب، کارایی مصرف آب افزایش می‌یابد. شرایعی و همکاران (Sharayei, et al., 2006) کاهش میزان آب آبیاری در گوجه‌فرنگی ابتدا کارایی مصرف آب را افزایش داد، ولی کاهش بیشتر آب، باعث کم شدن کارایی مصرف آب شده است. با کم شدن میزان آب مصرفی، تولید محصول نیز کاهش یافته است؛ اما به لحاظ این که این کاهش کمتر از کاهش مربوط به کمبود آب بوده، لذا کارایی مصرف آب زیادتر شده است. عملکرد گیاهان تحت تأثیر زمان اعمال کم آبیاری قرار می‌گیرد و موفقیت نسبی در کم آبیاری کاملاً بستگی به عدم برخورد مراحل حساس فنولوژیکی گیاه به تنش خشکی دارد. بنابراین، برای اجرای موفقیت آمیز روش کم آبیاری، شناخت مراحل حساس نمو امری ضروری است (Kirda, 2000).

جدول۷- اثر متقابل تأثیر تنش کم آبی و رقم بر اسیدیته و بتاکاروتن میوه گوجه‌فرنگی

Table 7- interaction of deficit irrigation and cultivar on acidity and beta-caroten content of tomato fruit

بتاکاروتن(%) Beta-caroten (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) Ec)dS.m^{-1})	کم آبیاری (میلی‌متر تبخیر از تشتک) Water deficit (mm evaporation from pan)	رقم Cultivar
0.53c	5.54bc*	60	
0.73ab	5.59ab	80	ارلی اوربانا ۱۱۱
0.70abc	5.45c	100	Early urbana 111
0.56bc	6.03a	120	
0.56bc	6.30a	60	
0.56bc	6.22a	80	ریوگراند
0.56bc	5.92ab	100	Riogrand
0.83a	5.95ab	120	

*در هرستون حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

*Columns with the same letter(s) are not significant- difference at p≤0.05 probability level

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که اعمال تنش آبی اگرچه موجب کاهش معنی‌دار در تولید محصول می‌گردد و از سوی دیگر، تأمین آب مورد نیاز گیاه منجر به تولید حداکثر محصول می‌شود، ولی آبیاری بیش از نیاز گیاه افزایش معنی‌دار تولید را به دنبال ندارد. لذا توصیه می‌شود، از هر گونه آبیاری مازاد بر نیاز آبی گیاه خودداری گردد. کم آبیاری تأثیر معنی‌دار در افزایش کیفیت محصول داشته و آبیاری مازاد بر نیاز آبی گیاه موجب کاهش کلیه پارامترهای کیفی میوه می‌گردد.

منابع

1- Alvino, A., and Andria, R.D. 1988. Fruit ripening of different tomato cultivars as influenced by Furrow and Drip Irrigation. Agricultural Engineering Research Institute (IAERI). Final Report.
2- Ansari-Javini, M., Chaichi, M., and Ehteshami, M.R. 2012. Effects of limited irrigation regime and phosphorus fertilizers on quantitative and qualitative parameters of two grain sorghum cultivars (Kimiya and Speedeh). Iranian Journal of Field Crops Research 43(3): 421-435. (In Persian with English Summary)
3- Baghani, J., and Bayat, H. 1999. Comparison of yield and quality of tomato in furrow and drip irrigation. Agricultural Engineering Research Institute (IAERI). Final Report, No: 131.
4- Ehret, D.L., and Ho, L.C. 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.
5- Evans, J.P. 2009. 21st century climate change in the Middle East. Climatic Change 92: 417–432.
6- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., and Basra, S. 2008. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development 1-28.
7- Golkar, F., Farahmand, A., and Fardad, H. 2008. Effect of deficit irrigation on yield and efficiency of tomato, Water Engineering Journal 1: 13-22. (In Persian with English Summary)
8- Haghighi, M., and Behboudian, H. 2011. Water relations of the tomato plant under partial rootzone drying (PRD). Journal of Crops Improvement 13: 1-8. (In Persian with English Summary)
9- Hegde, D.M., and Srinivas, K. 1989. Studies on irrigation and nitrogen requirement of tomato, Indian Journal of Agronomy 34(2): 157-162.
10- 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.
11- Karimi-Kakhaki, M., and Sepehri, A. 2010. Effect of deficit irrigation at reproductive growth stage on remobilization of dry matter in four sunflower (*Helianthus annus* L.) cultivars. Iranian Journal of Agronomical Science 12(4): 421-434. (In Persian with English Summary)
12- Kheyrabi, J., Tavakoli, A.R., Entesari, M.H., and Salamat, A.R. 1996. Deficit irrigation manual. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage, Tehran, Iran. (In Persian)
13- Khoshkhouy, M., and Azarkhish, H. 1983. Effect of irrigation period, fertilizer and sowing pattern on yield and quality of tomato. Proceeding of 1th Congress in Deficit Irrigation Science. Tehran, Iran. (In Persian)
14- Kirda, C. 2000. Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance.

Publishing and Multimedia service, Information Division, FAO, Rome, Italy.
15- Kirnak, K., Kaya, C., Tas, I., and Higgs, D. 2001. The influence of water deficit on vegetative growth, physiology, fruit and quality in eggplants. Bulgarian Journal of Plant Physiology 27(3–4): 34–46.
16- Metin Sezen, 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.
17- 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.
18- Mitchel, J.P., Shennan, C., Grarran, SR., and May, D.M. 1991. Tomato fruit yields and quality under deficit and salinity Journal of American Society of Horticultural Science 116-125.
19- Molavi, H., Mohammadi, M., and Liaghat, A.M. 2011. Effect of full irrigation and alternative furrow irrigation on yield, yield components and water use efficiency of tomato (Super Strain B). Journal of Soil and Water Science 3(21): 115-126. (In Persian with English Summary)
20- Mousavi Fazl, S.H., and Mohammadi, A.R. 2005. Effect of water stress at different stage of growth on yield and fruit quality of two tomato varieties. Journal of Agricultural Engineering Research 6(26): 27-40. (In Persian with English Summary)
21- Nesmith, D.S., and Ritchie, J.T. 1992. Maize (*Zea mays* L.) response to a severe soil water deficit during grain filling. Field Crops Research 29: 23-35.
22- Nourmahnad, N., Emamzadei, M., Ghorbani, B., and Mohamdkhani, A. 2010. Effects of deficit irrigation management on water use efficiency and some physiologic and phenologic properties of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resource (Water and Soil Science) 13(50):1-11. (In Persian with English summary)
23- Olives Barba, A.L., Hurtado, M., Sanchez Mata, M.C., Fernandez, F., Ruiz, M., and De Tejada, L. 2006. Application of a UV–vis detection-HPLC method for a rapid determination of lycopene and b-carotene in vegetables. Food Chemistry 95: 328–336.
24- Payne, W.A., and Drew, M.C. 1992. Soil phosphorous availability and pearl millet water use efficiency. Crop Science 32: 1010-1015.
25- Peyvast, G. 2009. Vegetable crop production (4th edition). Guilan University Publication, Iran p. 183-187. (In Persian)
26- Pill, W.G., and Lambeth, V.N .1980. Effects of soil water regime and nitrogen form on blossom-end- rot, yield, water relations, and elemental composition of tomato, Journal of American Society of Horticultural Science 105(5): 730-734.
27- Saber, Z., Pirdashti, H., Esmaeili, M. A., and Abasisan, A. 2013. The effect of plant growth promoting rhizobacteria, nitrogen and phosphorus on relative agronomic efficiency of fertilizers, growth parameters and yield of wheat *(Triticum aestivum* L.) cultivar N-80-19 in Sari. Journal of Agroecology 5(1): 39-49. (In Persian with English Summary)
28- Sadreghaen, H., Akbari, M., Afshar, H., and Nakhjavani moghaddam, M.M. 2010. Effect of three methods of micro - irrigation and irrigation levels on yield of tomato. Journal of Water and Soil 24(3): 574-582. (In Persian with English Summary)
29- Salemi, H.R., and Mosharaf, L. 2006. Effect of deficit irrigation on quality characteristics and yield of grain maize in Isfahan region, Journal of Agricultural Engineering Research 6(26): 27-40. (In Persian with English Summary)
30- Seghatoleslam, M.J., Kafi, M., Darvish, F., and Nour Mohammadi, G. 2005. Effect of deficit irrigation on yield and water use efficiency of three millets species. Journal of Agricultural Science 11(4): 122-131. (In Persian with English Summary)
31- Sepaskhah, A.R., and Khajehabdollahi, M. H. 2005. Alternative furrow irrigation with different irrigation intervals for maize (*Zea mays* L.), Plant Production Science 8: 592–600.
32- Sharayei, P., Sobhani, A.R., and Rahimi, M.H. 2006. Effect of different levels of irrigation water and potassium on water productivity and quality of tomato (peto early CH). Journal of Agricultural Engineering Research 7(27): 75-86. (In Persian with English Summary)
33- Umebese, C.E, Olatimilehin, T.O., and Ogunsusi, T.A. 2009. Salicylic acid protects Nitrate reductase activity, growth and proline in amaranth and tomato plants during water deficit. American Journal of Agriculture and Biological Science 4(3): 224-229.
34- Wang, H., Zhang, L., Dawes, W.R. and Liu, C. 2001. Improving water use efficiency of irrigated crops in North China plain- measurements and modeling. Agricultural Water Management 48: 151-167.
35- Wien, H.C. 1999. The Physiology of Vegetable Crops. CABI Publication 670 pp.

36- Zegbe, J.A., behboudian, M.H., and Clothier, B.E. 2004. Partial rootzone drying is a feasible option for irrigating processing tomatoes, Agricultural Water Management 68(3): 195-206.
37- Zomorodi, S., Noorjo, A., and Alami, A. 2006. Investigation the effect of deficit irrigation on quantity and quality and preserving potential of tomato. Journal of Agricultural Engineering Research 7(27): 19-28. (In Persian with English Summary)