بررسی اثر کم آبیاری درکمیت، کیفیت و قابلیت نگهداری گوجه‌فرنگی[۱]

شهین زمردی، امیر نورجو و عالیه امامی[۲]

تاریخ دریافت مقاله: ۸۳/۶/۱۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۵/۲/۱۶

چکیده

به منظور بررسی اثرهای کم آبیاری درکیفیت و عمر انبارداری گوجه‌فرنگی، طرحی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار آبیاری ۱۲۵، ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ درصد نیازکامل آبیاری و چهار تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کهریز مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی طی سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۷۹ (به مدت دو سال) اجرا شد. آب مورد نیاز گیاه با استفاده از تشتک تبخیر کلاس A محاسبه و با روش آبیاری سطحی در اختیار گیاه قرار گرفت. نتایج تجزیهٔ آماری نشان داد که سطوح مختلف آبیاری در سطح یک درصد بر عملکرد کل و عملکرد بازارپسند میوه معنی‌دار است. افزایش آبیاری مازاد بر نیاز، تأثیری معنی‌دار در افزایش تولید ندارد ولی اِعمال کم آبیاری موجب کاهش معنی‌دار عملکرد می‌شود. بیشترین کارایی مصرف آب در تیمار ۵۰ درصد و کمترین آن در تیمار ۱۲۵ درصد آبیاری حاصل شد. همچنین اثر سطوح مختلف آبیاری بر مقدار ویتامین ث، اسیدیته و مواد جامد انحلال‌پذیر در سطح یک درصد معنی‌دار بود ولی تاثیری معنی‌دار بر مقدار pH میوه نداشت. مقایسهٔ میانگین‌ها حاکی است که کم آبیاری موجب افزایش مواد جامد انحلال‌پذیر، اسیدیته، و ویتامین ث می‌شود. سطوح مختلف آبیاری در قابلیت نگهداری گوجه‌فرنگی در سطح ۵ درصد معنی‌دار است، به طوری که آبیاری بیشتر موجب کاهش و کم آبیاری موجب افزایش عمرانباری میوه می‌شود.

واژه‌های کلیدی

انبارداری، کارایی مصرف آب، کم آبیاری، کیفیت گوجه‌فرنگی، ویتامین ث

۱- برگرفته از طرح تحقیقاتی مصوب موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر به شماره ۷۹۱۶۰-۱۲-۲۰-۱۰۲

۲- به ترتیب اعضاء هیات علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان‌غربی، نشانی: ارومیه، ص. پ. ۳۶۵، تلفن: ۲۶۲۲۲۱۰-۰۴۴۱ و پیام نگار: szomord@yahoo.com، و کارشناس بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی

© 2010,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقدمه

کم آبیاری، یک استراتژی بهینه برای به عمل آوردن محصول در شرایط کمبود آب است. کم آبیاری با کاهش محصول همراه است که با نام‌های آبیاری بخشی، آبیاری ناقص، و آبیاری محدود نیز بیان می‌شود. هدف اصلی از اجرای کم آبیاری، افزایش راندمان کاربرد آب است. کاهش در میزان مصرف آب سبب کاهش بیماری‌ها و آفات، به حداقل رسیدن آبشویی کود از منطقهٔ ریشه، بهتر شدن تهویهٔ خاک، و بهبود کیفیت محصولات می‌شود. کم آبیاری از اوایل قرن نوزدهم به عنوان یک تکنیک به صورت تنش رطوبتی نمود پیدا کرد و هدف از آن بهبود کیفیت برخی از محصولات است.

خوشخوی و آذرخیش (Khoshkhouy & Azarkhish, 1983) اثر دور آبیاری را بر عملکرد و کیفیت میوهٔ گوجه‌فرنگی بررسی و گزارش کردند که با دریافت آب کمتر، مواد جامد انحلال‌پذیر گوجه‌فرنگی افزایش می‌یابد. باغانی و بیات (Baghani & Bayat, 2000) تأثیر سه سطح ۵۰، ۷۵، و ۱۰۰ درصد آب آبیاری و دو روش آبیاری قطره‌ای و شیاری را بر کیفیت و عملکرد گوجه‌فرنگی بررسی کردند و نشان دادند که با کاهش آب مصرفی عملکرد کل کاهش می‌یابد و اثر سطوح آب آبیاری بر مقدار مواد جامد انحلال‌پذیر معنی‌دار است ولی بر مقدار pH معنی‌دار نیست. انگلیش (English, 1990) طی پژوهشی دو روش آبیاری کامل و کم آبیاری را با هم مقایسه کرد و نشان داد که کم آبیاری با کاهش مصرف آب، انرژی، و سایر نهاده‌های کشاورزی موجب افزایش سطح زیر کشت و اضافه درآمدی معادل ۴۲ درصد می‌شود. آنها از کم آبیاری به عنوان یک استراتژی جهت افزایش راندمان اقتصادی یاد کرده‌اند.

روبینو و تارانتینو (Rubino & Tarantino, 1988) با اعمال هشت تیمار آبیاری (۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰، ۱۴۰، و ۱۶۰ درصد تبخیر و تعرق) نشان دادند که مادهٔ خشک گوجه‌فرنگی با افزایش میزان آبیاری کاهش می‌یابد و نیز مجموع مواد جامد انحلال-پذیر به طور متوسط در تیمارهای کم آبیاری بیشتر است ولی میزان اسیدیته نسبت به آبیاری تغییری ندارد. فوکوموتو و همکاران (Fukumoto *et al.*, 1992) طی آزمایشی اعلام کردند که تنش آبی موجب کاهش چروکیدگی و فساد گوجه‌فرنگی می‌شود. اسماجسترلا و لوکاسکیو (Smajstrla & Locascio, 1994) با اعمال کم آبیاری روی گوجه‌فرنگی به میزان ۱۵، ۳۰، و ۴۰ درصد نسبت به آبیاری کامل اعلام کردند که در صورت کاهش آب آبیاری به میزان ۴۰ درصد، اندازهٔ میوه ۳۱ درصد و میزان محصول قابل عرضه ۱۳ درصد کاهش می‌یابد. پیت و ویلیتز (Peet & Willits, 1995) اعلام کردند که آبیاری بیش از نیاز گوجه‌فرنگی موجب افزایش چروکیدگی میوه می‌شود. هارگریز و سامانی (Hargreares & Samani, 1984) در یک بررسی اقتصادی اثرات کم آبیاری را بر محصولات مختلف در کالیفرنیا ارزیابی و اعلام کردند که آب و کود از عوامل مهم در به دست آوردن عملکرد بالا در هر نوع محصول است. در شرایطی که آب ارزان باشد، آبیاری کامل برای به دست آوردن حداکثر عملکرد مفید است ولی در شرایطی که حاصلخیزی بالاست

و از ارقام پـر محـصول اسـتفاده شـود، اعمـال کـم آبیـاری احتمـال بـه دسـت آوردن حـداکثر سـود خـالص را کـاهش مـی‌دهـد. آلـوز و همکـاران (Alves *et al*., 1982) آبیاری قطره‌ای را روی ۳ رقم گوجه‌فرنگی با مقادیر ۰/٤، ۰/٦، ۰/۸، ۰/۹، ۱، و ۱/۲ برابـر تبخیـرآب از تـشتک اعمـال کردنـد و نتیجـه گرفتند کـه حـداکثر عملکـرد (۵۸/۹ –٤۹/٦ تـن در هکتـار) در هـر ۳ رقـم از تیمـار آبیـاری ۰/۹ (۹۰ درصد) حاصل می‌شود. ایـن محققـان ضـریب گیاهی گوجه‌فرنگی را ۰/۹ توصیه کردند. آلوینـو و آندریا (Alvino & Andria, 1988) با انتخاب چهار سطح آبیاری ٤۰، ۷۰، ۱۰۰، و ۱۳۰ میلی‌متر مجمـوع تبخیر و تعرق ماکزیمم، اعلام کردند که مـواد جامـد انحـلال‌پـذیر در تیمـار اول بیـشترین و قابلیـت نگهداری محصول در تیمار چهـارم بیـشترین اسـت ولی سومـین تیمـار موجـب تولیـد خـوب و نـسبتاً یکنواخت محصول می‌شود. به طور کلی تیمار یـک و دو موجب کاهش کیفیـت پـس از برداشـت شـده است در حالی کـه در تیمـار سـه و چهـار تغییـرات محسوسی مشاهده نشد.

بر اسـاس آمـار سـازمان خواربـار و کـشاورزی جهان در سال ۲۰۰٤ سطح زیر کشت گوجـه‌فرنگـی در جهان در حدود ٤/٤ میلیون هکتار، میـزان تولیـد ۱۲۰/٤ میلیون تن و عملکرد متوسط آن ۲۷/۲ تن در هکتار گزارش شده است. چین با تولید بـیش از ۳۰ میلیون تن گوجه‌فرنگی در سـال اولـین و ایـران بـا تولید بیش از ٤ میلیون تن نهمین کشور تولید کننـدهٔ گوجـه‌فرنگـی در دنیـا (Anon, 2004) اسـت. در استان آذربایجـان غربـی در سـال ۱۳۸۱، سـطح زیـر کشت گوجه‌فرنگی ۳٤۳۱ هکتار، میزان تولیـد ۹٤/۳ هزار تن، و عملکرد متوسط آن ۲۷/۵ تـن در هکتـار گزارش شده است (Anon, 2002). بـا توجـه به وجـود کارخانـه‌هـای متعـدد تولیـد رب و سـایر فراورده‌های گوجه‌فرنگی در این استان و اهمیت آن از نظـر صـنعتی و اشـتغال‌زایـی در منطقـه، تولیـد گوجه‌فرنگـی از اهمیـت خاصـی برخـوردار اسـت. هدف از این پـژوهش بهینـه‌سـازی مـصرف آب در مزارع گوجه‌فرنگی و درعین حال بهبود خصوصیات کیفی میوه است.

مواد و روش‌ها

- تجهیزات

رفراکتومتر دستی Garl Zeiss Jena

pH متر مدل Metrohm 691

ترازوی حساس با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم Sartorious

مخلوط کن برقی ناسیونال

دستگاه فیلم فتومتر مدل Jenway

دستگاه کنداکتیومتر مدل Wtw

دستگاه محفظه فشار (peressure membrane) مـدل Santa-barbara

- روش‌ها

این آزمـایش از سـال ۱۳۷۹ بـه مـدت دو سـال زراعی در ایستگاه تحقیقـات کـشاورزی کهریـز در ٤۰ کیلومتری شـمال ارومیـه (عـرض جغرافیـایی۳۷ درجه و ۵۳ دقیقه و طول جغرافیایی ٤٤ درجـه و۷۰ دقیقـه) اجـرا شـد. حـداکثر دمـای منطقـه ۳۸/٤ و حداقل آن ۲۳- درجه سانتی‌گراد، متوسـط بارنـدگی سالیانه ۳۵۰ میلی‌متر و تبخیر سالیانه در منطقه ۱۲۰۰ میلی‌متر است (متوسط۵ ساله۸۰-۷٦). ارتفاع محـل

از سطح دریا ۱۳۲۵ متر و بافت خاک لومی از رده انتیسول[1] تحت گروه تیپیک زیرو[2] است. مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک در جدول شماره ۱ آمده است. قطعه زمین مورد نظر دارای ۱۶ کرت آزمایشی با ابعاد ۵×۳/۶ متر شامل چهار ردیف کاشت به صورت جوی و پشته به فواصل ۱۲۰ سانتی‌متر و فواصل بوته‌ها روی پشته ۵۰ سانتی‌متر بود. کود بر اساس نتایج تجزیه آزمون خاک اضافه شد. بر همین اساس ۱۰ کیلوگرم اوره، ۱۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل، ۲۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم، ٤ کیلوگرم سولفات روی و ۳ کیلوگرم سولفات منگنز بعد از دیسک و تسطیح در سطح ۱۰۰۰ متر مربع داده شد. در اوایل خردادماه نشاهای آماده شده همزمان با آبیاری به زمین اصلی انتقال داده شدند. جهت تثبیت نشاها، دو نوبت آبیاری یکسان صورت گرفت. از سومین آبیاری اعمال تیمارها شروع شد. آب مورد نیاز مزرعه نیز از دو حلقه چاه عمیق موجود در ایستگاه تامین شد. نتایج تجزیهٔ شیمیایی آب آبیاری در جدول شمارهٔ ۲ آمده است.

به منظور تعیین نیاز آبی از آمار لایسیمتری مستقر در ایستگاه تحقیقاتی دکتر نخجوانی در سال‌های گذشته استفاده و به منظور تخمین تبخیر و تعرق پتانسیل با استفاده از آمار تشتک برای ایستگاه، مدل زیر ارائه شد:

$$ETo = 1.0322 \times Ep^{0.8522}$$

به منظور محاسبه میزان تبخیر و تعرق پتانسیل در فواصل آبیاری در تیمارهای مختلف با استفاده از مدل فوق و اخذ مقادیر روزانه تبخیر از تشتک از ایستگاه کلیماتولوژی مستقر در داخل ایستگاه تحقیقاتی، مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل به صورت روزانه و دوره‌ای برآورد شده و در محاسبهٔ آب مورد نیاز تیمارها به کار رفته است. در این راستا، از ضریب گیاهی ارائه شده در کتاب برآورد نیاز آبی گیاهان باغی- زراعی استفاده شده و در نهایت تبخیر و تعرق گیاه در دوره‌های مربوط محاسبه و نیاز خالص آبیاری با احتساب میزان بارندگی تعیین شد؛ با فرض ۹۰ درصد راندمان آبیاری (با توجه به سطح کم کرت‌ها و نحوهٔ آبیاری و نیز سنجش میزان راندمان آبیاری وجود حدود ۱۰ درصد تلفات عمق را تایید نمود) آب مورد نیاز تیمارها برای تامین صددرصد نیاز گیاه به صورت حجمی برآورد گردید. سپس با در نظر گرفتن سطوح مختلف آبیاری میزان آب آبیاری تیمارها محاسبه و با لولهٔ پلی‌اتیلن و به صورت حجمی و مستقل برای هر کرت داده شد. در مراحل مختلف داشت، کلیهٔ مراقبت‌های زراعی در تمام تیمارها به طور یکنواخت اعمال شد. محصول گوجه‌فرنگی در چهار نوبت از دو خط وسط کرت‌ها برداشت و برای تعیین عملکرد توزین گردید. تجزیهٔ آماری با استفاده از نرم افزار MSTAT-C و نیز میانگین‌ها در صورت معنی‌دار بودن با آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

1- Entisol 2- Typic Xero

جدول شمارهٔ ۱- مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعهٔ تحقیقاتی

عمق خاک (سانتی‌متر)	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	رطوبت در نقطهٔ ظرفیت زراعی (درصد)	رطوبت در نقطهٔ پژمردگی (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	pH	کربن آلی (درصد)
۰-۳۰	۱/۳۲	۱۹/۷	۱۱/۱	۰/۸۱	۸/۰	۰/۵٦
۳۰-٦۰	۱/۳۵	۱۹/٤	۱۱/۳	۰/۷٦	۸/۰	۰/۵۰
٦۰- ۹۰	۱/۳٦	۱۹/٦	۱۰/۹	۱/۰۵	۸/۰	۰/٤۲

جدول شمارهٔ ۲- مشخصات شیمیایی آب آبیاری

منبع	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	واکنش خاک pH	کاتیون‌های محلول (میلی اکی والان در لیتر)			آنیون‌های محلول (میلی اکی والان در لیتر)			
			سدیم	کلسیم	منیزیم	کلر	سولفات	کربنات	بی‌کربنات
آب چاه	۰/۵۳۱	۸/۲	۱/۱	۲/۷	۱/٦	۱/۵	۰/٤	۰	۳/۵

- روش‌های آزمایش

در زیر، شیوهٔ اندازه‌گیری مشخصات خاک و آب شرح داده می‌شود:

جرم مخصوص ظاهری خاک به روش توزین و استفاده از نمونه‌های دست نخورده توسط سیلندر؛ رطوبت در نقطهٔ زراعی و رطوبت در نقطهٔ پژمردگی با محفظهٔ فشار؛ کربن آلی به روش اکسایش مواد آلی؛ تیتراسیون و هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه هدایت سنج؛ pH با دستگاه pH متر؛ کلسیم و منیزیم از طریق تیتراسیون با نمک EDTA؛ کلر به روش تیتراسیون با نیترات نقره؛ سدیم با استفاده از دستگاه فیلم فتومتر؛ سولفات از طریق وزن‌سنجی؛ و کربنات و بی‌کربنات از طریق تیتراسیون (Kamalizadah, 1985).

برای آزمایش نمونه‌های گوجه‌فرنگی، یک نمونهٔ ۵۰۰ گرمی با مخلوط‌کن برقی خرد و همگن شد. سپس مواد جامد انحلال‌پذیر (بریکس) با رفراکتومتر دستی، اسیدیته با روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال (بر حسب اسید سیتریک) و pH با استفاده از دستگاه pH متر، ویتامین C به روش تیتراسیون با مادهٔ رنگی ۲ و ٦ دی‌کلروفنل ایندوفنل تعیین شد (Khosroshahi Asl, 1997). جهت نگهداری نیز ۱۰ کیلوگرم گوجه‌فرنگی در جعبه‌های چوبی کوچک بسته‌بندی و به مدت ۱۲ روز در انبار معمولی با دمای ۵±۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵±٤۵ درصد نگهداری شد. در طول نگهداری، درصد فساد با مشاهدهٔ علایم فساد تعیین شد. میوه‌های آلوده از میوه‌های سالم جدا و تعداد آنها شمارش و ثبت شد.

نتایج و بحث

جدول شمارهٔ ۳ خلاصه تجزیهٔ واریانس مرکب اثر فاکتورهای آزمایشی را بر خصوصیات کیفی محصول نشان می‌دهد. به منظور بررسی روند تأثیر این فاکتورها (تیمارها) بر هر یک از پارامترهای کیفی، به شرح آنها می‌پردازیم:

جدول شمارهٔ ۳- خلاصهٔ تجزیهٔ واریانس مرکب پارامترهای کیفی گوجه‌فرنگی

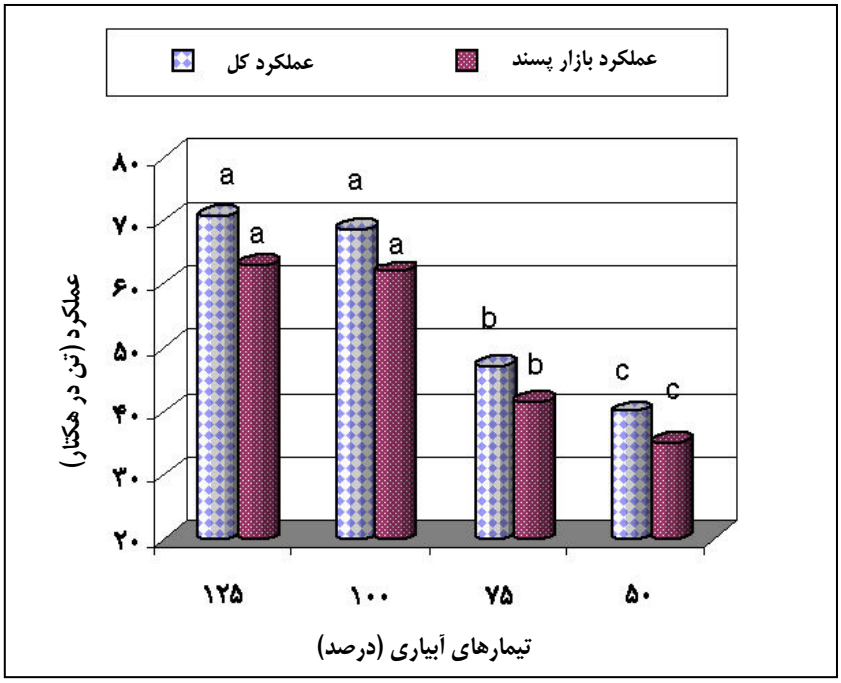
منابع تغییر	درجهٔ آزادی	بریکس	اسیدیته	pH	ویتامین ث	فساد
تکرار	۳	۰/۰۷	۰/۰۰۲	۰/۰۱۹	۳۵٤/۰۳	٦٤/٦۲
سال (A)	۱	٤/۳**	۰/۰۱ ns	۰/۰۸*	۳۱٤/۰٦**	٦/۸٥ns
تیمار آبیاری (B)	۳	٤/۹**	۰/۰۳*	۰/۰۰٤ ns	۹۳/۱٤*	۱٥٤/۱٥**
A×B	۳	۰/۳۳	۰/۰۰۸	۰	۱۸/۱۰ ns	۲/۷۸ns
اشتباه	۲۱	۰/۳٥	۰/۰۰۷	۰/۰۱۲	۳۷/٥٦	۹/۷۲
CV (درصد)	–	۸/٦۰	۱۱/٦۷	۲/٦٥	۱٦/۲۲	۳۳/۱۳

*معنی‌دار در سطح ٥ درصد، ** معنی‌دار در سطح ۱ درصد، ns غیر معنی‌دار

- اثر تیمارهای آبیاری در کمیت محصول

شکل شمارهٔ ۱ تأثیر تیمارهای آبیاری را بر عملکرد کل و عملکرد بازارپسند نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل شمارهٔ ۱ مشخص است بیشترین عملکرد از تیمار اول و کمترین آن از تیمار چهارم حاصل شد.

افزایش آب آبیاری مازاد بر نیاز کامل گیاه تأثیر معنی‌داری در افزایش محصول نداشته است و تیمارهای ۱۲٥ و ۱۰۰ درصد در یک گروه آماری قرار دارند. در مقابل، کاهش آب آبیاری تأثیر معنی‌داری در کاهش عملکرد محصول (کل و بازار پسند) داشته است.



شکل شمارهٔ ۱- تأثیر تیمارهای آبیاری بر عملکرد محصول

در این میان، با افزایش آب آبیاری به میزان ۲۲/۱ درصد، عملکرد کل و بازار پسند به ترتیب فقط ۳/٤ و ۱/۸ درصد افزایش داشته است. در تیمار ۷۵ درصد با کاهش مصرف آب به میزان ۲۲/٦ درصد، عملکرد کل ۳۱/٤ و عملکرد بازار پسند ۳۲/۹ و در تیمار ۵۰ درصد با کاهش مصرف آب به میزان ٤٤/۵ درصد، عملکرد کل ٤۱/۷ و عملکرد بازار پسند ٤۳/٤ درصد کاهش نشان داده است. کارایی مصرف آب در تیمار چهارم که آب آبیاری به میزان ٤٤/۵ درصد کاهش داشته است، بیشترین و در تیمار اول با ۲۲/۱ درصد آبیاری مازاد بر نیاز کامل، کمترین مقدار را شامل شده است (جدول شمارهٔ ٤).

جدول شمارهٔ ۴- تأثیر تیمارهای آبیاری بر مصرف و کارایی مصرف آب

تیمارهای آبیاری	مصرف آب (متر مکعب در هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)	کارایی نسبی مصرف آب (درصد)
۱۲۵درصد	۸۵۱۷	۸/۳	-۱۵/۳
۱۰۰ درصد	٦۹۷۵	۹/۸	۰
۷۵ درصد	۵۳۹۸	۸/۷	-۱۱/۲
۵۰ درصد	۳۸٦۹	۱۰/۳	۵/۱

- میزان مواد جامد انحلال‌پذیر

نتایج تجزیه آماری حاکی از تأثیر معنی‌دار اثر سال و نوع تیمارها بر میزان مواد جامد انحلال‌پذیر در سطح ۱ درصد است (جدول شمارهٔ ۳). شرایط آب و هوایی در دو سال مختلف زراعی یکسان نبود، بنابراین سال بر مقدار مواد جامد محلول معنی‌دار گردید. مقایسهٔ میانگین‌ها نیز نشان می‌دهد با کاهش میزان آب آبیاری، مقدار مواد جامد انحلال‌پذیر گوجه‌فرنگی افزایش می‌یابد (جدول شمارهٔ ۵). دلیل تجمع مواد جامد انحلال‌پذیر در سلول در اثر کمبود آب آبیاری، غلبه بر کاهش پتانسیل اسمزی است. در نتیجه آب ذخیره شده گوجه‌فرنگی کاهش و مقدار مواد جامد انحلال‌پذیر و درصد قند افزایش می‌یابد (Mitchell *et al.*, 1991). بیشترین مقدار مواد جامد انحلال‌پذیر ۷/۷۲ درصد با مصرف ۵۰ درصد آبیاری و کمترین آن ٦/۱٦ درصد در تیمار ۱۲۵ درصد حاصل شده است. مطالعات میشل و همکاران (Mitchell *et al.*, 1991)، روبینو و تارانتینو (Rubino & Tarantino, 1988)، باغانی و بیات (Baghani & Bayat, 2000)، و خوشخوی و آذرخیش (Khoshkhouy & Azarkhish, 1983) نتایج این بررسی را تایید می‌کند. این محققان گزارش کرده‌اند که کم آبیاری موجب کاهش تجمع آب در میوه و افزایش مواد جامد انحلال‌پذیر می‌شود. باغانی و بیات نیز نشان دادند بیشترین مقدار مواد جامد انحلال‌پذیر در تیمار ۵۰ درصد آبیاری کامل برابر ۸/۵٦ درصد و کمترین آن در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری کامل برابر ۷/۳٤

درصد است.

راندمان تولید رب با مقدار بریکس گوجه‌فرنگی رابطهٔ مستقیم دارد. زمانی‌که مواد جامد انحلال‌پذیر گوجه‌فرنگی ٦-٤/٥ باشد از هر ٤/٥ تا ٥ کیلوگرم گوجه‌فرنگی تازه یک کیلوگرم رب استحصال می‌شود. در صورتی که بریکس اگر در حدود ۹-۷ باشد از هر ۳/۵ کیلوگرم گوجه‌فرنگی یک کیلوگرم رب حاصل می‌شود (Moshar Movahed, 1992).

- pH گوجه‌فرنگی

نتایج تجزیهٔ آماری نشان می‌دهد تأثیر تیمارهای آبیاری در مقدار pH نمونه‌ها معنی‌دار نیست ولی اثر سال بر میزان pH در سطح ۵ درصد معنی‌دار است (جدول شمارهٔ ۳). نتایج این مطالعه با نتایج باغانی و بیات نیز مطابقت دارد.

- اسیدیته گوجه‌فرنگی

نتایج تجزیهٔ آماری، حاکی از تأثیر معنی دار تیمارها بر مقدار اسیدیته گوجه‌فرنگی در سطح ۵ درصد است (جدول شمارهٔ ۳). مقایسهٔ میانگین‌ها نشان می‌دهد که با افزایش آب آبیاری از مقدار اسیدیته گوجه‌فرنگی کاسته شده است. بیشترین مقدار اسیدیته به میزان ۰/۷۹ درصد بر حسب اسید سیتریک در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی و کمترین آن به میزان ٠/٦٤ درصد در تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی حاصل شده است (جدول شمارهٔ ۵). تجمع اسید کربوسیکلیک، پتاسیم، و کلرورها در سلول نیز راهی برای غلبه بر کمبود آب یا تعدیل فشار اسمزی است. به همین دلیل کم آبیاری موجب افزایش اسیدیته شده است (Kouchaki *et al.*, 1993). همچنین ثابت شده است که پتاسیم مقدار اسیدیته کل و مواد جامد گوجه‌فرنگی را افزایش می‌دهد. افزایش اسیدیته در بهبود طعم میوه موثر است و بر این اساس تنش آبی موجب خوش‌طعم شدن میوه شده و آبیاری بیشتر در طعم میوه تأثیر منفی داشته است.

مطالعات میشل و همکاران (Mitchell *et al.*, 1991) نتایج این بررسی را تایید می‌کند. آنها گزارش کرده‌اند که کم آبیاری منجر به افزایش غلظت اسید سیتریک و پتاسیم می‌شود. ولی نتایج این بررسی با نتایج مطالعات روبینو و تارانتینو (Rubino & Tarantino, 1988) که می‌گویند اسیدیته نسبت به تیمار آبیاری تغییر نمی‌کند، مطابقت ندارد.

جدول شمارهٔ ۵- مقایسهٔ میانگین تیمارهای آبیاری بر فاکتورهای کیفی گوجه‌فرنگی

تیمار آبیاری	بریکس (درصد)	اسیدیته (درصد برحسب اسید سیتریک)	ویتامین ث (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	فساد (درصد)
۱۲۵درصد	٦/١٦b	٠/٦٤b	٢٨/٨٨c	١٤/١٣a
۱۰۰ درصد	٦/٣٤b	٠/٦٩b	٣٠/٧٦bc	١١/٩٤ab
۷۵ درصد	٧/٤٤a	٠/٧٨a	٣٢/٨٣b	٦/٥٦ab
۵۰ درصد	٧/٧٢a	٠/٧٩a	٣٦/٦٣a	٤/٠٣b

میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

- ویتامین ث گوجه‌فرنگی

نتایج تجزیهٔ آماری نشان می‌دهد که اثر سال در سطح ۱ درصد و نوع تیمارها در سطح ۵ درصد بر مقدار ویتامین ث معنی‌دار است (جدول شمارهٔ ۳). مقایسه میانگین‌ها حاکی است که بیشترین مقدار ویتامین ث در تیمار ۵۰ درصد به میزان ۳۶/۶۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم و کمترین آن در تیمار ۱۲۵ درصد به میزان ۲۸/۸۸ میلی‌گرم درصد گرم حاصل شده است (جدول شمارهٔ ۵). بنابراین، کم آبیاری در کشت و کار گوجه‌فرنگی موجب افزایش ویتامین ث میوه و آبیاری بیش از نیاز گیاه موجب کاهش آن می‌شود. با توجه به اینکه کم آبیاری منجر به افزایش غلظت پتاسیم سلول می‌شود (Kouchaki *et al*., 1993) و با توجه به بررسی‌های کراوس (Krauss, 1992) که نشان داد کلرید پتاسیم موجب افزایش ویتامین ث محصول گوجه‌فرنگی خواهد شد. می‌توان نتیجه گرفت که تجمع پتاسیم در گیاه در اثر کم آبیاری موجب افزایش ویتامین ث و بنابراین کم آبیاری موجب بهبود کیفیت تغذیه‌ای محصول شده است. زیرا گوجه‌فرنگی از سبزی‌های مهمی است که به لحاظ داشتن پیش نیاز ویتامین آ و ویتامین ث نقش مهمی در سلامتی جامعه دارد. میزان ویتامین ث در مواد غذایی به آب وهوا، نوع خاک، میزان کوددهی، مراحل رسیدگی، واریته، رطوبت، و تابش آفتاب بستگی دارد. این ویتامین از اجزای ضروری رژیم غذایی انسان است و در بعضی از واکنش‌های بیوشیمیایی بافت‌های زنده نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. روش‌های مختلف نگهداری و آماده‌سازی گوجه‌فرنگی سبب تغییر مقدار این ویتامین می‌شود.

- قابلیت نگهداری محصول

نتایج تجزیهٔ مرکب نیز حاکی از تأثیر معنی‌دار نوع تیمارها بر قابلیت نگهداری در سطح ۱ درصد است ولی اثر سال معنی‌دار نشد (جدول شماره ۳). مقایسهٔ میانگین‌ها نشان می‌دهد میزان فساد در تیمار ۱۲۵ درصد بیشترین و در تیمار ۵۰ درصد کمترین مقدار است. تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰ درصد در یک گروه آماری قرار دارند (جدول شمارهٔ ۵). بیشترین قابلیت نگهداری با کمترین مقدار فساد در گوجه‌فرنگی حاصل از تیمار ۵۰ درصد آبیاری کامل دیده می‌شود. دلیل آن شاید بالا بودن مواد جامد انحلال‌پذیر گوجه‌فرنگی حاصل از این تیمارها باشد. زیرا هر اندازه مقدار آب محصول کمتر باشد فساد نیز کمتر است. آلوینو و آندریا (Alvino & Andria, 1988) نیز در پژوهش‌های خود نشان دادند که محصول تیمار ٤٠ درصد آبیاری قابلیت نگهداری بالاتری دارد به طوری که تیمار ۱۰۰ و ۱۳۰ درصد موجب کاهش کیفیت پس از برداشت می‌شود ولی در تیمار ٤٠ و ۷۰ درصد تغییرات محسوس مشاهده نمی‌شود که با نتایج این بررسی مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان می‌دهد که کم آبیاری موجب افزایش مواد جامد انحلال‌پذیر گوجه‌فرنگی

می‌شود. با توجه به تأثیر مستقیم بریکس گوجه‌فرنگی در تولید رب، می‌توان با اِعمال کم آبیاری بر راندمان تولید رب افزود. از طرفی، کم آبیاری موجب افزایش مقدار ویتامین ث و بنابراین موجب بهبود کیفیت محصول از لحاظ ویتامین ث می‌شود. آبیاری مازاد بر نیاز آبی گیاه پارامترهای کیفی میوه را کاهش می‌دهد. سرانجام اینکه کم آبیاری با کاهش درصد فساد، موجب افزایش عمر نگهداری میوه می‌شود و لذا با توجه به اهمیت این ویتامین در کیفیت میوه، توصیه می‌شود از آبیاری بی‌رویهٔ گوجه‌فرنگی پرهیز شود. با اعمال کم‌آبیاری می‌توان ضمن دستیابی به عملکرد مناسب، موجبات بهبود کیفیت و افزایش زمان نگهداری میوه را فراهم آورد. در صورتی که منابع آب محدودیتی نداشته باشد، توصیه می‌شود آبیاری تا اتمام مرحلهٔ گلدهی به طور کامل انجام و کم آبیاری پس از آن اعمال شود.

در راستای استفادهٔ بهینه از منابع آب و افزایش کارایی مصرف آب در عملکرد محصول و بهبود کیفیت میوه، اجرای طرح‌های تحقیقاتی با موضوع کم آبیاری در سیستم‌های مختلف آبیاری و نیز استفاده از مالچ در مراحل مختلف رشد گوجه‌فرنگی مفید به نظر می‌رسد.

مراجع

1- **Alves, E. M., Bernardo, S. and Silva, J. F. 1982. Effect of different water depths on the yield of three tomato cultivars using drip irrigation. Revista -ceres. 29 (162): 145-154.**

2- **Alvino, A., Andria, R. D. and Zerbi, G. 1988. Fruit ripening of different tomato cultivars as influenced by irrigation regime and time of harvesting. Acta Hort. 228, 137-146.**

3- **Anon. 2002. Agricultural statistical bulletin. Statistical and Information Department. Minstry of Agriculture Pub. (In Farsi)**

4- **Anon, 2005. FAO. www.fao.org.**

5- **Baghani, J. and H. Bayat. 2000. Trikle and furrow irrigation methods comparation on yield and quality of tomatoes. Research Report No. 129. Agricultural Research and Education Organization Pub. Tehran. (In Farsi)**

6- **English, M. J. 1990. Deficit irrigation management of farm irrigation system. Am. Soc. of Agric. Eng. 631-663.**

7- Fukumoto, K., Yokoyama, and Koyima, K. 1992. Effects of phosphate fertilizer application and water stress on yield and qualify of fully ripe tomatoes. Bulletin of Research Institute of System Hort. 9, 25-31.

8- Hargreares, G. H. and Samani, Z. A. 1984. Economic consideration of deficit irrigation and drainage. 110, 343- 358.

9- Kamalizadeh, A. 1985. Water guide manual book. Iran Pub. Tehran. (In Farsi)

10- Khoshkhouy, M. and Azarkhish, H. 1983. Effect of irrigation period, fertilizer and sowing pattern on yield and quality of tomatoes . Proceeding of the 1th Deficit irrigation congress. Tehran. (In Farsi)

11- Khosroshahi Asl, A. 1997. Analitical chemistry of Food. Urmia University Pub. Urmia. 142-145, 217-222. (In Farsi)

12- Kouchaki, A. M. and Saferi, H. M. 1993. Crop-Water relations. Mashad University Jahad Pub. Mashad. (In Farsi)

13- Krauss, A. 1992. Role of potassium in nutrient efficiency. 4th National Congress of Soil Science. Islamabad. Pakestan.

14- Mitchell, J. P., Shenan, C., Grattan, S. R. and May, D. M. 1991. Tomato fruit yields and quality under water deficit and salinity. J. Am. Soc. for Hort. Sci. 116(2): 215-221.

15- Moshar Movahed, M. R. 1992. Tomato and productions. Movahed Pub. Mashad. (In Farsi)

16- Peet, M. M. and Willits, D. H. 1995. Role of excess water in tomato fruit cracking. Hort. Sci. 30(1): 65-68.

17- Rubino, P. and Tarantino, E. 1988. Influence of irrigation techniques on behavior of some processing tomato cultivars. Acta Hort. 228, 109-118.

18- Smajstrla, A. G. and Locascio, S. J. 1994. Irrigation cutback effects on drip-irrigated tomato yields. Proceeding of the Florida State Horticultural Society. 107, 113-118.

Study the Effects of Deficit Irrigation on the Yield, Quality and Storability of Tomato

SH. Zomorodi, A. Nourjou and A. Emami

In order to investigate the effects of deficit irrigation on quality and shelf life of tomato, a field experiment was conducted in Kahriz Research Station of Urmia during 2000 and 2001. In this research the complete random blocks design with four replicates and four treatments was used. The factors included water in four levels of 50, 75, 100 and 125 percent of water requirment. Irrigation water requirement was determined by class-A evaporation and water levels of 50, 75, 100 and 125 percent were supplied by furrow irrigation method. The results of 2 years experiment showed that the amount of water had significant effect on total crop yield and plausible yield. Deficit irrigation significantly decreased crop yield. The highest and lowest water use efficiency was obtained from 50% and 125% treatments, respectively. The effect of water levels had very significant effect on the acidity, water soluble solids and vitamin C and this factor had no significant effect on the pH. Deficit irrigation increased water soluble solids, acidity and vitamin C of fruit. Irrigation treatments had significant effect on shelf life at the level of 5%. Deficit irrigation increased shelf life and decreased the amount of damaged tomatoes.

Key words: Deficit Irrigation, Quality of Tomato, Shelf Life, Vitamin C, Water Use Efficiency