اثر آبیاری کامل و یک در میان جویچه‌ای بر عملکرد، اجزاء عملکرد و کارآیی مصرف آب گوجه‌فرنگی (*Super Strain B*)

حسین مولوی[1*]، مسعود محمدی[2] و عبدالمجید لیاقت[3]

تاریخ دریافت: 89/10/12 تاریخ پذیرش : 90/3/23

1- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران

2- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

3- استاد، گروه آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران

* مسئول مکاتبه E-mail : molavihossein@gmail.com

چکیده

کم‌آبیاری یکی از راهکارهای بهینه‌سازی مصرف آب در اراضی فاریاب است که از طریق آبیاری نیمی از جویچه‌ها به طور ثابت یا متغیر قابل اجرا می‌باشد. برای ارزیابی عملکرد، اجزاء عملکرد و کارآیی مصرف آب گوجه-فرنگی در راستای کاهش مقدار آب مصرفی، آزمایشی در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج اجرا شد. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی برای سه تیمار آبیاری کامل، یک در میان متغیر و یک در میان ثابت جویچه‌ها در سه تکرار اجرا گردید. دور آبیاری براساس MAD=0/5 با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج TDR محاسبه گردید. در انتهای فصل رشد صفاتی همچون عملکرد، ارتفاع گیاه، تعداد میوه، قطر میوه، طول ریشه و وزن خشک ریشه اندازه‌گیری شد. به‌طورکلی کم‌آبیاری در سطح احتمال 1 درصد بر عملکرد و اجزاء عملکرد اثر معنی‌دار داشت. عملکرد در تیمارهای آبیاری یک در میان ثابت و آبیاری یک در میان متغیر در مقایسه با تیمار آبیاری کامل به‌ترتیب 10/16 و 35/55 درصد کاهش یافت. این مقادیر برای طول ریشه 15/54 و 31/32 درصد، برای وزن خشک ریشه 12 و 32/17 درصد، برای ارتفاع گیاه 14/37 و 37/9 درصد و برای تعداد میوه 14/74 و 34/52 درصد بود. کارآیی مصرف آب با آبیاری یک در میان ثابت و متغیر به‌ترتیب 1/8 و 1/3 برابر کارآیی مصرف آب با آبیاری کامل شد. نتایج 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 کم‌آبیاری 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، چرا که کارآیی مصرف آب را می‌تواند تا 1/8 برابر بهبود بخشد.

واژه های کلیدی: عملکرد، کارآیی مصرف آب، کم‌آبیاری، گوجه‌فرنگی، وزن خشک ریشه.

Effect of Full Irrigation and Alternative Furrow Irrigation on Yield, Yield Components and Water Use Efficiency of Tomato (*Super Strain B*)

H Molavi[1*], M Mohammadi[2] and AM Liaghat[3]

Received: 2 January 2011 Accepted: 13 June 2011
[1,3]MSc Student and Prof., Dept. of Reclam. and Irrig. Engin., Univ. College of Agric. and Natural Resources, Univ. of Tehran, Iran
[2]PhD Student, Dept. of Irrig. Engin., Ferdowsi Univ. of Mashhad, Iran
*Corresponding author: E-mail: molavihossein@gmail.com

Abstract

Deficit irrigation is an essential optimization method for water consumption in irrigated lands and is feasible by irrigating only half of the furrows either constantly or alternatively. In order to evaluate yield, yield components, and water use efficiency of tomato (Super Strain B), this study was carried out at the field of Agriculture and Natural Resources, College of Karaj, Iran. The experiment was performed as a randomized full block design with three replicates including three treatments: full irrigation, variable and constant alternative furrow irrigation. Irrigation interval was calculated based on MAD=0.5 using a TDR moisture meter device. At the end of the growth season characteristics such as yield, plant height, number of fruit, fruit diameter, length of root and root dry weight were determined. Totally, deficit irrigation produced significant effect ($p<0.01$) on yield and yield components. Yield reductions were determined to be about 10.17 and 34.46 percent respectively for variable and constant alternative furrow irrigation as compared to full irrigation. Reduction values were 16.67 and 30 percent for root length, 12 and 32.17 percent for root dry weight, 17.87 and 38.76 percent for plant height and 14.74 and 34.52 percent for number of fruit in alternative furrow irrigation treatment as compared to full irrigation, respectively. Water use efficiency was 1.8 and 1.3 times greater in variable and constant alternative furrow irrigation compared to full irrigation treatment. The results show that under conditions that land is not limiting factor area under cultivation can be nearly doubled by practicing deficit Irrigation so that total yield may increase considerably compared to that of full irrigation practice. In this context, constant alternative furrow irrigation compared to variable alternative furrow irrigation seems be economically more affordable because water use efficiency would be increased to as much as 1.8 times.

Keywords: Deficit irrigation, Root dry weight, Tomato, Water use efficiency, Yield

مقدمه

آبیاری جویچه‌ای یک در میان از شیوه‌های کم-آبیاری و از راهکارهای مدیریت مصرف آب در اراضی فاریاب است که با آبیاری نیمی از جویچه‌ها به طور ثابت یا متغیر قابل اجرا می‌باشد. هنگامی که مشکلاتی از نظر تأمین سرمایه، انرژی، نیروی کارگر و یا دیگر منابع وجود داشته باشد یا هنگامی که هزینه‌های این گونه منابع بالا باشد، کم‌آبیاری می‌تواند در افزایش سود مفید واقع شود. مدیریت کم‌آبیاری برخلاف تصور چندان هم ساده نیست و بحث برانگیز است ولی در صورتی‌که هدف به حداکثر رساندن سود یا تثبیت تولید محصول باشد، کم‌آبیاری می‌تواند یک رویکرد ارزشمند باشد (خیرابی و همکاران 1375). آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب به این مفهوم است که یکی از دو جویچه مجاور به‌صورت متناوب آبیاری شود، ولی در آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت فقط یکی از دو جویچه مجاور در کلیه آبیاری‌ها، آب دریافت می‌کند (خرمیان 1381).

فیشباچ و سامرهالدر (1971)گزارش کردند که آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان به نیمی از تجهیزات مورد نیاز نسبت به آبیاری جویچه‌ای معمولی نیاز داشته و به این ترتیب هزینه‌ها کاهش می‌یابد. قهرمان و سپاسخواه (1994) اثر کم‌آبیاری بر روی درآمد خالص پنبه و سیب زمینی در دو نقطه مختلف در شمال شرقی ایران را مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که سطح مطلوب کاهش آب برای سیب زمینی و پنبه در اسفراین به‌ترتیب 20 و 9 درصد و برای پنبه در گز 25 درصد بوده است. کردا و همکاران (2004) اثر کم-آبیاری و خشک کردن جزئی ناحیه ریشه (PRD[1]) را بر روی گوجه‌فرنگی داخل گلخانه مورد بررسی قرار دادند. با اعمال تیمار آبیاری جزیی، تفاوت معنی‌داری در سطح 5 درصد بین عملکرد دو تیمار آبیاری کامل وآبیاری جزیی با کاهش 30 درصد مقدار آب نسبت به آبیاری کامل مشاهده نگردید ولی کارآیی مصرف آب آبیاری 56 درصد افزایش پیدا کرد. کم‌آبیاری نیازمند مدیریتی منسجم، دقیق و کارآمد است وبا مدیریت آبیاری کلاسیک فرق دارد (سپاسخواه و همکاران 2006). توکلی و فرداد (1378) در تحقیقی بر روی محصول چغندرقند در منطقه کرج به این نتیجه رسیدند که حداکثر عملکرد با آبیاری کامل حاصل شده و حداکثر سود خالص نهایی با کاهش 31 درصد آب مصرفی به دست می‌آید. خواجه عبداللهی و سپاسخواه (1375) با بررسی اقتصادی آبیاری جویچه‌ای یک در میان ذرت دانه‌ای با دورهای مختلف اظهار داشتند که تیمارهای آبیاری چهار روزه یک در میان نسبت به تیمار آبیاری جویچه‌ای با دور هفت روز معمولی آب کمتری نیاز دارد، در حالی که محصول کاهش چندانی نداشته و اقتصادی‌تر بوده است. سپاسخواه (1375) طی تحقیقی بدین نتیجه رسید که مقدار محصول ریشه چغندرقند در آبیاری شیاری یک در میان با دور 6 روز، با آنچه که از آبیاری شیاری معمولی با دور 10 روز بدست آمده، برابر بوده در ضمن مقدار آب آبیاری، نیز 23 درصد کاهش یافته است. آزمایشات رمضانی (1376) نشان داد، کم‌آبیاری به صورت آبیاری یک در میان جویچه‌ای موجب بهتر شدن نتایج کمی و کیفی محصول چغندرقند و افزایش قند و کاهش مواد مضر آن شده است. اکبری (1377) در آزمایشی روی محصول چغندرقند با آبیاری یک در میان جویچه‌ای نتیجه گرفت که با کاهش 30 درصد از مقدار آب مصرفی، تنها 10 درصد کاهش محصول داشته که با افزایش میزان قند، کاهش کمی محصول چغندرقند جبران شده است. شینی‌دشتگل و همکاران (1384) در آبیاری یک در میان جویچه‌ای روی نیشکر نتیجه گرفتند که از کل آب ورودی به جویچه‌ها حدود 47 درصد در جویچه‌های آبیاری نشده و 53 درصد در جویچه‌های آبیاری شده ذخیره شده است. شینی‌دشتگل و همکاران (1385) در بررسی سه روش آبیاری جویچه‌ای (یک در میان ثابت، یک در میان متغیر و معمولی) به این نتیجه رسیدند که در روش آبیاری یک در میان ثابت و متغیر به‌ترتیب 21/2 و 25/5 درصد نسبت به روش معمولی آبیاری، آب کمتری مصرف شده است. هم‌چنین کارآیی مصرف آب در تیمارهای آبیاری یک در میان ثابت، متغیر و معمولی را به‌ترتیب 0/62، 0/72 و 0/48 کیلوگرم شکر بر متر مکعب آب مصرفی به دست

[1] Partial root drying

آوردند و نشان دادند که کارآیی مصرف آب در تیمارهای فوق به‌ترتیب حدود 22/6 و 33/5 درصد نسبت به شاهد (آبیاری معمولی) افزایش داشته است. هنر و سپاسخواه (1385) آبیاری جویچه‌ای یک در میان را در زراعت ذرت مطالعه نمودند و نتایج حاصله را چنین گزارش نمودند که محصول شاخ و برگ ذرت از نظر آماری تحت تاثیر شیوه آبیاری یک در میان قرار نگرفت ولی محصول دانه در آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و متغیر 42 و 51 درصد کمتر از آبیاری معمولی است در حالی که مقدار مصرف آب آبیاری به‌ترتیب 34 و 48 درصد کاهش یافت. شینی‌دشتگل و همکاران (1388) برای بررسی اثر آبیاری جویچه‌ای یک در میان بر کارآیی مصرف آب و ویژگی‌های نیشکر، آزمایشی در اراضی کشت و صنعت امیرکبیر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار آبیاری‌های جویچه‌ای معمولی، یک در میان ثابت و متغیر اجرا نمودند. نتایج نشان داد که تیمار آبیاری یک در میان متغیر کمترین حجم آب مصرفی، بیشترین کارآیی مصرف آب و عملکرد نیشکر و شکر تولیدی را داشت. سرایی تبریزی و همکاران (1389) آزمایشی با چهار تیمار آبیاری شیاری شامل آبیاری کامل (درحد 100 درصد جبران نقصان رطوبتی خاک)، کم‌آبیاری سنتی درحد 75 و 50 درصد جبران نقصان رطوبتی خاک و خشک کردن جزئی ناحیه ریشه (PRD) درحد 50 درصد جبران نقصان رطوبتی خاک در سه تکرار بر روی کشت سویا انجام دادند. نتایج نشان داد، کارآیی مصرف آب در تیمار خشک کردن جزئی ناحیه ریشه نسبت به تیمار کم‌آبیاری سنتی درحد 50 و 75 درصد جبران نقصان رطوبتی خاک و تیمار آبیاری کامل به‌ترتیب 48/3، 61/9 و 70/1 درصد افزایش یافت.

هدف از انجام تحقیق حاضر مقایسه دو روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر و ثابت با هم و با روش مرسوم آبیاری کامل جویچه‌ها و بررسی اثرات آن‌ها روی ذخیره آب مصرفی و میزان محصول گوجه‌فرنگی بود تا براساس آن میزان بهینه آب مصرفی با حداکثر بهره‌وری آب برای تولید بهینه گوجه‌فرنگی در منطقه کرج مشخص شود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی 1388 در اراضی تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج اجرا شد. محل اجرای آزمایش در عرض جغرافیایی 35 درجه و 55 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 50 درجه و 54 دقیقه شرقی واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا 1312/5 متر است. متوسط بارندگی سالانه منطقه بر اساس آمار ایستگاه سینوپتیک کرج 244 میلی‌متر است. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی برای سه تیمار آبیاری کامل، یک در میان متغیر و یک در میان ثابت، در سه تکرار اجرا گردید. کاشت به صورت جوی و پشته‌ای (فارو) انجام شد. مساحت کل سطح مورد مطالعه حدود 105 متر مربع، طول هر پشته 8 متر، عرض شیار و پشته 0/3 متر و فاصله نشاها روی پشته‌ها 0/35 متر بود. گیاه مورد کشت در این آزمایش گوجه‌فرنگی (Super Strain B) بود. نشاهای گوجه‌فرنگی در زمان کاشت (5 تیر ماه) به‌طور متوسط دارای ارتفاع 15 سانتیمتر بودند. لازم به ذکر است، در زمان کاشت در محل‌های مورد نظر، برای اطمینان از استقرار بوته دو نشا قرار داده شد که قبل از اعمال تیمار اقدام به حذف بوته ضعیف‌تر گردید. همچنین وجین علف‌های هرز نیز در موقع لزوم انجام پذیرفت.

خاک مزرعه تا عمق 90 سانتیمتری با 26 درصد شن، 35 درصد رس و 39 درصد سیلت دارای بافت لوم‌رسی بود. وزن مخصوص ظاهری 1/35 گرم بر سانتیمترمکعب اندازه‌گیری شد. خصوصیات شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول 1 ارائه شده است. بر اساس این جدول، فقط کود اوره در دو مرحله میوه‌دهی و دو هفته بعد از این مرحله، هر بار معادل 60 کیلوگرم در هکتار استفاده گردید. لازم به ذکر است، در معادله نسبت جذبی سدیم، واحد غلظت کاتیون‌ها برحسب میلی‌اکی والانت در لیتر است به همین دلیل در این جدول پس از تبدیل واحدهای سدیم، کلسیم و منیزیم به میلی اکی والانت در لیتر نسبت جذبی سدیم محاسبه شده است.

جدول 1- خصوصیات شیمیایی خاک مزرعه

صفت	pH	هدایت الکتریکی	نسبت جذبی سدیم	کربن آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	سدیم	آهن	روی	منگنز
		(dS/m)		(%)	(%)	(mg/kg)							
مقدار*	8/2	1/18	1/23	0/87	0/105	31/4	574	160	17	61	5/81	2/64	8/5

*مقادیر ارائه شده، متوسط عمق 0 تا 90 سانتیمتری از سطح خاک می‌باشند.

جهت استقرار گیاه، آبیاری اول و دوم به صورت کامل و براساس تبخیر از تشت کلاس A ایستگاه هواشناسی موجود در جنب محل آزمایش انجام شد. تیمارهای آبیاری بعد از آبیاری دوم اعمال شدند. برای تعیین دور آبیاری همه تیمارها، پس از 50 درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده در تیمار آبیاری کامل، تعیین گردید. جهت مقایسه بهتر و صحیح‌تر مزایا و معایب روش‌های کم-آبیاری در مقایسه با آبیاری کامل، بایستی ضریب تخلیه مجاز رطوبتی به گونه‌ای انتخاب شود تا در شرایط آبیاری کامل تنشی به گیاه وارد نگردد. بر این اساس و بنابر توصیه اکثر منابع (از جمله علیزاده 1384) مقدار این ضریب برابر 50 درصد در نظر گرفته شد.

به‌منظور تعیین زمان آبیاری از دستگاه رطوبت سنج از نوع TDR[1] استفاده شد. بدین منظور در ابتدا دستگاه برای خاک مزرعه کالیبره شد و هم زمان با کاشت، لوله مخصوص آن در مرکز شیارها قرار داده شد. سپس در طی اعمال تیمار درصد رطوبت حجمی خاک در ده عمق 10، 20، 30، 40، 60، 70، 80، 90 و 100 سانتیمتری به صورت روزانه قرائت گردید. با توجه به MAD مذکور زمانی که رطوبت خاک به حد مورد نظر - رسید، آبیاری انجام گرفت. در کل 6 آبیاری انجام شد که آخرین آبیاری در تاریخ 1388/7/13 بود. همچنین برای تعیین مقدار رطوبت حجمی خاک در رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای[2] و نقطه پژمردگی دائم[3] از دستگاه صفحات فشاری[4] استفاده شد.

عمق آب آبیاری در هر نوبت از رابطه زیر محاسبه گردید (علیزاده 1384):

$$D_n = \frac{FC - PWP}{100}.r_b.Dr.MAD$$

که D_n عمق آب آبیاری (میلی‌متر) در هر نوبت، FC رطوبت جرمی خاک (درصد) در شرایط ظرفیت مزرعه-ای، PWP رطوبت جرمی خاک (درصد) در نقطه پژمردگی دائم، ρ_b جرم مخصوص ظاهری خاک مزرعه مورد آزمایش (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، Dr عمق موثر ریشه (میلی‌متر) و MAD درصد تخلیه مجاز رطوبت خاک می‌باشد. لازم به ذکر است، با توجه به الگوی متداول توزیع ریشه (40-30-20-10) که نشان دهنده حداکثر تراکم آن در 50 درصد ابتدایی از عمق توسعه ریشه می‌باشد، Dr برابر یک متر در نظر گرفته شد.

در انتهای فصل رشد وزن کل میوه، ارتفاع گیاه، قطر میوه، طول ریشه و وزن خشک ریشه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک ریشه در تیمارهای مختلف، اقدام به انتخاب تصادفی سه نمونه (بوته) از هر تکرار شد. سپس خاک اطراف هر کدام از بوته‌ها به صورت لایه لایه تا انتهای عمق نفوذ ریشه خارج و به وسیله روش الک تر، ریشه‌ها از خاک جدا گردیده و به

[1] Profile Probe – type PR2 (Delta.T)

[2] Field capacity

[3] Permanent wilting point

[4] Pressure plates

مدت 24 ساعت در آون با دمای 75 درجه قرار داده شد (علیزاده 1384). در انتها با میانگین‌گیری از وزن خشک نمونه‌های گرفته شده از هر تیمار (9 نمونه) وزن خشک ریشه برای تیمارهای مختلف بدست آمد.

وزن میوه و وزن خشک ریشه‌ها بدلیل تفاوت در وزن به‌ترتیب با استفاده از ترازوی‌های دیجیتالی با دقت یک‌صدم کیلوگرم و یک‌هزارم گرم محاسبه شد. داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS تحلیل و میانگین-ها با آزمون دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

اندازه گیری‌های گیاهی

نتایج آنالیز واریانس صفات گوجه‌فرنگی در جدول 2 ارائه شده است. همان‌طور که در جدول 2 مشاهده می‌شود، اثر کم‌آبیاری بر روی وزن خشک ریشه، طول ریشه، عملکرد، تعداد میوه و ارتفاع گیاه در سطح 1% معنی‌دار بود ولی بر قطر میوه اثر معنی‌داری نداشت. اثر تکرار بر تمامی پارامترها اندازه‌گیری شده، معنی‌دار نشد که نشان می‌دهد ماده آزمایشی (خاک و شرایط اقلیمی) دارای یکنواختی قابل قبولی در بین تکرارهای مختلف بوده است.

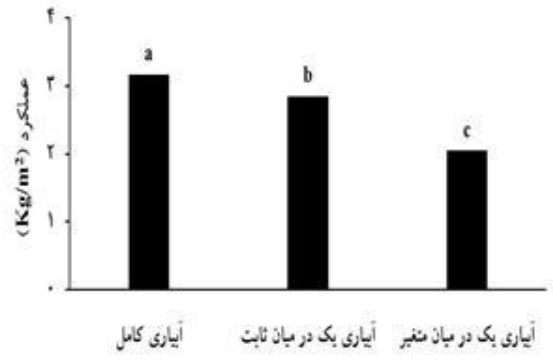
شکل‌های 1 تا 6 اثر روش آبیاری را بر میزان عملکرد و اجزای آن نشان می‌دهند. همان‌طور که در این شکل‌ها مشاهده می‌شود بیشترین مقدار صفات اندازه-گیری شده، مربوط به آبیاری کامل و کمترین آن مربوط به آبیاری یک در میان متغیر می‌باشد.

جدول 2- تجزیه واریانس صفات رشد گوجه‌فرنگی در پاسخ به مدیریت کم‌آبیاری

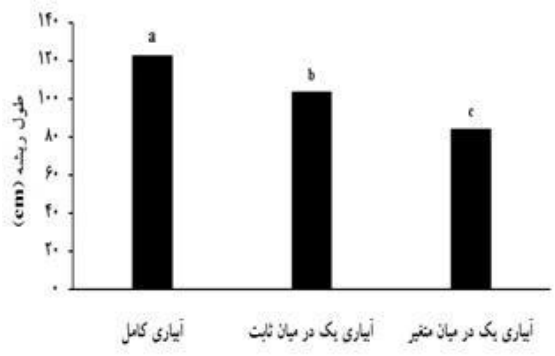
منابع تغیرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)					
		وزن خشک ریشه	طول ریشه	تعداد میوه	عملکرد	قطر میوه	ارتفاع گیاه
تکرار	2	0/1 $^{n.s}$	8/37 $^{n.s}$	163 $^{n.s}$	0/06 $^{n.s}$	0/12 $^{n.s}$	3/ 2 $^{n.s}$
روش آبیاری	2	2/63 **	1102/1 **	9029/33 **	0/99 **	0/45 $^{n.s}$	507/65 **
خطا	4	0/02	1/4	192/8	0/01	0/14	0/7

$^{n.s}$، * و ** به ترتیب بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد هستند.

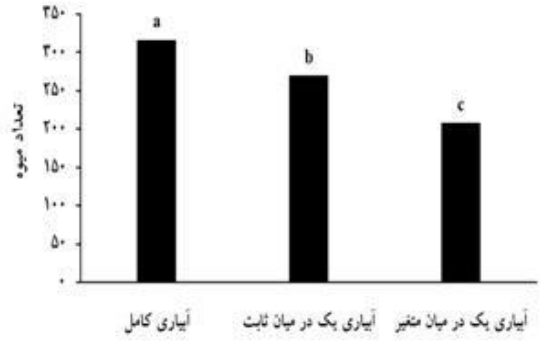
شکل 1- اثر سه تیمار آبیاری جویچه‌ای بر قطر میوه



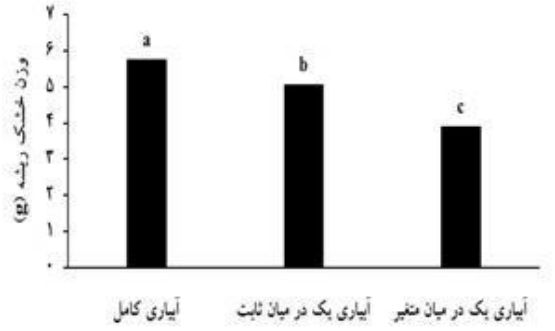
شکل 2- اثر سه تیمار آبیاری جویچه‌ای بر عملکرد محصول



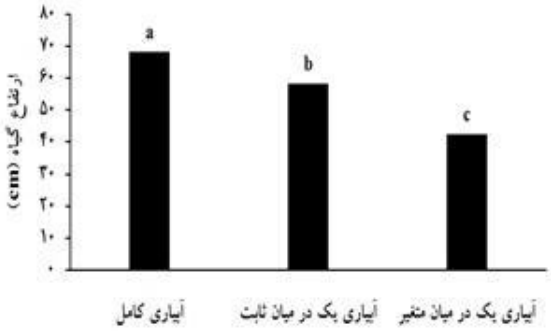
شکل 3- اثر سه تیمار آبیاری جویچه‌ای بر طول ریشه



شکل 4- اثر سه تیمار آبیاری جویچه‌ای بر تعداد میوه



شکل 5- اثر سه تیمار آبیاری جویچه‌ای بر وزن خشک ریشه



شکل 6- اثر سه تیمار آبیاری جویچه‌ای بر ارتفاع گیاه

عملکرد در تیمارهای آبیاری یک در میان ثابت و آبیاری یک در میان متغیر نسبت به تیمار آبیاری کامل به‌ترتیب 10/16 و 35/55 درصد کاهش یافت. این مقادیر برای طول ریشه 15/54 و 31/32 درصد، برای وزن خشک ریشه 12 و 32/17 درصد، برای ارتفاع گیاه 14/37 و 37/9 درصد و برای تعداد میوه 14/74 و 34/52 درصد بود. نورجو و همکاران (1380) در تحقیقی به منظور بررسی امکان صرفه‌جویی در مصرف آب و تاثیر کم‌آبیاری در زراعت گوجه‌فرنگی به این نتیجه رسیدند که کاهش آب آبیاری به میزان 25 و 50 درصد به ترتیب موجب کاهش عملکرد به مقدار 29/3 و 40/6 درصد شده است که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

محصول گوجه‌فرنگی درست بعد از نشاکاری، در دوره گلدهی و شکل‌گیری میوه به کمبود آب حساس می‌باشد به‌طوری که کمبود آب در دوره گلدهی سبب ریزش گل‌ها می‌شود. بنابراین با توجه به اینکه در تیمار آبیاری تمام جویچه‌ها تنشی اعمال نشده است، حداکثر عملکرد نسبت به دو تیمار دیگر به دست آمد. در تیمار آبیاری یک در میان متغیر جویچه‌ای احتمالاً تنش خشکی بیشتری در طول دوره رشد نسبت به تیمار آبیاری یک در میان ثابت جویچه‌ها اعمال شده در نتیجه کمبود آب باعث ریزش گل بیشتر در دوره گلدهی و کاهش عملکرد شده است. دلایل این امر را می‌توان در موارد زیر جستجو نمود:

الف) در تیمار آبیاری یک در میان ثابت، همواره تنش و شرایط مطلوب رطوبتی از یک سمت وجود داشته است پس گیاه در این شرایط ثابت و یکنواخت بهتر توانسته سیستم ریشه‌ای خود را با شرایط حاکم سازگار سازد.

ب) در تیمار آبیاری یک در میان ثابت میزان تبخیر از سطح خاک به‌دلیل کاهش سطح آبیاری کمتر بوده است که این امر باعث افزایش جذب آب در طول دوره رشد شده است.

ح) انجام مداوم آبیاری در یک جویچه موجب می‌شود به‌دلیل رطوبت باقیمانده از آبیاری قبل پیاز رطوبتی با شعاع بیشتری را به صورت افقی و عمودی در تیمار آبیاری یک در میان ثابت ایجاد شود و در نتیجه در زمان آبیاری بعد، آب ورودی به خاک در این تیمار کمتر تحت تاثیر پتانسیل ماتریک خاک خشک اطراف محیط ریشه قرار گرفته و لذا این امر مانعی در برابر خارج شدن آب از دسترس گیاه از این راه بوده است.

د) در هر نوبت آبیاری، در تیمار آبیاری یک در میان ثابت نسبت به تیمار آبیاری یک در میان متغیر، رطوبت بیشتری در اطراف و در منطقه توسعه ریشه موجود بوده است. این امر باعث کاهش مقاومت مکانیکی خاک در مقابل توسعه ریشه گشته و در نتیجه باعث افزایش طول و تراکم ریشه در تیمار آبیاری یک در میان ثابت به سمت جویچه‌ای که همیشه آبیاری در آن انجام می‌شده، گشته است.

بنابراین با توجه به دلایل مذکور در تیمار آبیاری یک در میان ثابت آب بهتر در محیط ریشه حفظ شده و گیاه از طریق متراکم کردن ریشه‌های خود به سمت جویچه مورد آبیاری، از آب بهتر استفاده نموده و در نتیجه عملکرد محصول و استفاده مؤثر از آب در این تیمار نسبت به تیمار آبیاری یک در میان متغیر افزایش یافته است.

در مورد وزن خشک ریشه علاوه بر دلایل مذکور، به‌طورکلی از آنجایی که رشد گیاه بستگی به تامین کربوهیدرات‌های مورد لزوم از شاخه‌ها و قسمت هوایی دارد لذا عوامل محدود کننده فتوسنتز از قبیل نور و آب علاوه بر کاهش عملکرد گیاه، رشد ریشه را نیز تقلیل می‌دهند (علیزاده 1384) و این امر دلیل اصلی اختلاف در وزن خشک ریشه در تیمارهای مختلف می‌تواند باشد. براساس نتایج این تحقیق بیشترین طول ریشه مربوط به تیمار آبیاری جویچه‌ای کامل و کمترین آن مربوط به تیمار آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر می‌باشد (شکل 3). دلیل عمده این اختلاف مقاومت مکانیکی متفاوت خاک در تیمارهای مختلف بوده است. گریو و همکاران (1999) و بیلدیریم و همکاران (2006) گزارش کردند تحت شرایط تنش شوری و کم‌آبی، نفوذ ریشه به اعماق خاک (طول ریشه) کاهش می‌یابد. محمدی و همکاران (1390) بیان کردند افزایش تنش خشکی باعث کاهش طول و وزن خشک ریشه‌های گوجه‌فرنگی می‌گردد. نتایج تحقیقات مذکور با پژوهش حاضر مطابقت دارد.

به‌تبع عملکرد بدست آمده در تیمارهای مختلف، بیشترین ارتفاع گیاه مربوط به تیمار آبیاری کامل و کمترین آن مربوط به آبیاری یک در میان متغیر بود (شکل 6). انصاری و همکاران (1385) گزارش کردند ارتفاع ذرت زودرس در سطوح مختلف آبیاری با کاهش میزان آب داده شده افت محسوسی را نشان داد. احمدآلی و خلیلی (1386) اعلام کردند اثر دور آبیاری و مقادیر مختلف تامین نیاز آبی (50، 75 و 100 درصد نیاز آبی) در سطح 1% تاثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته ذرت دانه‌ای داشت. همچنین محمدی و همکاران (1390) بیان داشتند، افزایش تنش خشکی بر روی ارتفاع گیاه اثر معنی داری داشته و باعث کاهش آن می شود. نتایج فوق با دستاوردهای این پژوهش مطابقت دارد.

با توجه به جدول 2 اختلاف قطر میوه در بین تیمارهای مختلف معنی‌دار نبود. اسفندیاری (1387) نیز طی آزمایشی دو ساله در منطقه جیرفت نتیجه گرفت که روش آبیاری، سطح آبیاری و اثر متقابل روش و سطح آبیاری روی قطر میوه گوجه‌فرنگی اثر معنی‌داری ندارد. همچنین محمدی و همکاران (1390) در بررسی سه سطح خشکی و چهار سطح شوری بر روی محصول گوجه‌فرنگی اعلام کردند اثر کم‌آبیاری بر قطر میوه معنی‌دار نبود که نتایج این تحقیق نیز با پژوهش‌های مذکور مطابقت دارد.

کارآیی مصرف آب آبیاری

جدول 3 حجم آب مصرفی در هر تیمار و در طول فصل کشت را نشان می‌دهد. حجم آبیاری در تیمارهای آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و متغیر در مقایسه با آبیاری جویچه‌ای کامل (تمام جویچه‌ها) نصف شده است.

جدول 3- حجم آب مصرفی در تیمارهای مختلف

نام تیمار	حجم آب مصرفی در کل دوره رشد در هر تیمار (لیتر)
آبیاری کامل	3304/8
آبیاری یک در میان متغیر	1652/4
آبیاری یک در میان ثابت	1652/4

برای محاسبه کارآیی مصرف آب آبیاری از معادله زیر استفاده شد (پایرو و همکاران 2009):

$$IWUE = \frac{Y}{I}$$

که در آن IWUE کارآیی مصرف آب آبیاری بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب، Y عملکرد محصول بر حسب کیلوگرم و I حجم آب آبیاری در طول فصل رشد بر حسب متر مکعب می‌باشد. لازم به ذکر است در طول دوره رشد 10 میلی‌متر بارندگی به وقوع پیوست که در محاسبه کارآیی مصرف آب نیز لحاظ گردید.

نتایج نشان داد، پربازده‌ترین روش آبیاری، تیمار آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت (8/23 کیلوگرم بر متر مکعب) بود. کارآیی مصرف آب آبیاری برای تیمار آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر، 5/91 کیلوگرم بر متر مکعب و تیمار آبیاری جویچه‌ای کامل، 4/58 کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد. به عبارتی کارآیی مصرف آب در تیمار آبیاری یک در میان ثابت و تیمار آبیاری یک در میان متغیر به‌ترتیب 1/8 و 1/3 برابر کارآیی مصرف آب در تیمار آبیاری کامل می‌باشد. خورشیدی و ناصری (1387) اعلام داشتند به‌ازای راندمان‌های مختلف کاربرد آب از 40 تا 100 درصد دامنه تغییرات کارآیی مصرف آب در گوجه‌فرنگی بین 2/7 تا 8/9 کیلوگرم بر متر مکعب در نوسان بود. نورمهناد و همکاران (1386) بیشترین راندمان مصرف آب گوجه‌فرنگی را در تیمار آبیاری بخشی ناحیه ریشه (PRD) با تامین 75 درصد نیاز آبی و کمترین آن را در تیمار کم‌آبیاری با تامین 50 درصد نیاز آبی گزارش کردند. همچنین گلکار و همکاران (1387) در بررسی اثر میزان آبیاری تحت کشت گوجه‌فرنگی بیان داشتند حداکثر عملکرد محصول و حداکثر بازده مصرف آب در تیمار 100 درصد نیاز آبی (آبیاری کامل) بدست آمد و با کاهش مصرف آب به میزان 20، 40 و 60 درصد نیاز آبی عملکرد محصول نیز به‌ترتیب 24، 57 و 74 درصد کاهش یافت. همانطور که مشاهده می‌شود یافته‌های فوق با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

نتایج شینی‌دشتگل و همکاران (1388) نشان داد، تیمار آبیاری یک در میان متغیر کمترین حجم آب مصرفی بیشترین کارآیی مصرف آب و عملکرد نیشکر و شکر تولیدی را داشت. همچنین هنر و سپاسخواه (1385) گزارش نمودند محصول دانه ذرت در آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و متغیر 42 و 51 درصد کمتر از آبیاری معمولی است در حالی که مقدار مصرف آب آبیاری بترتیب 34 و 48 درصد کاهش یافت. همانگونه که مشاهده می‌شود نتایج این تحقیق با تحقیق هنر و سپاسخواه (1385) مطابقت و با تحقیق شینی-دشتگل و همکاران (1388) مغایرت دارد. دلیل این امر می‌تواند در اختلاف نوع گیاه، خاک و اقلیم باشد. همچنین در آزمایش حاضر میزان آب مصرفی در تیمارهای آبیاری یک در میان ثابت و متغیر برابر در نظر گرفته شده است در حالی که در تحقیقات مذکور چنین نیست.

بر اساس نتایج بدست آمده از کارآیی مصرف آب کاهش نسبی عملکرد در تیمارهای کم‌آبیاری می-تواند از طریق صرفه جویی در مصرف آب جبران گردد و حداکثر بهره‌وری آب را به همراه داشته باشد. در اثر کم‌آبیاری از طرفی تا 50 درصد در مصرف آب نسبت به آبیاری کامل می‌تواند صرفه‌جویی شود و البته در

مقابل مقداری کاهش عملکرد نیز اتفاق می‌افتد. اگر چنانچه زمین عامل محدودکننده تولید نباشد و تنها آب عامل محدودکننده باشد آنگاه می‌توان با آب صرفه-جویی شده از طریق اعمال کم آبیاری سطح بیشتری را زیر کشت برد و عملکرد کل و در نهایت درآمد را افزایش داد. اما در این راستا با توجه به یافته‌های تحقیق جاری روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت نسبت به روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر بهینه‌تر و اقتصادی‌تر عمل کرده است..

نتیجه‌گیری

با توجه به حساسیت گیاه گوجه‌فرنگی به کم-آبی، گرچه در تیمارهای کم‌آبیاری به صورت آبیاری جویچه‌ای یک در میان افت محصول بوجود آمد اما در عوض مقابل حجم مقدار آب مصرفی در طول دوره رشد تقریباً نصف گردید. بنابراین در شرایطی که زمین عامل محدودکننده تولید نباشد سطح زیر کشت را می-توان به دو برابر افزایش داد و در نتیجه مقدار محصول را نسبت به تیمار آبیاری جویچه‌ای کامل ارتقاء بخشید. لذا با توجه به عملکردها در تیمارهای کم‌آبیاری، مطمئنا تیمار آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت نسبت به تیمار آبیاری یک در میان متغیر از نظر اقتصادی مقرون به صرفه خواهد بود به‌طوری‌که می‌تواند کارآیی مصرف آب را تا 1/8 برابر بهبود بخشد.

پیشنهادات

در ایران انجام تحقیقات گسترده برای تعیین سناریوهای مناسب مدیریت کم‌آبیاری و شناخت واکنش گیاهان استراتژیک به این سناریوهای ضروری می‌باشد.

منابع مورد استفاده

احمد آلی خ و خلیلی م، 1386. ارزیابی اثر کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه ای در منطقه میاندوآب. مجله پژوهش آب ایران. شماره 1 (1). صفحه های 17 تا 23.

اسفندیاری ص، 1387. مقایسه فنی و اقتصادی روش آبیاری سطحی با قطره‌ای روی محصول گوجه‌فرنگی در کشت زیر پوشش پلاستیک در منطقه جیرفت. گزارش پژوهشی موسسه فنی و مهندسی کشاورزی، شماره ثبت 87/1500.

اکبری م، 1377 . تأثیر کم‌آبیاری بر عملکرد چغندر قند. مجموعه مقالات نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. آبان ماه. تهران. صفحه 187 تا 200.

انصاری ح، میرلطیفی س م و فرشی ع ا، 1385. تأثیر کم‌آبیاری و کارآیی مصرف آب ذرت زودرس. مجله علوم خاک و آب. شماره 20 (2). صفحه‌های 338 تا 348.

توکلی ع و فرداد ح، 1378. ارزیابی اقتصادی کم‌آبیاری روی محصول چغندرقند جهت بهینه‌سازی مصرف آب. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد 30. شماره 3. صفحه‌های 575-584.

خرمیان م، 1381. بررسی اثر کم‌آبیاری به روش جویچه‌ای یک در میان بر عملکرد ذرت دانه ای در شمال خوزستان. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. جلد 3. شماره 11. صفحه‌های 91-101.

خواجه عبداللهی م ح و سپاسخواه ع، 1375. بررسی اقتصادی آبیاری جویچه‌ای یک در میان با دورهای مختلف برای ذرت. مجله آب و توسعه، شماره 15. صفحه‌های54 تا 60.

خورشیدی م ب و ناصری ا، 1387. کارآیی مصرف آب در گوجه فرنگی برای شرایط اقلیمی مغان. اولین کنگره ملی فناوری تولید و فرآوری گوجه‌فرنگی. بهمن ماه. مشهد.

خیرابی ج، توکلی ع، انتصاری م ر و سلامت ع، 1375. دستورالعمل های کم‌آبیاری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

رمضانی م ح، 1376 . کم‌آبیاری و تاثیر تنش خشکی روی سه واریته نیشکر، پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه گیلان.

سرائی تبریزی م، بابازاده ح، پارسی نژاد م و مدرس ثانوی ع م، 1389. بهبود کارآیی مصرف آب سویا با استفاده از آبیاری بخشی منطقه ریشه (Partial Root Drying). علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال چهاردهم ، شماره 52. صفحه‌های 1 تا 13.

سپاسخواه ع، 1375. کم‌آبیاری به روش جویچه‌ای یک در میان. هشتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی. آبان ماه. تهران.

شینی دشتگل ع، جعفری س و بنی‌عباسی ن، 1384. بررسی توزیع رطوبت در جویچه های آبیاری نشده در آبیاری شیاری به روش یک جویچه در میان در مزارع نیشکر جنوب اهواز. نهمین کنگره علوم خاک ایران، شهریور ماه، تهران.

شینی دشتگل ع، جعفری س، بنی‌عباسی ن و ملکی ع، 1385. اثر آبیاری یک جویچه در میان روی خصوصیات کمی و کیفی نیشکر. همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی ایران، اهواز.

شینی دشتگل ع، کشکولی ح ع، ناصری ع و برومندنسب س، 1388. اثر آبیاری جویچه ای یک در میان روی کارآیی مصرف آب و ویژگی‌های نیشکر در جنوب اهواز. علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، سال سیزدهم ، شماره 49. صفحه‌های 45 تا 57.

علیزاده ا، 1384. رابطه آب، خاک و گیاه. انتشارات دانشگاه امام رضا.

گلکار ف، فرهمند ع ر و فرداد ح، 1387. بررسی تأثیر میزان آب آبیاری بر عملکرد و بازده مصرف آب در گوجه‌فرنگی. مجله مهندسی آب. سال اول. صفحه‌های 13 تا 19.

محمدی م، لیاقت ع و مولوی ح،1390. اثر توام تنش شوری و خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی در شرایط مزرعه‌ای. مجله علوم و مهندسی آب (پذیرفته شده و در نوبت چاپ).

نورجو ا، زمردی ش و امامی ع. 1380. بررسی اثرات سطوح مختلف آبیاری در زراعت گوجه‌فرنگی. مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب. اسفند ماه. زابل.

نورمهناد ن، نوری امامزاده ئی م ر، قربانی ب و محمدخانی ع، 1386. بررسی تاثیر کم آبیاری سنتی و آبیاری بخشی بر عملکرد و راندمان مصرف آب گوجه فرنگی. نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر. بهمن ماه. کرمان.

هنر ت و سپاسخواه ع ر، 1385. مدیریت بهینه آب در سطح مزرعه. صفحه‌های 1188 تا 1191. همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. اردیبهشت ماه. اهواز.

Fischbach PE and Somerhalder BR, 1971. Efficiencies of an automated surface irrigation system with and without a run off re-use system. Trans. ASAE 14 (4): 717-719.

Ghahreman B and Sepaskhah AR, 1994. Optimum water deficit in irrigation management at a semi-arid region of Iran, Pp. 127-134, Vol.1. Paper 1015. 17th European Regional Conference on Irrigation and Drainage.

Grieve CM, Shannon MC and Dierig DA, 1999. Salinity effects on growth, shoot-ion relations, and seed production of Lesquerella fendleri. Reprinted from: Perspectives on New Crops and New Uses, J. Janick (Ed.), ASHS Press, Alexandria, VA.

Kirda C, Cetin M, Dasgan Y, Topcu S, Kaman H, Ekici B, Derici MR and Ozguven AI, 2004. Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation. Agricultural Water Management 69: 191-201.

Payero JO, Tarkalson DD, Irmak S, Davison D and Petersen JL, 2009. Effect of timing of a deficit-irrigation allocation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency and dry mass. Agricultural Water Management. 96: 1387–1397.

Sepaskhah AR, Tavakoli AR and Mousavi F, 2006. Deficit irrigation, principals and practice. No. 100. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID). 29lp. (in Farsi)

Yildirim E, Taylor AG and Spittler TD, 2006. Ameliorative effects of biological treatments on growth of squash plants under salt stress. Scientia Horticulturae 111: 1–6.