نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۷، ص. ۵۰۰-۴۸۹

Journal of Water and Soil
Vol. 32, No. 3, Jul.-Agu. 2018, p. 489-500

ارزیابی تأثیر شوری آب آبیاری و تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد گوجه‌گیلاسی

جواد رمضانی مقدم[1*]- یاسر حسینی[2]- محمدرضا نیک‌پور[3]- عطیه عبدلی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۰۵

چکیده

بیشترین سهم مصرف منابع آب در ایران مربوط به بخش کشاورزی است. بنابراین جهت صرفه‌جویی در منابع آب، اولویت با کاهش میزان آب آبیاری است و یکی از راهکارهای مهم در این راستا، استفاده از منابع آب نامتعارف می‌باشد. بدین‌منظور در این پژوهش اثر استفاده از آب‌شور بر عملکرد گوجه‌گیلاسی تحت شرایط تنش خشکی مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای اعمال شده شامل شوری آب آبیاری (در دو سطح S_1= ۴ و S_2 = ۷ دسی زیمنس بر متر) و تنش خشکی (در سه سطح، آبیاری در نقاط ۴۰، ۵۰ و ۶۵ درصد تخلیه رطوبتی خاک به‌ترتیب I_1، I_2 و I_3) بودند. طرح آزمایشی مورد استفاده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد که اثر تنش شوری آب آبیاری بر عملکرد، مجموع تبخیر و تعرق و کارآیی مصرف آب (به‌ترتیب در سطوح یک، پنج و پنج درصد) معنی‌دار شد. همچنین بیشترین اثر کاهشی تنش شوری روی عملکرد گوجه‌گیلاسی (با مقدار ۲۷ درصد کاهش مربوط تیمار شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر) مشاهده شد. از طرفی استفاده از آب شور (۷ دسی‌زیمنس بر متر) موجب کاهش ۱۹/۲ درصدی کارآیی مصرف آب نسبت به تیمار شاهد شد. دلایل این کاهش صفات مورد بررسی می‌تواند به‌خاطر اثر منفی پتانسیل اسمزی، کاهش تبخیر و تعرق کل و تجمع یون‌ها در اندام حساس پایینی باشد. از طرفی گرچه افزایش شوری موجب کاهش عملکرد در سطح معنی‌دار یک‌درصد شده است، اما ممکن است در سال‌های آینده با محدودیت‌های شدید منابع آبی و افزایش هزینه‌های تهیه آن، این مقادیر کاهش عملکرد، اقتصادی و قابل توجیه باشد.

واژه‌های کلیدی: آب نامتعارف، کارآیی‌مصرف‌آب، کم‌آبیاری، گوجه گیلاسی

مقدمه

در سال‌های اخیر، کاهش روز افزون منابع آب و افزایش شوری آب‌های کشاورزی از مهم‌ترین معضلات بخش کشاورزی به‌حساب می‌آیند. از آن‌جایی‌که بیشترین مصرف آب مربوط به بخش کشاورزی است استفاده از روش‌های بهینه مصرف آب مانند کم‌آبیاری و مصرف آب‌های با کیفیت پایین (آب‌شور) می‌تواند در راستای حل مشکلات بیان‌شده کارگشا باشد. از طرفی باید دقت داشت که استفاده از آب شور به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک، انباشتگی فراوان نمک در منطقه توسعه ریشه و کاهش شدید محصول را در پی خواهد داشت که باید این مساله مدیریت و کنترل شود (۱۰ و ۱۱).

محمدی و همکاران (۱۷) در پژوهشی به‌بررسی ضرایب حساسیت گوجه‌فرنگی و بهینه‌سازی مصرف آب در شرایط توامان شوری و خشکی در شهرستان کرج پرداختند. تیمارها شامل سطوح شوری آب آبیاری (۰/۷، ۱ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر) و سطوح آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد تامین نیاز آبی گیاه) بودند. نتایج نشان داد که می‌توان با کمک افزایش عمق آب آبیاری، از شوری‌های بالاتر در آبیاری محصول استفاده کرد بدون اینکه عملکرد کاهش معنی‌داری (نسبت به آب‌های با شوری کمتر) داشته باشد.

البته نتایج بسیاری از تحقیقات بیانگر این است که شوری دارای اثر معنی‌دار بر عملکرد محصول و کاهش کارآیی مصرف آب می‌باشد (۱، ۷، ۱۸، ۱۹، ۲۱، ۲۲ و ۲۳). یکی از نکات قابل توجه در ارتباط با آثار تنش شوری، کاهش معنی‌دار هدایت هیدرولیکی ریشه‌ها است که در نتیجه آن شاخص کارآیی مصرف آب نیز کاهش می‌یابد. نتایج مطالعات بر روی واکنش گیاه به شوری نشان دهنده این است که بررسی واکنش گیاهان به شوری بالا در کوتاه مدت در مراحل رویشی می‌تواند به یک ارزیابی جامع با اطلاعات مفید منجر شود. همچنین مشخص شد که مقاومت گیاه به شوری یک صفت پیچیده است که تحت تأثیر عواملی چون ژنتیک گیاه، صفات فیزیولوژیکی و

۱ و ۳- استادیاران گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
(*- نویسنده مسئول: (Email: j_ramezani@uma.ac.ir
۲- دانشیار گروه علوم آبیاری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی
۴- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

DOI: 10.22067/jsw.v32i3.70395

پارامترهای محیطی قرار دارد (۱۶).

از طرفی بررسی‌ها نشان داده است که شوری از عوامل اصلی تنش‌زای محیطی است که موجب کاهش عملکرد و دارای اثر بازدارندگی در رشد و سوخت و ساز گیاهان می‌باشد. در اثر افزایش تنش شوری، توده و طول ساقه گیاه کاهش می‌یابد. افزایش شوری سبب کاهش یون‌های پتاسیم، کلسیم و منیزیم شد. تحقیقات نشان داده است برخی گیاهان از طریق جذب یون‌ها در اندام‌های مختلف خود نسبت به تنش شوری از خود مقاومت نشان می‌دهد. ضمن اینکه معمولاً اثر شوری بر وزن خشک ریشه کمتر از اندام‌های هوایی است. تجمع سدیم بخصوص در اندام‌های گیاه یکی از دلایل کاهش رشد است. افزایش شوری موجب افزایش معنی‌دار تراکم یونی سدیم و کلر در اندام‌های هوایی و ریشه می‌شود، به‌گونه‌ای که تجمع این یون‌ها در اندام هوایی (برگ و ساقه) بیشتر از ریشه است. از طرفی با افزایش تنش شوری، مقادیر یون‌های پتاسیم، منیزیم و کلسیم کاهش می‌یابند (۹).

نتایج مطالعات نوروزی و همکاران (۲۰) نشان داد که با افزایش شوری آب‌آبیاری، عملکرد ماده خشک، کیفیت مواد معدنی و علوفه، مقادیر کلسیم، منیزیم و پتاسیم موجود در اندام‌های هوایی ارزن علوفه‌ای به‌طور معنی‌داری (در سطح یک‌درصد) کاهش یافتند. از طرفی افزایش تنش شوری موجب افزایش محتوای سدیم و درصد فیبر خام شد. افزایش شوری باعث افزایش جذب سدیم، کاهش جذب پتاسیم و کلسیم و شوری موجب کاهش نسبت پتاسیم به سدیم شد. البته باید توجه داشت برخی از گیاهان قابلیت نگهداری یون‌ها را در خود داشته و با تجمع آن‌ها در اندام تحتانی موجب ممانعت از انتقال آن به اندام حساس پایینی شده و از طریق این راهکار نسبت به شوری مقاومت می‌کنند. همچنین حیدری‌نیا و همکاران (۱۱) در یک مطالعه لایسیمتری تاثیر مدیریت بقایای گندم و آب‌شور را در تغییرات شوری نیمرخ خاک مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها بر اساس نتایج به دست آمده پیشنهاد دادند که با استفاده از بقایای گیاهی می‌توان به طور معنی‌داری آثار منفی استفاده از آب‌شور در کشاورزی را کاهش داد.

از راهکارهای دیگر در راستای کاهش اثر شوری بر عملکرد محصول می‌توان به اختلاط آب‌شور و غیر شور اشاره کرد. مدیریت اختلاط (آب‌شور و غیر شور) می‌تواند موجب بهبود عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری در شوری‌های بالاتر شود. در یک تحقیق، نتایج آزمایش نشان داد به‌ازای افزایش هر واحد شوری خاک، به‌طور متوسط نه درصد کاهش محصول مشاهده می‌گردد (۱۹). روش تلفیقی به‌دلیل کاهش اثر اسمزی آب شور در مناطق مختلف، جهت استفاده در کشاورزی در حال بررسی می‌باشد. این روش می‌تواند جهت صرفه جویی در مصرف آب شیرین و استفاده از آب‌های نامتعارف و دارای کیفیت پایین به‌کار گرفته شود. با کمک این‌روش می‌توان ضمن تامین بخش قابل‌توجهی از آب آبیاری با استفاده از آب‌شور، باعث کاهش اثر منفی ناشی از پتانسیل اسمزی وارده به گیاه شد (۸).

کنتور[1] و همکاران (۲) در تحقیقی اثر مدیریت کم آبیاری (۱۰۰، ۵۰ و صفر (آبیاری دیم) درصد تامین نیاز آبی گیاه) را بر میزان عملکرد، کیفیت میوه و شاخص کارآیی مصرف آب گوجه‌گیلاسی[2] مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، تیمار مدیریت کم آبیاری دارای اثر معنی‌داری بر روی عملکرد و کیفیت گوجه گیلاسی داشت، به‌طوری که در تیمار I_{50} و I_0 به‌ترتیب ۵۲/۷ و ۸۰/۵ درصد کاهش عملکرد محصول نسبت به تیمار آبیاری کامل مشاهده شد. این کاهش محصول به‌علت کاهش وزن و تعداد محصول در خوشه بود. همچنین کمبود آب موجب کاهش شاخص کارآیی مصرف آب (در عملکرد گیاه و زیست توده) شد.

نتایج مطالعات طولانی‌مدت تونسی[3] و همکاران (۱۵) روی آثار شوری آب آبیاری نشان داد که اگرچه شوری بالا باعث کاهش معنی دار عملکرد پسته نشده است، اما با توقف استفاده از آب‌شور، عملکرد پسته به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین با افزایش شوری آب آبیاری نسبت مقادیر Ca/Na، K/Na، P/Na و N/Na تجمعی در برگ درختان پسته کاهش یافت. البته باید به این نکته دقت داشت که گرچه شوری یک عامل محیطی محدودکننده کیفیت و بهره‌وری عملکرد گیاه است، اما واکنش گیاهان نسبت به شوری یکسان نیست. به‌عنوان نمونه، در حالی‌که بیشتر گیاهان غلات نسبت به‌شوری حساس هستند تعدادی از علف‌های هالوفیت (مانند علف ریسمانی) توانایی تحمل شوری و رشد در این شرایط (حتی تا شوری حدود ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر) را دارند (۳). عامر (۱) در تحقیقی واکنش گیاه ذرت را تحت اثر سطوح مختلف شوری و آبیاری مورد بررسی قرار داد. در اثر افزایش شوری و یا کاهش آب آبیاری عملکرد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، ولی اثر متقابل این دو تیمار معنی‌دار نبود.

در سال‌های اخیر گسترش شهرنشینی، نفوذ فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی، وجود خشکسالی‌ها و بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب زیرزمینی در دشت اردبیل باعث افت کیفیت و سطح آب زیرزمینی آن شده است (۴). بنابراین با توجه به مطالب بیان شده در بالا، بررسی عملکرد و مدیریت کشت گیاه در شرایط تنش خشکی و شوری آب در شهرستان اردبیل امری ضروری و کاربردی به نظر می‌رسد. در تحقیق حاضر، اثر شوری‌های مختلف آب‌آبیاری بر عملکرد، شاخص کارآیی مصرف آب و تبخیر و تعرق گوجه‌گیلاسی تحت تنش خشکی مورد بررسی قرار گرفته است.

1- Cantore
2- Cherry tomato cluster
3- Mehdi Tounsi

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

Table 1- Physical and chemical properties of the studied soil

درصدکربن آلی % O.C	کلر Cl (meq/l)	کلسیم+ منیزیم Ca+Mg (meq/l)	بی‌کربنات HCO3 (meq/l)	ظرفیت زراعی (درصد) $\%\Theta_{FC}$	رطوبت اشباع (درصد) $\%\Theta_S$	هدایت الکتریکی خاک EC (dS/m)	چگالی ظاهری ρ_b (gr/cm^3)	بافت خاک Soil texture	درصد ذرات خاک Soil particles (%)		
									رس Clay	سیلت Silt	شن Sand
3.51	12	8.8	5	33	47	2.14	1.14	لومی رسی	30	36	34

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده

Table 2- Chemical properties of the used water

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	پتاسیم K (mg/l)	سدیم Na (mg/l)	کلر Cl (meq/l)	سولفات So_4 (mg/l)	کلسیم+ منیزیم Ca+Mg (meq/l)	بی کربنات HCO_3 meq/l	کربنات CO_3 meq/l
6.86	.646	2	98.5	0.8	50.199	3.2	5.3	0

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۵ در شهرستان اردبیل مرکز استان اردبیل انجام شد. شهرستان اردبیل دارای آب و هوای سرد و کوهستانی است. محل انجام تحقیق دارای طول جغرافیایی '۴۸°۱۷ شرقی و عرض جغرافیای '۳۸°۱۲ شمالی و ارتفاع ۱۳۸۴ متر از سطح دریا می‌باشد. این تحقیق در شرایط گلخانه و در دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد.

مشخصات خاک مزرعه‌ای که جهت کشت به گلدان‌های مورد آزمایش منتقل شد در جدول ۱ ارایه شده است. بر اساس نتایج جدول ۱، بافت خاک لومی رسی است. همچنین مقادیر رطوبت حجمی در نقاط رطوبتی اشباع و ظرفیت مزرعه به‌ترتیب برابر ۴۷ و ۳۳ درصد و مقدار کربن آلی برابر ۳/۵۱ درصد به‌دست آمد. همچنین در جدول ۲ خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده در این تحقیق ارایه شده است (تیمار شاهد).

در این مطالعه، تیمارها شامل شوری آب آبیاری و تنش خشکی بودند. تیمار شوری آب آبیاری در دو سطح (S_1= ۴ و S_2 = ۷ دسی زیمنس بر متر) و تیمار تنش خشکی در سه سطح (آبیاری در نقاط ۴۰، ۵۰ و ۶۵ درصد تخلیه رطوبتی خاک به‌ترتیب I_1، I_2 و I_3) انجام شد. طرح آزمایشی در این پژوهش فاکتوریل بود که در قالب بلوک-های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد.

از طرفی جهت مقایسه عملکرد گیاه در شرایط تنش خشکی و شوری با شرایط بدون تنش، از تیمار شاهد با مشخصات شوری کمتر از یک دسی‌زیمنس و آبیاری بدون تنش خشکی در سه تکرار استفاده شد. محاسبات آماری در این تحقیق، با کمک نرم‌افزار (VERSION MSTATC (2.10 انجام شد. ترکیب تیمارهای طرح آماری این تحقیق در جدول ۳ ارایه شده است.

همچنین در شکل ۱ نحوه جانمایی تیمارهای طرح آماری ارایه شده است. در این آزمایش، گوجه‌گیلاسی در گلدان‌هایی با قطر و ارتفاع به‌ترتیب ۲۶ و ۲۷ سانتی‌متر کشت شد. در هر گلدان ۸/۵ کیلوگرم خاک (با مشخصات بیان‌شده در جدول ۱ قرار داده شد. خاک‌ها در دو مرحله در درون گلدان‌ها ریخته شد و تا حد ممکن سعی شد تراکم مناسب جهت رسیدن به چگالی ظاهری خاک مزرعه رعایت شود. برای کشت گوجه‌گیلاسی از نشاء استفاده شد (در هر گلدان یک نشاء گوجه‌گیلاسی). اولین آبیاری در اواسط تیرماه ۱۳۹۵ و آخرین آبیاری در اواسط آبان ۱۳۹۵ صورت گرفت.

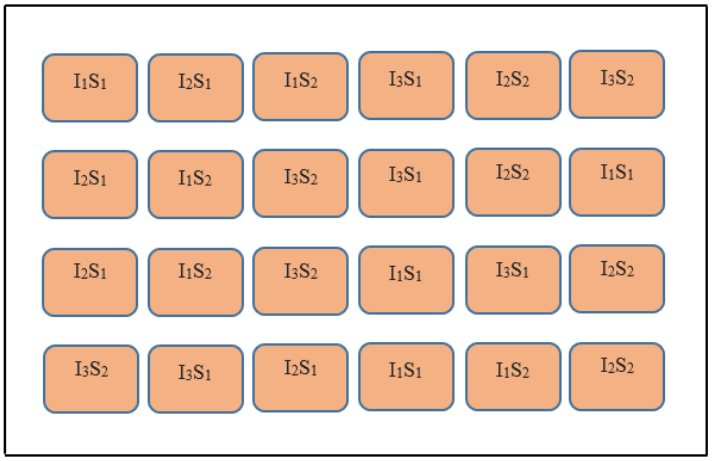
جدول ۳- ترکیب تیمارهای طرح آماری

Table 3- Combination of statistical design treatments

تنش خشکی Drought stress	شوری آب آبیاری (ds/m) Irrigation water salinity	
	S_2= 7	S_1= 4
I_1= %40 SMD	I_1S_2	I_1S_1
I_2= %50 SMD	I_2S_2	I_2S_1
I_3= %65 SMD	I_3S_2	I_3S_1

اعمال تیمارها حدود دو ماه بعد از اولین آبیاری نشاء گوجه گیلاسی انجام شد و در این مدت هیچ‌گونه تنش خشکی و شوری به گیاه وارد نشد. از طرفی برای راحت انجام شدن زهکشی، در کف گلدان‌ها دو سانتی‌متر فیلتر شنی قرار داده شد.

برای اعمال تیمارهای مختلف شوری از ترکیب نمک کربنات کلسیم و کلرید سدیم (با نسبت ۲:۱) جهت جلوگیری از تأثیر سدیم بر ساختمان خاک استفاده شد.



شکل ۱- جانمایی طرح آماری

Figure 1- Lay out of statistical design

به‌منظور اندازه‌گیری رطوبت خاک و تعیین زمان آبیاری از دستگاه رطوبت‌سنج مدل PMS-714 استفاده شد (۱۳). به‌منظور اطمینان از صحت کار دستگاه رطوبت‌سنج، پیش از شروع کار دستگاه واسنجی شد. رابطه ریاضی مربوط به واسنجی دستگاه رطوبت‌سنج مدل PMS-714 در زیر ارایه شده است (رابطه (۱)).

$$\Theta_{VR} = 7.6703\Theta_V^{2.658} \quad (۱)$$

در رابطه (۱)، Θ_{VR}: رطوبت حجمی اندازه‌گیری شده توسط دستگاه رطوبت‌سنج مدل PMS-714 و Θ_V: رطوبت حجمی اندازه گیری شده به روش مستقیم اندازه‌گیری رطوبت است. همچنین مقدار ضریب R^2 در این رابطه برابر ۰/۹۲ به‌دست آمد که بیانگر میزان برازش بالا بین مقادیر رطوبت اندازه‌گیری شده توسط دستگاه و روش مستقیم می‌باشد.

مقادیر تبخیر و تعرق گیاه نیز از طریق اندازه‌گیری‌های روزانه وزن گلدان‌ها و محاسبه اختلاف دو روز متوالی به‌دست آمد.

همچنین جهت محاسبه کارآیی مصرف آب از رابطه پیشنهادی فائو (رابطه ۲) استفاده شد.

$$WUE=(Y/ET)\times ۱۰۰ \quad (۲)$$

که در رابطه (۲)، WUE: شاخص کارآیی مصرف آب (برحسب کیلوگرم بر متر مکعب)، Y: عملکرد (بر حسب تن در هکتار) و ET: تبخیر و تعرق گیاه (بر حسب میلی‌متر) می‌باشد (۱۴).

از طرفی جهت تعیین میزان حساسیت عملکرد گیاه به تنش خشکی از رابطه (۳) که توسط فائو ارایه شده است استفاده شد.

$$1-(Y/Y_{max})=K_y\times(1-(ET/ET_{max})) \quad (۳)$$

در رابطه (۳):

Y: مقدار عملکرد واقعی گیاه، Y_{max}: بیشینه عملکرد گیاه، ET: تبخیر و تعرق واقعی گیاه، ET_{max}: بیشینه تبخیر و تعرق گیاه و K_y: ضریب واکنش عملکرد گیاه نسبت به تنش خشکی است (۵).

نتایج و بحث

بررسی نتایج آماری

نتایج تحلیل آماری اثر تیمارهای تنش خشکی و شوری بر عملکرد، اجزای عملکرد، کارآیی مصرف آب و مجموع تبخیر و تعرق در جدول ۴ ارایه شده است. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می گردد اثر متقابل دو عامل تنش خشکی و شوری بر پارامترهای مورد مطالعه معنی‌دار نبود. نتایج مطالعات عامر (۱) نیز نشان داد اثر متقابل شوری و کاهش میزان آب آبیاری بر مقدار عملکرد گیاه معنی‌دار نیست. از طرفی بر اساس نتایج جدول ۴، اثر تیمار تنش خشکی فقط بر تعداد گل در هر گلدان (در سطح پنج درصد) معنی دار بود. نتایج برخی تحقیقات مشابه نیز موید این مطلب بود. به‌طور نمونه در تحقیقی که بر روی گیاه گوجه‌فرنگی انجام شد، نتایج نشان داد میان سود خالص به‌دست آمده در اثر اعمال ۲۵ درصد کم آبیاری و آبیاری کامل تفاوتی وجود نداشت که این کاهش حجم آب مصرفی و هزینه در سطح کشور رقم بسیار قابل توجهی است (۶).

اما از طرفی بررسی اثر تیمار شوری آب آبیاری بر مجموع تبخیر و تعرق، عملکرد گوجه‌فرنگی و کارآیی مصرف آب به‌ترتیب در سطوح پنج، یک و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). در جدول ۵ مقایسه میانگین صفات با کمک آزمون دانکن برای تیمار شوری آب آبیاری ارایه شده است که در ادامه هر کدام از صفات به‌طور مفصل مورد بحث قرار گرفته است.

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده

Table 4- Analysis results of variance of the measured characteristics

منابع تغییرات Sources of variance	درجه آزادی Df	مجموع تبخیر وتعرق Total of evapotranspiration	عملکرد Yield	کارآیی مصرف آب WUE	تعداد میوه در هر گلدان Number of fruits per pot	تعداد گل در هر گلدان Number of flower per pot
تکرار Replication	3	207.57 ns	1245.4 ns	9.06 ns	40.15 ns	55.48 ns
تنش خشکی Drought stress (A)	2	159.22 ns	773.7 ns	31.44 ns	120.12 ns	*543.04
شوری آب Water salinity (B)	1	*976.65	**3626.04	*60.8	26.04 ns	35.04 ns
تنش خشکی × شوری A × B	2	76.74 ns	123.04 ns	3.99 ns	76.79 ns	38.29 ns
خطا Error	15	199.5	337.7	9.48	54.88	93.9

ns،* و ** : به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی دار و اختلاف معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می باشند

ns, * and **: Non significant , significant $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$, respectively

جدول ٥- میانگین تبخیر و تعرق کل، عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری گوجه‌گیلاسی در دو تیمار شوری آب آبیاری

Table 5- Average Total of evapotranspiration, yield and irrigation water productivity of the Cherry tomato cluster in the two irrigation water salinity treatments

شوری آب آبیاری (ds/m) irrigation water salinity	مجموع تبخیر و تعرق (mm) Total of evapotranspiration	عملکرد در هر گلدان (gr) Yield per pot	کارآیی مصرف آب ($kg.m^{-3}$) Water use efficiency
S_1 = 4	144 a	91.5 a	11.968 a
S_2 =7	131.3 b	66.9 b	9.617 b

حرف یکسان در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین اعداد با احتمال0.05 >p است

Same letters at each column are indicating not significant difference between numbers at probability p<0.05

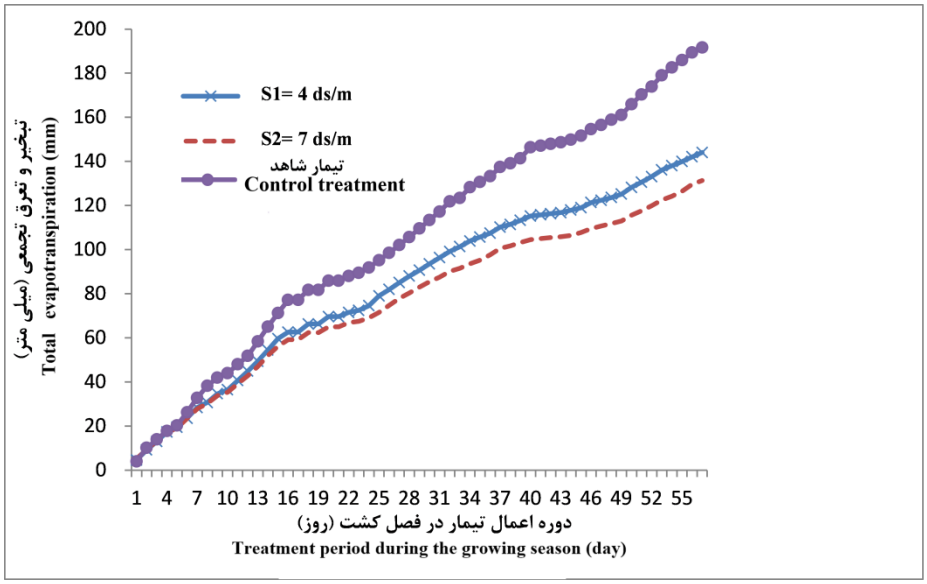
مجموع تبخیر و تعرق

بر اساس نتایج این تحقیق (جدول ۴) اثر شوری آب‌آبیاری بر مجموع تبخیر و تعرق گوجه‌گیلاسی در سطح پنج درصد معنی‌دار بود.

مطابق داده‌های جدول ۵ میزان کل تبخیر و تعرق (در دوره اعمال تیمار شوری آب آبیاری) در تیمار S_2 حدود ۱۰ درصد نسبت به تیمار S_1 کاهش یافته است. از آن‌جایی که تبخیر و تعرق گیاه رابطه مستقیم با عملکرد آن دارد این مساله می‌تواند موجب کاهش عملکرد گیاه گردد که حتما باید در مدیریت آبیاری به آن توجه شود. حیدری‌نیا و همکاران (۹) نیز در تحقیقات خود مشاهده کردند که با افزایش شوری آب‌آبیاری از ۲ دسی‌زیمنس بر متر به ۴/۵ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر مقدار تبخیر و تعرق به‌ترتیب ۱۲/۴ و ۲۴/۸ درصد کاهش یافت.

یکی از این راهکارهایی که می‌تواند اثر منفی شوری را تا حد زیادی جبران نماید افزایش مقدار آب آبیاری در شوری‌های بالاتر است. نتایج پژوهش محمدی و همکاران (۱۷) نشان داد می‌توان باکمک افزایش عمق آب آبیاری، از شوری‌های بالاتر در آبیاری محصول استفاده کرد بدون اینکه عملکرد کاهش معنی‌داری (نسبت به آب‌های با EC کمتر) داشته باشد.

مقایسه روند تبخیر و تعرق در طول فصل کشت (دوره اعمال تیمار) بین تیمارهای شوری و شاهد در شکل ۲ ارایه شده است. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌گردد در هفته اول مقادیر تبخیر و تعرق در تیمارهای شوری و شاهد تقریباً یکسان بوده است که نشان می‌دهد هنوز گیاه تحت تأثیر شوری و اثرات منفی آن قرار نگرفته است. در ادامه از هفته دوم تفاوت بین تیمارهای شوری و شاهد به وضوح دیده می شود و از هفته سوم هم تفاوت بین مقادیر شوری متوسط (S_1) و بیشتر (S_2) مشخص می‌گردد.



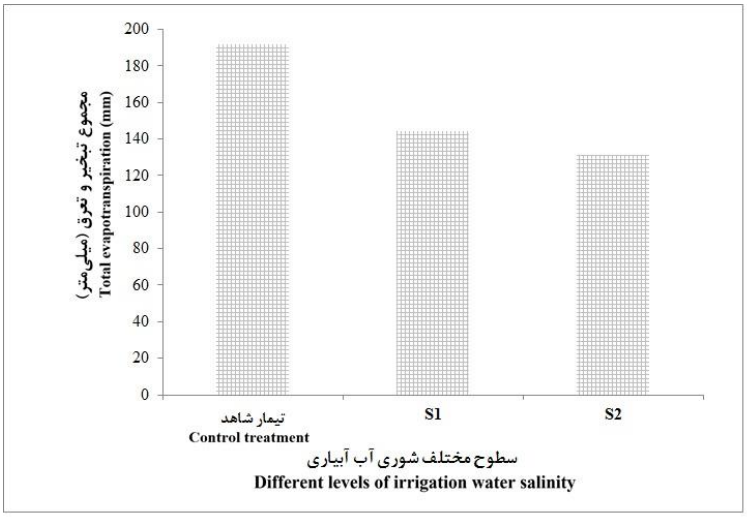
شکل ۲- مقایسه روند تبخیر و تعرق تجمعی در تیمارهای مختلف

Figure 2- Comparison of cumulative evapotranspiration in different treatments

مقایسه مجموع تبخیر و تعرق در طول دوره اعمال تیمار در دو سطح شوری S_1 و S_2 با تیمار شاهد در شکل ۳ ارایه شده است. بر اساس نتایج این تحقیق، مقادیر تبخیر و تعرق در تیمارهای شوری S_1 و S_2 به ترتیب ۲۵ و ۳۲ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافته است (شکل ۳). از دلایل کاهش تبخیر و تعرق در تیمارهای شور نسبت به تیمار شاهد می‌توان به شرایط ایجاد شده در اثر تنش شوری مانند تجمع نمک در ناحیه ریشه و کاهش تهویه در تیمارهای دارای آب شور اشاره کرد (۱۲).

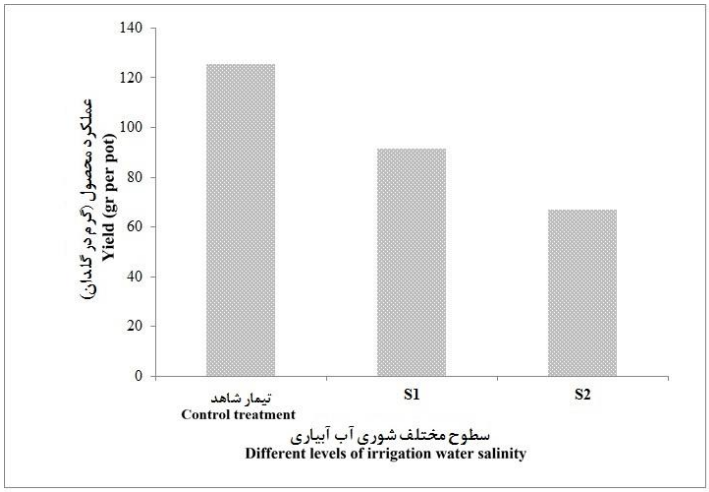
عملکرد

نتایج این تحقیق بیانگر اثر معنی‌دار (کاهشی) شوری آب آبیاری بر عملکرد گوجه‌گیلاسی بود (جدول ۴). همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌گردد با افزایش میزان شوری آب آبیاری از چهار به هفت دسی‌زیمنس بر متر میزان عملکرد ۲۷ درصد کاهش یافت. نتایج بسیاری از تحقیقت مشابه بیانگر کاهش معنی‌دار عملکرد و شاخص های رشد گیاه در اثر آبیاری با آب‌شور داشته است (۷، ۱۰، ۱۱، ۱۵، ۱۶، ۱۹، ۲۱، ۲۲ و ۲۳).



شکل ۳- مقایسه مجموع تبخیر و تعرق در تیمارهای مختلف

Figure 3- Comparison of total evapotranspiration in different treatments



شکل ٤- مقایسه عملکرد در تیمارهای مختلف

Figure 4- Comparison of yield in different treatments

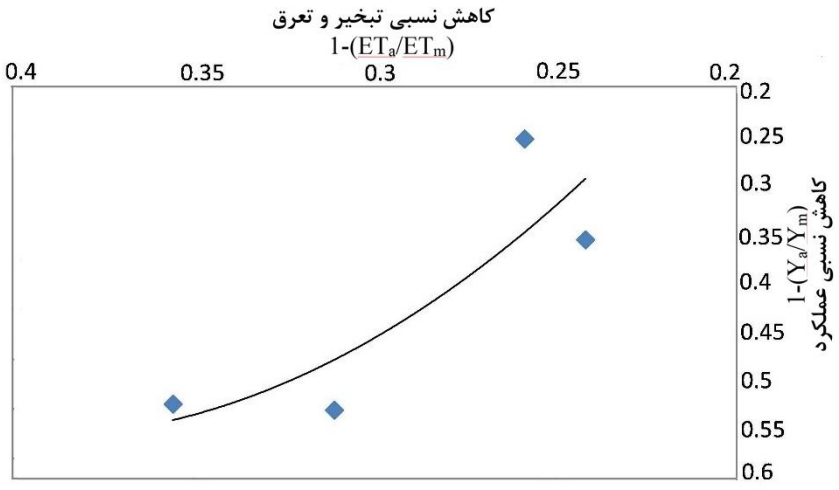
به‌طور مثال نتایج مطالعات نصرالهی و همکاران (۱۹) و حیدری‌نیا و همکاران (۹) نشان دادکه استفاده از تیمارهای آب آبیاری شور از ۴ تا ۶ و ۴ تا ۷ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب موجب کاهش عملکرد با مقادیر ۲ تا ۲۰ درصد و ۲۳ تا ۵۹ درصد می‌شود.

همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌گردد میزان عملکرد در تیمارهای شوری S_1 و S_2 به‌ترتیب ۲۷/۲ و ۴۶/۷ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافته است. یکی از دلایل اصلی کاهش عملکرد در اثر افزایش شوری آب آبیاری می‌تواند کاهش میزان تبخیر و تعرق گیاه باشد.

بررسی سایر تحقیقات مشابه نشان داد افزایش شوری موجب کاهش عملکرد، اجزای عملکرد و کاهش نسبت پتاسیم به سدیم در تیمارهای شور نسبت به تیمار شاهد می‌شود. در این پژوهش‌ها راهکارهایی جهت کاهش اثرات منفی شوری وارده بر عملکرد گیاه ارایه شد که اختلاط آب‌شور با آب‌شیرین یکی از این روش‌ها می‌باشد که می‌تواند موجب کاهش اثر منفی ناشی از پتانسیل اسمزی وارده به گیاه گردد (۸ و ۲۰).

بررسی تغییرات ضریب واکنش به عملکرد به آبیاری

رابطه بین کاهش نسبی تبخیر و تعرق با کاهش نسبی محصول به‌وسیله نمودار در شکل ۵ ارایه شده است.



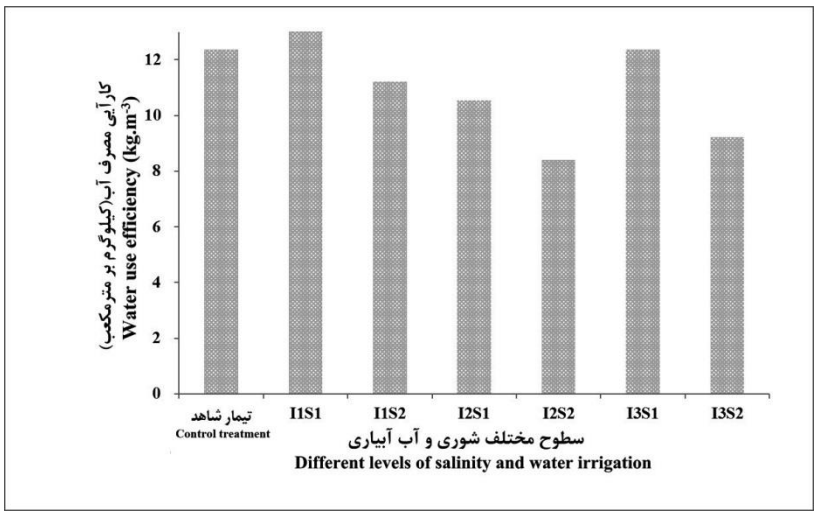
شکل ٥- رابطه کاهش نسبی تبخیر و تعرق و کاهش نسبی عملکرد

Figure 5- Relation between relative reduction of evapotranspiration and relative reduction of yield

همان‌طور که در شکل مشاهده می‌گردد با بالا رفتن مقادیر کاهش نسبی تبخیر و تعرق، میزان عملکرد هم کاهش می‌یابد. در این تحقیق مقادیر K_y بین ۰/۹۷ تا ۱/۶۷ متغیر بود. میانگین مقادیر K_y برابر با ۱/۳۹ به‌دست آمد که نسبت به مقدار K_y گزارش شده توسط فائو برای گیاه گوجه‌فرنگی در شرایط تنش خشکی (برابر با ۱/۰۵) بیشتر است. علت این امر می‌تواند اثر قابل توجه شوری آب آبیاری بر عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی باشد. محمدی و همکاران (۱۷) در تحقیقی مشابه دریافتند که با افزایش افت‌نسبی تبخیر و تعرق، میزان افت نسبی عملکرد گوجه‌فرنگی افزایش می‌یابد. آن‌ها در تحقیق‌شان مقادیرK_y را برابر ۱/۰۹ تا ۲/۹۴ به‌دست آوردند.

شاخص کارآیی مصرف آب

میانگین مقادیر کارآیی مصرف آب در تیمارهای مختلف شوری و آب آبیاری در شکل ۶ ارایه شده است. همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌گردد کمترین و بیشترین مقادیر کارآیی مصرف آب مربوط به تیمار I_2S_2 و I_1S_1 به ترتیب برابر با ۸/۴۱ و ۱۳/۰۲ کیلوگرم بر مترمکعب بودند. اما به‌طور کلی بر اساس نتایج این تحقیق، فقط اثر تیمار شوری آب آبیاری بر کارآیی مصرف آب (در سطح پنج‌درصد) معنی‌دار بود (جدول ۴).



شکل ٦- مقایسه کارآیی مصرف آب در تیمارهای مختلف

Figure 6- Comparison of water use efficiency in different treatments

از طرفی، مقدار شاخص کارآیی مصرف آب در تیمار شاهد برابر ۱۲/۳۷ کیلوگرم بر متر مکعب به‌دست آمد (شکل ۶). بر اساس نتایج این تحقیق، مقدار شاخص کارآیی مصرف آب در تیمارهای S_1 و S_2 به‌ترتیب ۳/۴ و ۲۲/۳ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. این نتایج بیانگر این است که اختلاف ناچیزی از نظر میزان کارآیی مصرف آب بین تیمار شاهد و تیمار S_1 وجود داشت در حالی‌که این تفاوت بین تیمار شاهد و تیمار S_2 قابل توجه و معنی‌دار بود.

در تحقیقات مشابه اثر معنی‌دار و کاهشی شوری آب آبیاری بر مقدار شاخص کارآیی مصرف آب تایید شده است (۲، ۱۶، ۱۸ و ۱۹). نتایج تحقیق میشل مولز و همکاران (۱۶) روی گوجه‌فرنگی نشان داد که در اثر تنش شوری، هدایت هیدرولیکی ریشه‌ها به‌طور معنی داری کم شده و در نتیجه میزان کارآیی مصرف آب کاهش یافت.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر شوری آب آبیاری بر گیاه گوجه‌گیلاسی در شرایط اعمال تنش خشکی مورد بررسی قرار گرفت. به‌طور کلی نتایج این تحقیق بیانگر اثر معنی‌دار شوری آب‌آبیاری بر مقادیر مجموع تبخیر و تعرق، عملکرد و کارآیی مصرف آب (به‌ترتیب در سطوح پنج، یک و پنج درصد) بود. بر اساس نتایج این تحقیق، با افزایش شوری آب آبیاری از چهار به هفت دسی‌زیمنس بر متر، میزان کل تبخیر و تعرق ۱۰ درصد کاهش یافت. از طرفی در اثر تنش شوری اعمال شده میزان عملکرد گوجه‌فرنگی در بیشترین مقادیر شوری آب آبیاری تا ۲۷ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت که یکی از دلایل اصلی آن می‌تواند کاهش میزان تبخیر و تعرق کل در فصل کشت باشد.

در پایان، نکته مهمی که باید به آن توجه داشت این است که گرچه بر اساس نتایج این تحقیق استفاده از آب شور آبیاری موجب

کاهش عملکرد، تبخیر و تعرق کل و کارآیی مصرف آب به‌ترتیب برابر ۲۷، ۸/۹ و ۱۹/۲ درصد نسبت به تیمار شاهد شد، اما چه بسا در آینده‌ای نزدیک با افزایش میزان هزینه‌های تولید آب و کاهش کمی و کیفی منابع آب، حتی مقادیر بیان شده نیز از نظر اقتصادی قابل قبول و توجیه‌پذیر باشند. بنابراین انجام مطالعات در زمینه اثر شوری بر کشت و شاخص‌های کارآیی مصرف آب و مباحث اقتصادی مربوط به آن امری ضروری به‌نظر می‌رسد.

منابع

1- Amer K.H. 2010. Corn crop response under managing different irrigation and salinity levels. Agricultural Water Management, 97:1553– 1563.

2- Cantore V., Lechkar O., Karabulut E., Sellami M.H., Albrizio R., Boari F., Stellacci A.M., and Todorovic M. 2016. Combined effect of deficit irrigation and strobilurin application onyield, fruit quality and water use efficiency of "cherry" tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Agricultural Water Management, 167:53–61.

3- Courtney A.J., Xu J., and Xu Y. 2016. Responses of growth, antioxidants and gene expression in smooth cordgrass (*Spartina alterniflora*) to various levels of salinity. Plant Physiology and Biochemistry, 99: 162- 170.

4- Daneshvar Vousoughi F., Dinpashoh Y., and Aalami M. 2011. Effect of drought on groundwater level in the past two decades (case study: Ardebil Plain). Water and Soil Sience, 21(4): 165- 179. (In Persian with English abstract)

5- Doorenbos J., and Kassam A.H. 1979. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage paper no. 33.

6- Faalian A., Ansari H., Kafi M., Alizadeh A., and Moghaddasi M. 2015. Effect of combined salinity and drought stress on economy of soilless culture of greenhouse tomato. Journal of Water Research in Agriculture, 29(3):317-330. (In Persian with English abstract)

7- Faalian A., Ansari H., Kafi M., Alizadeh A., and Moghaddasi M. 2015. Effect of combined salinity and water stress on tomato yield in soilless culture. Journal of Water Research in Agriculture, 29(4):447-463. (In Persian with English abstract)

8- Ghaedi S., Afrasiab P., and Liaghat A.M. 2016. Comparison of conjunction methods of sorghum grown in saline and non-saline water and salt adjustment- physiological properties in the soil profile. Journal of Irrigation Science and Engineering, 39(1):167-179. (In Persian with English abstract)

9- Heydarnejad S., and Ranjbar Fordoii A. 2014. Assessment of salinity stress on some growth characteristics and ion accumulation in Seidlitzia rosmarinus. Journal of Desert Ecosystem Engineering, 4:1-10. (In Persian)

10- Heydarynia M., Naseri A.A., and Broomandnasb S. 2016. Effect of wheat residues management and irrigation with saline water on spring maize yield and soil profile salinity changes. Journal of Water Research in Agriculture, 30(3):285-298. (In Persian with English abstract)

11- Karandish F., and Torajzadeh A.A. 2015. Effect of irrigation method with saline water on yield of sorghum and improving water and nutrient use efficiency. Journal of Water Research in Agriculture, 29(1):49-61. (In Persian with English abstract)

12- Karimi Gh. H. 2012. Groundwater contribution with different salinities on providing maize water requirements and maize yields. Ph.D. Thesis. Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran. (In Persian with English abstract)

13- Kesari Sh., Mandal R., Bhunia G.S., Kumar K., and Das P. 2014. Spatial distribution of P. argentipes in association with agricultural surrounding environment in North Bihar, India. Journal of Infection in Developing Countries, 8(3):358-364.

14- Kheirabi J., Tavakkoli A.R., Entesari M.R., and Salamat A.R. 1996. Deficit irrigation manual. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage, Tehran. (In Persian)

15- Mehdi Tounsi H., Chelli Chaabouni A., Mahjoubb Boujnah D., and Boukhris M. 2017. Long-term field response of pistachio to irrigation water salinity .Agricultural Water Management, 185:1– 12.

16- Michele Moles T., Pompeiano A., Huarancca Reyes T., Scartazza A., and Guglielminetti L. 2016. The efficient physiological strategy of a tomato landrace in response to short-term salinity stress. Plant Physiology and Biochemistry, 109: 262- 272.

17- Mohammadi M., Liaghat A.M., and Molavi H. 2010. Optimization of water use and determination of tomato sensitivity coefficients under combined salinity and drought stress in Karaj. Journal of Water and Soil, 24(3):583-592. (In Persian with English abstract)

18- Mohammadi M., Liaghat A.M., Parsinejad M., and Hasanoghli A.R. 2011. Evaluation of effect of surface and groundwater irrigation with saline water on yield, yield components and water use efficiency of Tomato. Journal of Water Research in Agriculture, 25(1):47-55. (In Persian with English abstract)

19- Nasrolahi A.H., Houshmand A.R., and Broomandnasab S. 2015. Evaluation of Maize response to salinity under drip irrigation and irrigation management. Journal of Irrigation Science and Engineering, 38(4):25-32. (In Persian with English abstract)

20- Norouzi H., roshanfekr H.A., hasibi P., and mesgarbashi M. 2014. Effect of irrigation water salinity on yield and

quality of two forage millet cultivars. Journal of Water Research in Agriculture, 28(3):551-560. (In Persian with English abstract)

21- Ors S., and Suarez D.L. 2017. Spinach biomass yield and physiological response to interactive salinity and water stress. Agricultural Water Management, 190: 31– 41.

22- Reis M., Coelho L., Santos G., Kienle U., and Beltrao J. 2015. Yield response of stevia (Stevia rebaudiana Bertoni) to the salinity of irrigation water .Agricultural Water Management, 152: 217– 221.

23- Yazdani V., Davari K., Ghahreman B., and Kafi M. 2015. Modeling the effects of salinity and water deficit stress on growth and yield parameters of two cultivars of Canola. Journal of Irrigation Science and Engineering, 38(4):137-154. (In Persian with English abstract)

Journal of Water and Soil
Vol. 32, No. 3, Jul.-Agu. 2018, p. 489-500

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۷، ص. ۵۰۰-۴۸۹

Evaluation the Effects of the Irrigation Water Salinity and Water Stress on Yield Components of Cherry Tomato

J. Ramezani Moghaddam[1*]- Y. Hosseini[2]- M. R. Nikpour[3]- A. Abdoli[4]

Received: 31-01-2018
Accepted: 26-05-2018

Introduction: The largest share of water consumption in Iran is related to the agricultural sector. Therefore, in order to save water resources, priority is given to reducing irrigation water consumption. On the other hand, reducing of water quality and salinization are the main problems which are commonly found in the areas with limited water resources. One of the most important effects of salinity is the reduction of yield and its inhibitory effects on plant growth and metabolism. Also, increasing salinity can reduce potassium, calcium and magnesium ions. One of the significant points regarding the effects of salinity stress is a significant decrease in the hydraulic conductivity of the roots, which leads to a decrease in the water use efficiency index. According to the food and agriculture organization (FAO), more than 40 percent of Iran's irrigated lands are affected by salinity stress, which is generally found in dry and semi-arid areas. Therefore, studying the combined effect of stress caused by salinity and water stress can be used to provide management solutions for irrigation and crop production.

Materials and Methods: This study was conducted in greenhouse laboratory at University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran during August to November 2016. In this research, the effects of saline water on cherry tomato yield under water stress conditions were investigated. The applied treatments included irrigation with saline water (in two levels: S_1=4ds/m and S_2=7ds/m) and water stress (in three levels, irrigation at 40, 50 and 65% field capacity, respectively, I1, I2,I3). The experimental design used in this research was a completely randomized block design with four replications. On the other hand, in order to compare the plant yield under water stress and salinity conditions with non-stress conditions, control treatment with salinity characteristics less than 1ds/m and irrigation without water stress were used in three replications. In this experiment, cherry tomatoes were cultivated in the pots with diameter and height of 26 and 27 centimeters, respectively. The moisture meter (Model: PMS-714) was also used to measure soil moisture and determine the irrigation time. The most important parameters included cherry tomato yield, total evapotranspiration and water use efficiency index. It should be mentioned that analyses of the results were done by MSTATC software (Version: 2.10).

Results and Discussion: The results of this study showed that the interaction between two factors of water and salinity stress on the parameters was not significant, but the effects of salinity stress on yield, total evapotranspiration and water use efficiency (in two levels: 2% and 5%) are significant. Also, the greatest effect of salinity stress on cherry tomato yield was observed, so that by increasing the amount of irrigation water salinity from 4 to 7 ds/m, the yield was decreased by 27%. Also, the performance in salinity treatments of S_1 and S_2 decreased by 27.2% and 46.7%, respectively, compared to the controled treatment. Probably the reason for the yield reduction caused by decreasing in plant evapotranspiration and plant growth and metabolism. In addition, water use efficiency index in treatments of S_1 and S_2 decreased by 3.4% and 22.3%, respectively, compared to the controlled treatment. As it can be seen, the differences in water use efficiency between the control and S_1 treatments were not significant. In this study, the average values of Ky (plant response coefficient to salinity and water stresses) were achieved 1.39, which was higher than the value that was reported by FAO for tomato plant under water stress conditions (equal to 1.05). This can be due to the significant effect of saline irrigation water on the yield of the tomato plants. Finally, based on the results of this research, it can be said that although salinity decreased yield significantly at 1% confidence level, in the coming years, with severe water resource

1 and 3- Assistant Professors of Water Engineering Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran
(*- Corresponding Author Email: j_ramezani@uma.ac.ir)
2- Associate Professor of Irrigation Department, Agriculture and Natural Resources Faculty of Moghan, University of Mohaghegh Ardabili
4- Former M.Sc. Student in Irrigation and Drainage, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili

constraints and increased costs for its preparation, this yield loss can be economical and feasible.

Conclusions: In this research, the effect of saline water on cherry tomato yield under water stress conditions was investigated. According to the results of this study, with increasing salinity of irrigation water from 4 to 7 ds /m, total evapotranspiration decreased by 10%. On the other hand, due to salinity stress, tomato yield was decreased to 27% in the most salinity levels of irrigation water compared to control treatment; one of the main reasons of which could be the reduction of total evapotranspiration in the growing season. In the end, the important point to note is that although, based on the results of this study, utilization of irrigation saline water decreased the yield, total evapotranspiration and water use efficiency by 27%, 8.9% and 19.2%, respectively compared to the control treatment, but in the near future, by increasing the water production costs and the quantitative reduction of water resources, even use of saline water is economically feasible and justifiable.

Keywords: Irrigation water salinity, Water stress, Water use efficiency, Yield of cherry tomato cluster