

اثر شوری آب آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب سه رقم پنبه (*Gossypium hirsutum* L.)

مجید جعفر آقایی و امیر هوشنگ جلالی^{*۱}

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۹/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۲۵)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری بر عملکرد سه رقم پنبه، آزمایشی به مدت دو سال (۸۸-۱۳۸۷) به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی رودشت اصفهان اجرا شد. برای تهیه سطوح شوری مورد نظر، از مخلوط آب چاه، آب رودخانه زاینده‌رود و آب زه‌کش استفاده گردید. کرت‌های اصلی شامل سطوح شوری (۴، ۷، ۱۰ و ۱۳ دسی‌زیمنس بر متر) و کرت‌های فرعی شامل سه رقم پنبه (B557، تابلا دیلا و دلتا پاین ۱۶ به عنوان شاهد) بودند. نتایج نشان داد که با افزایش سطح شوری، عملکرد هر سه رقم پنبه کاهش یافت. بیشترین مقدار عملکرد (۴۶۰۲ کیلوگرم و ش در هکتار) مربوط به رقم دلتا پاین ۱۶ بود که در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد. با افزایش سطح شوری از ۴ به ۷، ۱۰ و ۱۳ دسی‌زیمنس بر متر، درصد کاهش شاخص بهره‌وری آب آبیاری ارقام تابلا دیلا، دلتا پاین ۱۶ و B557 به ترتیب برابر بود با (۲۵/۵، ۶۳/۷ و ۱۷۵)، (۲۲/۶، ۵۸ و ۱۸۹) و (۲۶، ۶۵/۵ و ۱۹۶). در همه سطوح شوری، شاخص بهره‌وری آب آبیاری در رقم تابلا دیلا بیشترین مقدار را داشت (۰/۴۲۴، ۰/۳۳۸، ۰/۲۵۹ و ۰/۱۵۴ کیلوگرم بر مترمکعب به ترتیب در سطوح شوری ۴، ۷، ۱۰ و ۱۳ دسی‌زیمنس بر متر). به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که در سطوح شوری ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر، رقم دلتا پاین ۱۶، به دلیل عملکرد بیشتر، قابل توصیه است. اما در شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر، رقم تابلا دیلا به‌طور معنی‌داری عملکرد بیشتری نسبت به دو رقم دیگر داشت. از نقطه نظر مقاومت به شوری، رقم B557 قابلیت رقابت با ارقام تابلا دیلا و دلتا پاین ۱۶ را نداشت.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، پنبه، رودشت

۱. اعضای هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: jalali51@yahoo.com

مقدمه

شوری یکی از تنش‌های مهم غیرزنده است که می‌تواند عملکرد محصولات کشاورزی را کاهش دهد. به دلیل کاهش کیفیت آب آبیاری، مشکل شوری خاک در سال‌های آینده حادتر خواهد شد (۱۴). در ایران، خاک‌هایی که تحت تأثیر شوری قرار دارند در دهه‌های ۱۹۶۰، ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ میلادی به ترتیب برابر ۱۵/۵، ۱۸ و ۲۳-۱۶ میلیون هکتار برآورد شده است (۲۴). سالانه بیش از ۱۰۵ هزار هکتار از زمین‌های زراعی در ایران به کشت پنبه (با میانگین عملکرد ۲۴۳۰ کیلوگرم و ش در هکتار) اختصاص می‌یابد (۳). تدابیر اندیشیده شده برای مقابله با شوری به دو گروه مدیریت آبیاری و زه‌کشی در شرایط شوری خاک و آب و هم‌چنین افزایش تحمل گیاهان به شوری متمرکز گردیده است (۲۲). تحمل گیاهان به شرایط شوری یکسان نیست. رودز و همکاران (۲۷) با انجام مطالعه مزرعه‌ای ثابت کردند که شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر آب آبیاری برای گیاهان متحمل به شوری قابل استفاده است. در پژوهشی سه ساله توسط آیاز و همکاران (۶)، عملکردهای قابل قبولی از کشت پنبه و چغندر قند با استفاده از آب آبیاری با شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر، مشروط به استفاده از یک آبیاری قبل از کشت با شوری کم، به دست آمد. در پژوهش اشرف و احمد (۴) سه رقم حساس (MNH-147، Culture 604-4، B-1580 (ne)) و سه رقم متحمل (MNH-156، Culture 728-4، B-557) به شوری پنبه در شرایط گلخانه تحت تأثیر سطوح مختلف شوری قرار داده شدند.

اگرچه عملکرد و اجزای عملکرد هر شش رقم به‌طور منفی تحت تأثیر افزایش شوری قرار گرفت، اما ارقام مقاوم کاهش عملکرد کمتری داشتند. نتایج حاصل از آزمایش به کارگیری تیمارهای مختلف آب شور (۲/۳، ۶/۲ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) روی پنبه رقم ورامین توسط فیضی (۱۳) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی رودشت نشان داد که تیمارهای مختلف مصرف آب‌های شور با کاهش عملکرد و ش پنبه، جوانه زدن و ارتفاع گیاه همراه بود. کاهش عملکرد پنبه به‌واسطه استفاده از

آب آبیاری شور در روش‌های آبیاری سطحی، در مقادیر شوری ۵/۱، ۶/۴، ۸/۴ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب صفر، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ درصد گزارش شده است (۱۲).

منطقه رودشت اصفهان با وسعت ۴۶ هزار هکتار یکی از دشت‌های چهارگانه استان اصفهان محسوب می‌گردد که در شرقی‌ترین قسمت حوضه زاینده‌رود واقع گردیده است (۱۰). براساس گزارش نادری و کریمی (۲۱)، اطلاعات ماهواره‌ای ثبت شده در یک دوره ۱۴ ساله (۱۹۷۶ تا ۱۹۹۰ میلادی) در این منطقه، بیانگر افزایش ۲۰ درصدی اراضی با شوری متوسط و دو برابر شدن اراضی با محدودیت زه‌کشی است. پنبه و جو از محصولات غالب در این ناحیه محسوب می‌شوند. براساس پژوهش دهقانی و همکاران (۱۱) در منطقه رودشت، در صورتی که شوری آب به حدود ۶ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یابد، عملکرد پنبه نیز کاهش و به ۵۱٪ عملکرد پتانسیل خواهد رسید. آستانه تحمل پنبه به شوری بستگی به میزان آبیاری مزرعه داشته و در شرایطی که مقدار آبیاری کل فصل بیشتر از ۵۰۰ میلی‌متر باشد آستانه تحمل نیز افزایش می‌یابد (۸). در پژوهش آنالقی (۲) تأثیر چهار سطح شوری ۲، ۶، ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر بر عملکرد سه رقم پنبه مطالعه گردید. در این پژوهش، آستانه تحمل برای سه رقم ورامین، بختگان و سای اکرا به ترتیب ۴/۱، ۴/۸ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر و آستانه کاهش ۵۰٪ عملکرد به ترتیب ۱۲/۰۵، ۱۳/۳۱ و ۱۲/۵۶ دسی‌زیمنس بر متر گزارش شد. کمبود آب شیرین در نواحی خشک و نیمه خشک به چالشی برای آبیاری محصولات زراعی در کشورهایی که در این نواحی واقع شده‌اند تبدیل شده است. یکی از رویکردها برای غلبه بر این محدودیت، مخلوط کردن آب‌هایی با کیفیت‌های متفاوت و به‌دست آوردن آبی با کیفیت قابل قبول برای تولید محصولات است. در پژوهش حاضر، با مخلوط کردن آب چاه، رودخانه زاینده‌رود و آب زه‌کش و به‌دست آوردن سطوح مختلف شوری در شرایط مزرعه، تأثیر تنش شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم پنبه مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی رودشت (طول جغرافیایی $20^{\circ} 52'$ شرقی، عرض جغرافیایی $30^{\circ} 32'$ شمالی و ارتفاع متوسط 1510 متر از سطح دریا) در استان اصفهان به مدت دو سال (۸۸-۱۳۸۷) انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. برخی ویژگی‌های خاک محل مورد مطالعه، در سه عمق مختلف، در جدول ۱ و میانگین ۱۷ ساله دما و بارندگی براساس آمار اداره کل هواشناسی اصفهان (۱۵)، در شکل ۱ نشان داده شده است. کرت‌های اصلی را سطوح مختلف شوری (۴، ۷، ۱۰ و ۱۳ دسی‌زیمنس بر متر) و کرت‌های فرعی را سه رقم پنبه (B557، تابلا دیلا و دلتاپاین ۱۶ به عنوان شاهد) تشکیل می‌دادند. تاکنون اثر شوری آب و خاک بر رقم تابلا دیلا بررسی نشده است؛ اما ارقام گروه دلتاپاین (با شماره‌های مختلف) جزو ارقام نسبتاً مقاوم به شوری محسوب می‌شوند (۲۵). رقم B557 براساس گزارش اشرف و احمد (۴) جزو ارقام متحمل به شوری در مرحله رشد رویشی است. برای آبیاری از مخلوط آب رودخانه زاینده‌رود (شرقی‌ترین قسمت حوضه زاینده‌رود)، آب چاه و آب زه‌کش استفاده شد. ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری قبل و بعد از اختلاط در جداول ۲ و ۳ ذکر گردیده است. برای جلوگیری از راه یافتن آب به کرت‌های مجاور، فواصل کرت‌های فرعی ۲ متر در نظر گرفته شد. براساس آنالیز نمونه‌های آزمایشگاهی، ترکیب عناصر در آب مربوط به هر سه منبع در دو سال آزمایش تفاوت معنی‌داری نداشت. برای به‌دست آوردن شوری‌های مورد نظر، چند حوضچه ذخیره آب ساخته شد. براساس شوری مورد نیاز، از طریق لوله، آب از منابع مختلف (چاه، رودخانه و یا زه‌کش) وارد این حوضچه‌ها گردید. با تغییر مقدار آب ورودی از هر منبع و با استفاده از یک شوری‌سنج دستی (Model 933100 Hanna Instruments, USA)، شوری آب حوضچه‌ها براساس مقادیر مورد نظر تنظیم شد.

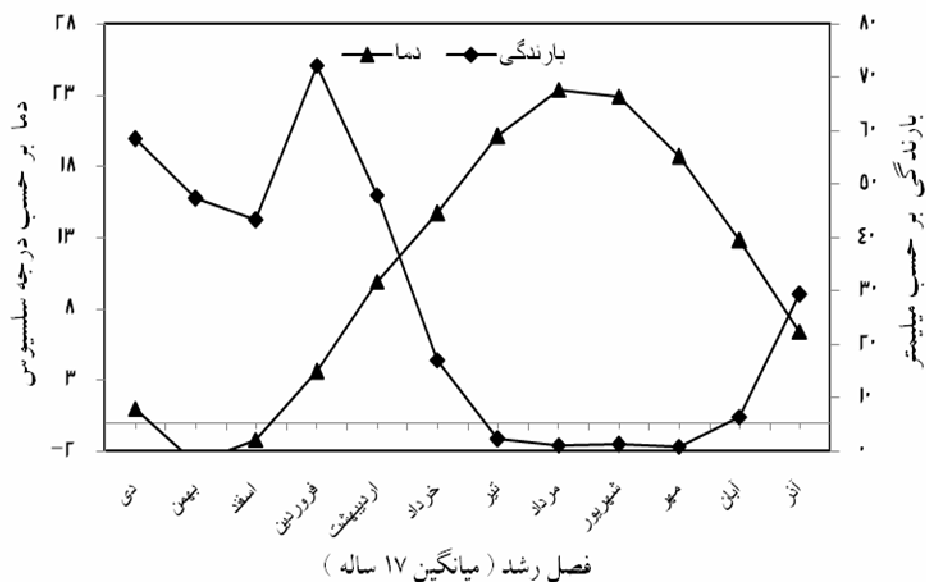
ارقام پنبه در کرت‌هایی به ابعاد $3/5 \times 6$ متر در ۸ اردیبهشت

در هر دو سال کاشت و در ۲۲ آبان (چین اول) و ۱۳ آذر (چین دوم) برداشت گردید. فواصل بین و روی ردیف به ترتیب ۷۰ و ۱۵ سانتی‌متر انتخاب گردید، به گونه‌ای که تراکم ۹۵۰۰۰ بوته در هکتار به‌دست آید. قبل از کشت در سال دوم (اوایل بهار) با آبیاری سنگین (آب چاه) شستشوی املاح سال قبل انجام شد. کودهای پایه براساس آزمون خاک استفاده گردید. مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر (به صورت سوپر فسفات تریپل) و ۴۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (به صورت سولفات پتاسیم) قبل از کشت به خاک اضافه شد. برای تأمین نیاز نیتروژن گیاه، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (به صورت اوره) (نیمی هنگام کشت و نیم دیگر قبل از گل‌دهی) استفاده شد.

آبیاری، هنگامی که رطوبت ناحیه ریشه به 50% ظرفیت زراعی رسید انجام شد. از نظر زمانی، در مرحله گل‌دهی و رشد غوزه‌ها دور آبیاری حدود ۷ روز یک‌بار و در سایر مراحل حدود ۹-۱۲ روز یک‌بار آبیاری انجام گردید. برای اندازه‌گیری رطوبت خاک از دستگاه نوترون‌متر (Model 503DR HYDROPROBE, Australia) و برای اندازه‌گیری حجم آب از دبی‌سنج (File-Rite 285-820 Digital flow meter, USA) استفاده گردید. کلیه آزمایش‌های مربوط به آب و خاک مربوط به این پژوهش در آزمایشگاه بخش تحقیقات آب و خاک مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان انجام گردید. در هر برداشت، عملکرد طبیعی استان اصفهان انجام گردید. در هر برداشت، عملکرد و شش، تعداد غوزه در گیاه، وزن ۱۰ غوزه و درصد گیاهان کامل شده اندازه‌گیری گردید. شاخص بهره‌وری آب آبیاری براساس فرمول تانر و سینکلر (۳۴) محاسبه گردید، که از تقسیم عملکرد اقتصادی به مقدار آب مصرفی به‌دست می‌آید. داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS (۳۱) تجزیه و تحلیل گردید و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. با توجه به عدم تأثیر معنی‌دار سال برای عملکرد و اجزای عملکرد، از تجزیه مرکب دو سال آزمایش برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های خاک محل آزمایش

عمق خاک (سانتی‌متر)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	رطوبت ظرفیت زراعی (%)	رطوبت پژمردگی دائم (%)	وزن مخصوص (گرم بر سانتی‌متر مکعب)
۰-۳۰	۱۶	۴۵	۳۹	۳۰	۱۴	۱/۴۸
۳۰-۶۰	۲۰	۴۳	۳۷	۲۷	۱۳	۱/۴۶
۶۰-۹۰	۱۹	۴۴	۳۷	۲۶	۱۳	۱/۴۷



شکل ۱. میانگین ۱۷ ساله دما و بارندگی برای محل مورد آزمایش

جدول ۲. تجزیه شیمیایی آب برای سه منبع رودخانه، چاه و زهکش (میانگین دو سال)

منبع تأمین آب	شوری (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته	بی‌کربنات کلر	سولفات	آنیون‌ها (میلی‌اکی والان بر لیتر)	کلسیم + منیزیم	سدیم کاتیون‌ها	نسبت جذب سدیم
چاه	۱/۲	۷/۲	۲/۲	۱۱	۰/۲	۱۳/۴	۵/۴	۲/۵
رودخانه	۶/۹	۷/۴	۶/۵	۷۱	۳۲/۵	۱۱۰	۷۳	۱۶/۷
زهکش	۱۳	۷/۴	۴/۸	۱۰۰	۳۶/۲	۱۴۰/۲	۱۰۵	۲۴/۷

جدول ۳. تجزیه شیمیایی آب پس از اختلاط آب سه منبع رودخانه، چاه و زهکش (میانگین دو سال)

نسبت جذب سدیم	کاتیون‌ها	سدیم + منیزیم + کلسیم (میلی‌اکی والان بر لیتر)						بی‌کربنات کلر سولفات	اسیدیته	شوری (دسی‌زیمنس بر متر)
		سدیم	کاتیون‌ها	سدیم	منیزیم	کلسیم	آن‌یون‌ها			
۹/۱۲	۴۱/۸	۲۵/۸	۱۶	۴۰/۸	۱۰/۸	۲۶	۴	۷/۳	۴	
۱۷/۶	۱۱۱	۷۵	۲۶	۱۱۰	۳۲/۵	۷۱	۶/۵	۷/۴	۷	
۱۸/۵	۱۱۱/۸	۷۷/۲	۲۴/۶	۱۱۰/۸	۳۵/۸	۶۹/۹	۵/۱	۷/۴	۱۰	
۲۴/۷	۱۴۱	۱۰۵	۲۶	۱۴۰/۲	۲۶/۲	۱۰۰	۴/۸	۷/۴	۱۳	

نتایج و بحث

الف) عملکرد پنبه

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها در جدول ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که در این جدول دیده می‌شود، تأثیر تیمارهای شوری، رقم و هم‌چنین برهمکنش شوری و رقم بر عملکرد در سطح احتمال ۱٪ از نظر آماری معنی‌دار بود. از نظر عملکرد، در سطوح شوری ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر تقریباً روند یکسانی برای ارقام آزمایشی مشاهده شد (جدول ۵). بیشترین مقدار عملکرد مربوط به رقم دلتاپاین ۱۶ و به مقدار ۴۶۰۲ کیلوگرم در هکتار بود. در این رقم، با افزایش شوری به سطوح ۷، ۱۰ و ۱۳ دسی‌زیمنس بر متر، عملکرد وش به ترتیب ۱۲/۶، ۹۹ و ۱۱۸ درصد کاهش یافت (جدول ۵). روند مشابهی برای دو رقم دیگر نیز مشاهده گردید. رقم تابلا دیلا حالت حد واسط و رقم B557 کمترین مقدار عملکرد را تولید نمودند. عملکرد رقم تابلا دیلا در شوری‌های ۷، ۱۰ و ۱۳ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۱۰، ۳۳/۷ و ۱۳۱ درصد کاهش یافت. این اعداد برای رقم B557 به ترتیب برابر بود با ۱۳، ۴۰ و ۱۳۶ درصد. اگرچه رقم دلتاپاین ۱۶ در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به دو رقم دیگر بیشترین درصد کاهش عملکرد را داشت، اما با توجه به پتانسیل عملکرد بالای این رقم، حتی در این سطح شوری نیز بیشترین مقدار عملکرد (۴۰۸۶ کیلوگرم در هکتار) به این رقم اختصاص داشت. در

شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر، برخلاف نتایج بیان شده برای شوری‌های ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر، عملکرد رقم تابلا دیلا (۳۱۶۳ کیلوگرم در هکتار وش) به‌طور معنی‌داری نسبت به رقم دلتاپاین ۱۶ بیشتر بود. در شوری ۱۳ دسی‌زیمنس بر متر، تفاوت معنی‌داری بین عملکرد ارقام دلتاپاین ۱۶ و تابلا دیلا مشاهده نگردید و رقم B557 همچنان کمترین مقدار عملکرد را داشت. با توجه به نتایج به‌دست آمده، رقم دلتاپاین ۱۶ برای کشت در شرایطی که شوری تا ۷ دسی‌زیمنس بر متر باشد، مناسب‌تر از دو رقم دیگر است.

اما در سطوح شوری بالاتر (۱۰ دسی‌زیمنس بر متر)، رقم تابلا دیلا مناسب‌تر محسوب می‌شود. به نظر می‌رسد رقم B557 از نظر صفت مقاومت به شوری قابلیت رقابت با دو رقم دیگر را نداشته باشد. در پژوهش‌های قبل نیز وجود تفاوت بین و درون ارقام گیاهی در سطوح مختلف شوری بیان شده است (۱). استفاده از آب شور برای تولید محصول پنبه، به‌ویژه پس از جوانه‌زنی و استقرار، در پژوهش‌های مختلف بررسی شده است. آبارز و همکاران (۵) در یک پژوهش سه ساله و با استفاده از آبیاری قطره‌ای از آبی با شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و نسبت جذب سدیم (SAR) برابر با ۹ برای تولید پنبه (البته پس از استقرار اولیه آن با استفاده از آب با شوری کم) استفاده کردند. در این شرایط، عملکردی مشابه با عملکرد استفاده از آب با کیفیت مطلوب در کل دوره رشد به‌دست آمد. در هر

جدول ۴. تجزیه واریانس مرکب اثر کیفیت آب آبیاری و رقم بر برخی ویژگی‌های ارقام پنبه مورد آزمایش

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد وش	شاخص بهره‌وری آب آبیاری	وزن ده غوزه	تعداد غوزه در بوته	درصد بذرهاي سبز شده
سال (y)	۱	۱۱۳۰۵۹۱/۷ ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{ns}	۲۷۹/۱۴ ^{ns}	۲۳/۰۱ ^{ns}	۱۲۳/۷ ^{ns}
سال × تکرار	۶	۷۸۱۷/۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۲ ^{**}	۲/۱۲ [*]	۰/۷۸ ^{ns}	۳/۸ ^{**}
شوری آب آبیاری (a)	۳	۲۵۴۱۹۱۱۳/۸ ^{**}	۰/۲۷۶ ^{**}	۹۰۶/۱۷ ^{**}	۴۰/۰۳ ^{**}	۱۳۳۶/۸ ^{**}
y × a	۳	۵۲۵۵۶/۴ ^{**}	۰/۰۰۰۲ ^{**}	۲/۵۸ [*]	۱/۸۷ [*]	۱۳/۴۵ ^{**}
خطای (a)	۱۸	۳۷۴۹/۶	۰/۰۰۰۰۱	۰/۷۳	۰/۴۶	۰/۵
رقم (b)	۲	۳۶۴۷۵۳۶/۵ ^{**}	۰/۰۲۵ ^{**}	۶۴۴/۳ ^{**}	۱۹/۵۷ ^{**}	۳۹/۵ ^{**}
y × b	۲	۲۴۹۳۹/۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۱ ^{ns}	۲/۶ ^{ns}	۰/۱۹ ^{**}	۰/۲۹ ^{**}
a × b	۶	۵۶۱۳۷/۶ ^{**}	۰/۰۰۱ ^{**}	۵/۲ ^{**}	۰/۴۳ ^{**}	۲۱/۵ ^{**}
y × a × b	۶	۶۸۵۳/۷ ^{ns}	۰/۰۰۰۱ ^{**}	۲/۱ ^{ns}	۰/۱۴ ^{ns}	۴/۳۲ ^{ns}
خطای b	۴۸	۹۵۶۰/۸۵	۰/۰۰۰۰۰۱	۱/۴۵	۰/۵۳	۰/۴۲

ns و *، ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

جدول ۵. تأثیر برهمکنش رقم و سطوح شوری بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد بوته سبز شده

شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر)	رقم	عملکرد وش (کیلوگرم در هکتار)	وزن ده غوزه (گرم)	تعداد غوزه در بوته	درصد بذرهاي سبز شده
۴	تابلادیا	۴۲۳۱/۱ ^b	۷۲/۴ ^b	۲۵/۱۲ ^b	۸۲/۲۵ ^c
	دلتاپاین ۱۶	۴۶۰۲/۱ ^a	۷۴/۷ ^a	۲۶/۳۷ ^a	۹۱/۷۵ ^a
	B557	۳۷۸۶/۲ ^d	۶۶/۴ ^e	۲۴/۳۷ ^{bcd}	۸۹/۱۲ ^b
	تابلادیا	۳۸۳۵/۵ ^d	۶۸/۶ ^d	۲۴/۱۲ ^{cde}	۸۵/۵۰ ^d
۷	دلتاپاین ۱۶	۴۰۸۶/۴ ^c	۷۰/۰ ^c	۲۴/۸۷ ^{bc}	۸۷/۰۰ ^c
	B557	۳۳۴۱/۵ ^e	۶۰/۷ ^g	۲۳/۲۵ ^{fgh}	۸۷/۱۲ ^c
	تابلادیا	۳۱۶۳/۵ ^f	۶۵/۹ ^e	۲۵/۸۷ ^b	۸۲/۳۷ ^e
۱۰	دلتاپاین ۱۶	۲۳۱۵/۱ ^e	۶۵/۷ ^e	۲۳/۰۰ ^{def}	۸۲/۱۲ ^e
	B557	۲۶۹۷/۹ ^g	۵۵/۸ ⁱ	۲۲/۷۵ ^{gh}	۸۱/۰۰ ^f
	تابلادیا	۱۹۳۰/۳ ⁱ	۵۷/۹ ^h	۲۲/۵۰ ^h	۷۳/۷۵ ^g
۱۳	دلتاپاین ۱۶	۲۱۰۱/۹ ^h	۵۹/۹ ^g	۲۲/۷۵ ^{gh}	۷۴/۰۰ ^g
	B557	۱۶۰۰/۶ ^g	۵۳/۰ ^j	۲۱/۳۷ ⁱ	۶۹/۳۷ ^h

در هر ستون، حروف مشترک مشابه، از نظر آماری تفاوت معنی‌دار ندارند (دانکن ۰/۵).

صورت، استفاده مداوم از آب شور برای تولید محصولات، عملکرد آنها را طی چند سال کاهش می‌دهد. استفاده از آب زه‌کش (شوری ۱۱/۶ دسی‌زیمنس بر متر و نسبت جذب سدیم ۳۰) برای تولید پنبه در یک پژوهش ۹ ساله، سه سال کاهش عملکرد را به همراه داشت (۳۲). در پژوهش رازوک و وایتینگتون (۲۶) با استفاده از آب با شوری ۶/۶ دسی‌زیمنس بر متر، کاهش کمی و کیفی محصول و هم‌چنین افزایش درصد لپنت پنبه گزارش گردید.

ب) اجزای عملکرد پنبه

تأثیر برهم‌کنش سطوح شوری و رقم بر اجزای عملکرد پنبه در سطح ۱٪ از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۴). در هر سه رقم، اجزای عملکرد به‌طور منفی تحت تأثیر سطوح شوری قرار گرفت (جدول ۵). در شرایط مزرعه، اولین واکنش گیاهان به استفاده از آب شور، کاهش درصد جوانه‌زنی است. در این مطالعه نیز افزایش شوری با کاهش جوانه‌زنی و استقرار اولیه گیاه همراه بود. در سطوح شوری ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر، رقم دلتاپاین ۱۶ نسبت به دو رقم دیگر کمترین کاهش درصد سبز شدن، به دلیل افزایش شوری، را از خود نشان داد. ولی در سطوح شوری ۱۰ و ۱۳ دسی‌زیمنس بر متر بین دو رقم تابلا دیلا و دلتاپاین ۱۶ از این نظر تفاوتی مشاهده نشد. به‌طور مشابه، میشل و همکاران (۲۰) کاهش جوانه‌زنی و استقرار اولیه گیاهچه‌های پنبه را با استفاده از آب با شوری زیاد گزارش نمودند. در این پژوهش، ایجاد سله سطحی خاک، مقدار سدیم زیاد موجود در آب و تخریب ساختمان خاک، دلیل کاهش استقرار اولیه تشخیص داده شد. با افزایش شوری، تعداد و وزن غوزه‌ها نیز در هر سه رقم به طور معنی‌داری کاهش یافت. در سطح شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر، تعداد غوزه و وزن غوزه‌ها در رقم دلتاپاین ۱۶ به طور معنی‌داری بیشتر از دو رقم دیگر بود (جدول ۵). به‌طور مشابه، در پژوهش آناتالی (۲) نیز تعداد شاخه زایا و تعداد غوزه در بوته در سطوح شوری ۲ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری نداشت. در شوری ۷

دسی‌زیمنس بر متر، افزایش معنی‌دار وزن غوزه‌ها و هم‌چنین درصد سبز بیشتر رقم دلتاپاین ۱۶ دلیل برتری عملکرد آن نسبت به رقم تابلا دیلا بود. اما از نظر تعداد غوزه بین این دو رقم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در تیمار شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر، اگرچه وزن غوزه‌ها در دو رقم تابلا دیلا و دلتاپاین ۱۶ تفاوت معنی‌داری نداشت، اما تعداد غوزه در رقم تابلا دیلا به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. این مسأله یکی از دلایل اصلی برتری عملکرد تابلا دیلا نسبت به دلتاپاین ۱۶ در این سطح شوری محسوب می‌شود. رقم B557 در تمام سطوح شوری کمترین تعداد غوزه و وزن غوزه را داشت. با افزایش تنش شوری، که معمولاً با کاهش رشد گیاه همراه است، گل‌دهی و تشکیل غوزه‌ها در پنبه کاهش یافته و این تأثیر منفی بیشتر از طریق کاهش شاخه‌های جانبی گل‌دهنده (*Sympodia*) ایجاد می‌گردد (۱ و ۱۸). چودهاری و همکاران (۹) نیز با افزایش مقدار سدیم تبادل‌ی خاک، کاهش تعداد غوزه در مترمربع و هم‌چنین کاهش وزن غوزه‌ها را در دو لاین از جنس *hirsutum* (F-505 and F-846) و یک لاین از جنس *arborescens* (LD 327) گزارش نمودند.

ج) غلظت املاح خاک

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌گردد، با افزایش شوری آب، غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها نیز دچار افزایش قابل ملاحظه‌ای گردیده است. این افزایش می‌تواند غلظت عناصر مختلف در خاک را نیز دچار تغییر نماید. مقایسه تغییرات عناصر مختلف در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک در جداول ۶ و ۷ برای دو سال پژوهش نشان داده شده است. در سال اول، مقدار کاتیون‌ها نسبت به مقدار آنها قبل از کشت در شوری‌های ۴، ۷، ۱۰ و ۱۳ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۷۷، ۱۶۳، ۲۴۳ و ۳۳۲ درصد افزایش یافت (جدول ۶). روندی مشابه و افزایشی برای آنیون‌های خاک مشاهده گردید. یون‌های کلر و سولفات بیشترین سهم را در افزایش مقدار آنیون‌ها داشتند. افزایش آنیون‌ها و کاتیون‌های مختلف در سال دوم آزمایش نیز مشابهت

جدول ۶. تغییرات مقدار آنیون‌ها و کاتیون‌ها در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک تحت تأثیر افزایش شوری (سال ۱۳۸۷)

مشخصات خاک	شوری خاک (دسی‌زیمنس بر متر)						
	بی‌کربنات	کلر	سولفات	آنیون‌ها	کلسیم + منیزیم	سدیم	کاتیون‌ها
	میلی‌اکی والان بر لیتر						
قبل از کشت	۲/۲ ^a	۲۱ ^d	۱۷ ^d	۴۰ ^e	۱۳ ^e	۲۸/۲ ^e	۴۱/۲ ^e
پس از آبیاری با EC = ۴	۲/۰ ^a	۴۸ ^c	۲۲/۱ ^d	۷۲ ^d	۲۴ ^d	۳۹/۱ ^d	۷۳/۱ ^d
پس از آبیاری با EC = ۷	۲/۳ ^a	۵۶ ^c	۴۹ ^c	۱۰۷ ^c	۵۰ ^c	۵۸/۳ ^c	۱۰۸/۳ ^c
پس از آبیاری با EC = ۱۰	۲/۴ ^a	۶۹ ^b	۶۹ ^b	۱۴۱ ^b	۶۳ ^b	۷۷/۹ ^b	۱۴۱/۷ ^b
پس از آبیاری با EC = ۱۳	۲/۶ ^a	۸۳ ^a	۹۱ ^a	۱۷۷ ^a	۷۶ ^a	۱۰۲ ^a	۱۷۸/۳ ^a

در هر ستون، حروف مشترک مشابه، از نظر آماری تفاوت معنی‌دار ندارند (دانکن ۰.۵٪).

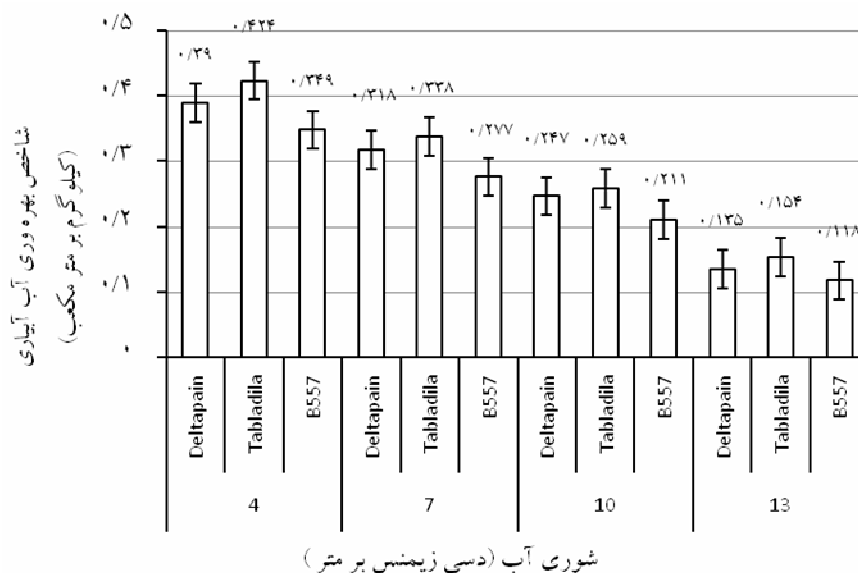
جدول ۷. تغییرات مقدار آنیون‌ها و کاتیون‌ها در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک تحت تأثیر افزایش شوری (سال ۱۳۸۸)

مشخصات خاک	شوری خاک (دسی‌زیمنس بر متر)						
	بی‌کربنات	کلر	سولفات	آنیون‌ها	کلسیم + منیزیم	سدیم	کاتیون‌ها
	میلی‌اکی والان بر لیتر						
قبل از کشت	۲/۵ ^a	۲۴ ^d	۲۰ ^d	۴۷ ^e	۱۴/۸ ^e	۳۴/۲ ^d	۴۸ ^e
پس از آبیاری با EC = ۴	۲/۱ ^a	۴۶ ^c	۲۸/۲ ^d	۷۶/۳ ^d	۳۷ ^d	۴۰/۳ ^d	۷۷/۳ ^d
پس از آبیاری با EC = ۷	۲/۵ ^a	۵۷ ^c	۴۷/۳ ^c	۱۰۶/۸ ^c	۵۱/۱ ^c	۵۶/۷ ^c	۱۰۷/۸ ^c
پس از آبیاری با EC = ۱۰	۲/۶ ^a	۶۸ ^b	۷۷/۹ ^b	۱۴۸/۵ ^b	۷۰/۵ ^b	۷۹ ^b	۱۴۹/۵ ^b
پس از آبیاری با EC = ۱۳	۲/۸ ^a	۸۷ ^a	۹۸/۲ ^a	۱۸۸ ^a	۸۴/۶ ^a	۱۰۴ ^a	۱۸۹ ^a

در هر ستون، حروف مشترک مشابه، از نظر آماری تفاوت معنی‌دار ندارند (دانکن ۰.۵٪).

رشد به سدیم نیاز نداشته و رشد آنها در مقادیر کم سدیم خاک انجام می‌گیرد (۱۹). سمیت یون‌های سدیم و کلر و تأثیر منفی آن بر عملکرد محصولات زراعی نیز در پژوهش‌های مختلف مورد تأکید قرار گرفته است (۳۳). سایرام و تیاگی (۲۹) تنش رطوبتی ناشی از تجمع نمک، سمیت یون سدیم و عدم توازن به وجود آمده در اثر برهمکنش نمک و عناصر غذایی موجود در خاک را دلایل اصلی کاهش عملکرد محصولات به‌واسطه افزایش شوری می‌دانند.

کامل با سال اول داشت (جدول ۷). اگرچه افزایش کلسیم می‌تواند آثار سوء مربوط به افزایش سدیم را تعدیل نماید، اما افزایش خود این عنصر (و یا همراه با منیزیم) می‌تواند تأثیر منفی بر عملکرد به جای گذارد. در پژوهش مزرعه‌ای برادو و همکاران (۷)، افزایش پ-هاش به همراه کلسیم و منیزیم با کاهش عملکرد و هم‌چنین کاهش کیفیت الیاف پنبه همراه بود. از سوی دیگر، عدم توازن عناصر در خاک نیز می‌تواند عملکرد محصول را کاهش دهد. روند افزایش سدیم خاک نسبت به کلسیم و منیزیم بیشتر بود (جداول ۶ و ۷). بیشتر گیاهان برای



شکل ۲. برهمکنش سطوح مختلف شوری آب آبیاری و ارقام آزمایشی پنبه بر شاخص بهره‌وری آب

د) شاخص بهره‌وری آب آبیاری

با افزایش سطح شوری، شاخص بهره‌وری آب آبیاری نیز در هر سه رقم مورد مطالعه کاهش یافت (شکل ۲). در شرایط آب و هوای مدیترانه‌ای، با توجه به شرایط مختلف خاک، راندمان مصرف آب پنبه در دامنه‌ای از ۰/۲۲ تا ۱/۳ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب تغییر می‌کند (۱۶ و ۳۰). شوری و خشکی معمولاً اثر مشابهی دارند. اما در شرایط تنش خشکی، کاهش فتوسنتز نسبت به شرایط تنش شوری بیشتر است. برخی پژوهشگران دلیل این پدیده را تفاوت در تنظیم اسمزی ایجاد شده در دو حالت ذکر شده می‌دانند (۲۳). در نقطه مقابل، برخی پژوهشگران معتقدند تنفس پایه در شرایط تنش شوری، برخلاف تنش خشکی، افزایش می‌یابد (۲۸). ولی به‌طور کلی، با افزایش سطح شوری و یا در معرض خشکی قرار گرفتن گیاه، آب در دسترس کاهش می‌یابد. این شرایط وضعیت آب و تبادل گازها در گیاه را در کوتاه‌مدت و رشد و عملکرد را در درازمدت کاهش می‌دهد (۱۷). در همه سطوح شوری، رقم تابلا دیلا بیشترین مقدار شاخص بهره‌وری آب آبیاری را به خود اختصاص داد. با افزایش سطح شوری از ۴ به ۷، ۱۰ و ۱۳ دسی‌زیمنس بر متر، درصد کاهش شاخص

بهره‌وری آب آبیاری در سه رقم تابلا دیلا، دلتاپاین ۱۶ و B557 به ترتیب برابر بود با (۲۵/۵، ۶۳/۷ و ۱۷۵)، (۲۲/۶، ۵۸ و ۱۸۹) و (۲۶، ۶۵/۵ و ۱۹۶). این اعداد بیانگر روند کاهش کمی و بیش یکسان برای هر سه رقم بود. برخی از ارقام پنبه در شرایط تنش شوری، پدیده خوگیری به افزایش یون‌هایی مثل سدیم و کلر را بهتر نشان می‌دهند (۲۳).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از مخلوط آب‌هایی با کیفیت متفاوت برای تولید پنبه، به عنوان یک محصول مقاوم به شوری، قابلیت اجرایی دارد. در پژوهش حاضر، رقم دلتاپاین ۱۶ در سطوح شوری ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین مقدار عملکرد را تولید نمود. رقم تابلا دیلا در سطح شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر نه تنها به‌طور معنی‌دار نسبت به دو رقم دیگر عملکرد بیشتری داشت، بلکه دارای بیشترین مقدار شاخص بهره‌وری آب آبیاری (به ویژه در محدوده شوری ۴ تا ۷ دسی‌زیمنس بر متر) بود. بیشترین و کمترین مقادیر عملکرد در این پژوهش به ترتیب عبارت بودند از ۴۶۰۲ کیلوگرم در هکتار (در

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از مسئولین مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان که امکان اجرای این پژوهش را فراهم آوردند سپاسگزاری نمایند.

شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر) و ۱۶۰۰ کیلوگرم در هکتار (در شوری ۱۳ دسی‌زیمنس بر متر) که به ترتیب به ارقام دلتاپاین ۱۶ و B557 اختصاص داشت. در همه ارقام، اجزای عملکرد تحت تأثیر منفی افزایش شوری آب قرار گرفت.

منابع مورد استفاده

- Ahmad, M., A. Rauf and M. I. Makhdum. 1991. Growth performance of cotton under saline-sodic field conditions. *Journal of Drainage and Reclamation* 3: 43-7.
- Anagholi, A. 2000. Salinity tolerance indexes in three cotton cultivars. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 15: 15-26. (In Farsi).
- Anonymous. 2010. Statistics of Agriculture: Crop production. Office of Statistics and Information Technology, Ministry of Agriculture, Volume 1. (In Farsi).
- Ashraf, M. and S. Ahmad. 2000. Influence of sodium chloride on ion accumulation, yield components and fiber characteristics in salt-tolerant and salt-sensitive lines of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Field Crops Research* 66: 115-127.
- Ayars, J. E., R. B. Hutmacher, R. A. Schoneman, S. A. Vail and T. Pflaum. 1993. Long-term use of saline water for irrigation. *Irrigation Science* 14: 27-34.
- Ayars, J. E., R. B. Hutmacher, R. A. Schoneman, S. A. Vail and D. Felleke. 1986. Drip irrigation of cotton with saline drainage water. *Transactions of American Society of Agricultural Engineers* 29: 1668-1673.
- Bradow, J. M. and G. H. Davidonis. 2000. Quantitation of fiber quality and the cotton production-processing interface: A physiologist's perspective. *Journal of Cotton Science* 4: 34-64.
- Cetin, M. and C. Kirda. 2003. Spatial and temporal changes of soil salinity in a cotton field irrigated with low-quality water. *Journal of Hydrology* 272: 238-249.
- Choudhary, O. P., A. S. Josan and M. S. Bajwa. 2001. Yield and fiber quality of cotton cultivars as affected by the build-up of sodium in the soils with sustained sodic irrigations under semi-arid conditions. *Agricultural Water Management* 49: 1-9.
- Consulting Engineers. 2002. Report of irrigation network plan, Rudasht plain. *Zayandab Consulting Engineers*, Ministry of Energy. (In Farsi).
- Dehghane, M.A., H. Sanei and M. Torabi. 2008. Investigated salinity in the field using a simulation SWAP model (A case study for the Rudasht area). *Journal of Soil and Water (Agricultural Science and Technology)* 21: 105-114.
- Doorenboss, J. and A. H. Kassam. 1979. Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33, Rome, Italy, pp. 88-92.
- Feizi, M. 1999. Water quality effects on cotton yield. Iranian Congress of Agronomy, Book of abstracts, Karaj, Iran, p. 247.
- Flowers, T. J. 2004. Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany* 396: 307-319.
- Iran Meteorological Organization. 2011. Esfahan Meteorological Bureau, Available at <http://Esfahanmet.ir>. Accessed 19 June 2005. (In Farsi).
- Karam, F., R. Masaad, A. Daccache, O. Mounzer and Y. Roupael. 2006. Water use and lint yield response of drip irrigated cotton to the length of irrigation season. *Agricultural Water Management* 85: 287-295.
- Katerji, N., M. Mastrorilli and G. Rana. 2008. Water use efficiency of crops cultivated in the Mediterranean region: Review and analysis. *European Journal of Agronomy* 28: 493-507.
- Khan, A. N., R. H. Qurashi, N. Ahmad and A. Rashid. 1995. Response of cotton cultivars to salinity at various growth development stages. *Sarhad Journal of Agriculture* 11: 729-731.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press Ltd., London.
- Michell, J. P., C. Shennan, M. J. Singer, D. Peters, R. O. Miller, T. Prichard, S. R. Grattan, J. D. Rhoades, D. M. May and D. Munk. 2000. Impacts of gypsum and winter cover crops on soil physical properties and crop productivity when irrigated with saline water. *Agricultural Water Management* 45: 55-71.
- Naderi, M. and A. Karimi. 2009. Studying salinity and land use changes for Rudasht region in Isfahan Plain using Landsat TM and MSS satellite data. *Journal of Soil and Water (Agricultural Science and Technology)* 22: 48-60. (In Farsi).

22. Pitman, M. G. and A. Lauchli. 2004. Global Impact of Salinity and Agricultural Ecosystems. Kluwer Academic Publishers, New York.
23. Plaut, Z. and E. Federman. 1991. Acclimation of CO₂ assimilation in cotton leaves to water stress and salinity. *Plant Physiology* 97: 515-522.
24. Qadir, M., A. S. Qureshi and S. A. M. Cheraghi. 2008. Extent and characterization of salt-affected soils in Iran and strategies for their amelioration and management. *Land Degradation and Development* 19: 214-228.
25. Rajguru, S. N., S. W. Banks, D. R. Gossett, M. C. Lucas, T. E. Flower and E. P. Millhollon. 1999. Antioxidant response to salt stress during fibre development in cotton ovules. *The Journal of Cotton Science* 3: 11-18.
26. Razzouk, S. and W. J. Whittington. 1991. Effects of salinity on cotton yield and quality. *Field Crops Research* 26: 305-314.
27. Rhoades, J. D., F. T. Bingham, J. Letey, A. R. Dedrick, M. Bean, G. L. Hoffman, W. J. Alves, R. V. Swain, P. G. Pacheco and R. D. Lemert. 1988. Reuse of drainage water for irrigation, results of Imperial Valley study. I. Hypothesis, experimental procedures, and cropping results. *Hilgardia* 56: 1-16.
28. Richardson, S. G. and K. J. McCree. 1985. Carbon balance and water relations of sorghum exposed to salt and water stress. *Plant Physiology* 79: 1015-1020.
29. Sairam, R. K. and A. Tyagi. 2004. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Current Science* 86: 407-421.
30. Saranga, Y., I. Flash and D. Yakir. 1998. Variation in water-use efficiency and its relation to carbon isotope ratio in cotton. *Crop Science* 38: 782-787.
31. SAS Institute. 2007. SAS Online doc 9.1.3 SAS Inst., Cary, NC, Available at <http://support>. Accessed 19 June 2007.
32. Shennan, C., S. R. Grattan, D. M. May, C. J. Hillhouse, D. P. Schactman, M. Wander, B. Roberts, R. G. Burau, C. McNeish and L. Zelinski. 1995. Feasibility of cyclic reuse of saline drainage in a tomato-cotton rotation. *Journal of Environmental Quality* 24: 475-486.
33. Tanji, K. K. 1996. Agricultural Salinity Assessment and Management. American Society of Civil Engineers, New York. 253 p.
34. Tanner, C. B. and T. R. Sinclair. 1983. Efficient water use in crop production: Research or re-research? PP. 1-27, In: Taylor, H. M. et al. (Ed.), Limitations to Efficient Water Use in Crop Production, American Statistical Association, Madison, WI.