اثر شوری آب آبیاری بر عملکرد نسبی و برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی سورگوم

مرجان نوروزی، الهام چاوشی[۱] و مهدی قاجار سپانلو

دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران.

nassim_sae@yahoo.com

استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران.

chavoshie@yahoo.com

دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران.

sepanlu@yahoo.com

دریافت: مهر ۱۳۹۹ و پذیرش: خرداد ۱۴۰۱

چکیده

این آزمایش برای بررسی اثر تنش شوری آب آبیاری بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه سورگوم (رقم اسپیدفید) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ستون‌های خاک در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران به اجرا در آمد. آزمایش در ۱۵ ستون خاک طی ۵۶ روز انجام شد. تیمارهای شوری شامل آب چاه (شاهد) (S_1=۰/۹۹ dSm^{-1})، مخلوط آب دریا و آب چاه با نسبتهای ۱/۴ (S_2=۴/۷ dSm^{-1})، ۲/۴ (S_3=۸/۱ dSm^{-1})، ۳/۴ (S_4=۱۳/۷ dSm^{-1}) و آب دریا (S_5=۱۵/۹ dSm^{-1}) بود. اندازه‌گیری‌ها شامل وزن خشک و تر اندام هوایی، دانه و ریشه، قطر و ارتفاع ساقه اصلی، شاخص سطح برگ، مساحت برگ، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و شاخص‌های مقاومت گیاه سورگوم بود. بر اساس نتایج، شوری آب و خاک بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده، اثر معنی‌دار داشت. افزایش شوری آب آبیاری از سطح شاهد (S_1) تا تیمار S_5، باعث کاهش معنی‌دار تمام صفات اندازه‌گیری‌شده به غیر از شاخص برداشت و نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک ساقه، شد. همچنین، نتایج نشان داد که S_1 بهترین سطح شوری برای رسیدن به بیشینه وزن خشک در بوته گیاه سورگوم (معادل ۲۱۸ گرم)، بود. در مورد شاخص‌های مقاومت $\frac{k}{Na}$ و $\frac{Ca}{Na}$ نیز تیمار S_1 نسبت بالاتری از سایر تیمارها داشت و مقدار آن به ترتیب ۶/۶۷ و ۱/۴ بود. در تیمار S_3، کاهش وزن خشک اندام هوایی در مقایسه با تیمار شاهد ۲۳/۵٪ بود، اما در این مورد بین تیمارهای S_3 و S_4 تفاوت معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده نشد. همچنین عملکرد نسبی سورگوم (عملکرد هر تیمار درمقایسه با شاهد) تا شوری عصاره اشباع خاک نزدیک به ۳/۶۵ دسی‌زیمنس بر متر کاهشی نداشت و به عنوان حد آستانه تحمل این گیاه در نظر گرفته شد. اما بعد از افزایش شوری، عملکرد گیاه کاهش یافت و در شوری حدود ۱۵ دسی زیمنس بر متر به نصف رسید. شیب خط کاهش عملکرد سورگوم برابر ۳٪ بر دسی زیمنس بر متر محاسبه شد.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، آستانه تحمل شوری، سورگوم رقم اسپیدفید

---

[۱]- آدرس نویسنده مسئول: گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران.

مقدمه

رشد روزافزون جمعیت، نیاز به تولید غذا و محدودیت منابع آب‌وخاک، منجر به ارائه استراتژی‌های جدیدی در خصوص معرفی گیاهان مناسب و پربازده در شرایط شور شده است. یکی از این استراتژی‌ها کشت گیاهان هالوفیت و گونه‌های گیاهی دارای تحمل ذاتی به نمک است (کویرو و همکاران[1]، ۲۰۱۱).

این گیاهان از لحاظ دامنه تحمل به شوری، روند رشد و عملکرد در شرایط شور، دارای تنوع زیادی هستند و همین موضوع، آن‌ها را نیازمند بررسی و تحقیق فراوان نموده است. از جمله این گیاهان می‌توان به سورگوم (*Sorghum bicolor (L.) Moench*) اشاره کرد. (امام[2]، ۲۰۱۱). سطح زیر کشت این گیاه در دنیا در حدود ۴۱ میلیون هکتار بوده (فائو[3]، ۲۰۱۷) و حدود ۹۰ درصد آن به سورگوم دانه‌ای اختصاص دارد؛ بنابراین، این گیاه در دنیا به‌عنوان یک غله مطرح است، ولی با توجه به کمبود علوفه در ایران، نوع علوفه‌ای آن اولویت دارد و سطح زیر کشت آن در ایران ۲۰ هزار هکتار است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹). سورگوم علوفه‌ای نسبتاً مقاوم به شوری است (ماس و همکاران[4]، ۱۹۸۶) و با بهره‌گیری از فصل رشد طولانی‌تر، ماده خشک بیشتری در واحد سطح تولید می‌کند. رنجبر و همکاران[5] (۲۰۱۴) آستانه تحمل شوری گیاه سورگوم را معادل چهار دسی‌زیمنس بر متر شوری عصاره اشباع خاک گزارش نمودند، درحالی‌که آستانه تحمل به شوری در مطالعات دیگر ۶/۸ دسی‌زیمنس بر متر عصاره اشباع خاک ذکر شده است که بر این اساس شیب خط کاهش عملکرد گیاه سورگوم ۱۶ برآورد شده بود (فرانکوییز و همکاران[6]، ۱۹۸۴). بر اساس مطالعات اماچر و همکاران[7] (۱۹۹۷)، عملکرد گیاه سورگوم در EC معادل ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر عصاره اشباع، ۵۰ درصد کاهش یافته است. بر همین اساس این گیاه در تقسیم‌بندی مقاومت به تنش شوری، در کلاس نیمه متحمل قرار می‌گیرد (ماس و هافمن[8]، ۱۹۷۷)؛ بنابراین می‌تواند منبع خوبی از علوفه را در شرایط آبیاری با آب شور فراهم کند. نصرالهی و همکاران (۱۳۹۴) واکنش ذرت به شوری را تحت مدیریت‌های مختلف آبیاری در سیستم آبیاری قطره‌ای مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد با افزایش سطح شوری، وزن خشک دانه، ارتفاع و وزن هزار دانه و بهره‌وری آب کاهش می‌یابد. دیانت مهارلویی و همکاران (۱۳۹۳) نیز طی آزمایشی با اعمال چهار سطح شوری (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی زیمنس بر متر) در کشت سورگوم علوفه‌ای گزارش کردند که تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع ساقه و سطح برگ سورگوم شد و این کاهش در شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر شدیدتر بود. در پژوهش دیگری برنستین و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که با افزایش میزان شوری از غلظت صفر تا ۱۴۰ میلی مولار کلرید سدیم، سرعت رشد نسبی (PGR) و نسبت سطح برگ (LAR) در گیاه سورگوم، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت.

کاشت سورگوم علوفه‌ای معمولاً در گرم‌ترین ماه سال (تیرماه) انجام می‌شود که آب شرایط بحرانی دارد. مشکلات مربوط به کم‌آبی، نگرانی‌های منطقه‌ای و فرا منطقه‌ای فراوانی را به‌وجود آورده است. تقریباً ۷۵ درصد از آب شیرین جهان در بخش کشاورزی مصرف می‌شود (پدرو و همکاران[9]، ۲۰۱۰). در ایران نیز اصلی‌ترین مصرف‌کننده‌ی آب، بخش کشاورزی است (نصراصفهانی و گلچین، ۱۳۸۷)، به نظر می‌رسد چنانچه مدیریت بهینه مصرف آب در این بخش انجام شود، بحران آب را نیز می‌توان کنترل کرد (قائدی و همکاران، ۱۳۹۴a). در دهه‌های اخیر، به استفاده از آب‌های نامتعارف در حوزه‌ی کشاورزی، به‌عنوان یکی از الگوهای برتر مدیریتی، توجه شده است. یک دسته از آب‌های نامتعارف، آب‌های شور و لب شور است (معمارباشی و شیدایی، ۱۳۹۱). استفاده از

[1] -Koyro et al.
[2] -Emam
[3] -FAO
[4] -Maas et al.
[5] -Ranjbar et al.
[6] -Francois et al.
[7] -Amacher et al.
[8] -Mass and Hoffman
[9] -Pedrero et al.

این نوع آب‌ها، حتی برای گیاهان مقاوم به شوری نیز، علاوه بر کاهش محصول، مشکلات دیگری مانند شور و نامرغوب شدن اراضی را در پی خواهد داشت (عبدالجواد و قیبه[1]، ۲۰۰۱). به همین منظور، پژوهش‌ها و ایده‌های فراوانی مطرح و اجرا شده است مانند تلفیق آب شور و غیرشور که به معنای استفاده‌ی هم‌زمان از آب شور و شیرین است، به‌گونه‌ای که غلظت نمک در آب آبیاری کاهش یابد (قائدی و همکاران، ۱۳۹۴b). هرچند به‌کارگیری روش یادشده محدودیت‌هایی دارد، اما در صورت مدیریت و اجرای صحیح آن، می‌تواند یک راه‌حل کارآمد در استفاده از آب-های شور و لب شور در کشاورزی باشد. برخی دانشمندان بهترین راه‌حل در استفاده تلفیقی از آب شور و غیرشور را اختلاط آب‌های شور و شیرین قبل از آبیاری، به‌منظور داشتن آبی با هدایت الکتریکی کمتر معرفی کرده‌اند (قائدی و همکاران، ۱۳۹۴b). تحقیقات نشان داد مخلوط کردن آب شور و شیرین قبل از آبیاری، می‌تواند جایگزینی مناسب در آبیاری‌های با آب شور باشد (عبدالجواد و همکاران، ۲۰۰۵، خمیسیا و همکاران[2]، ۲۰۱۲). شریفیان و کاظمی حسنوند (۱۳۹۴) نیز در پژوهشی در زمینه اثر سطوح مختلف شوری آب آبیاری (اختلاط آب چاه با آب دریای خزر) بر عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم علوفه‌ای، نشان دادند بین تیمار شاهد با تیمارهای مورد بررسی اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید. این محققین نشان دادند استفاده از آب شور تا هشت دسی‌زیمنس بر متر بر روی ارتفاع بوته سورگوم تأثیر معنی-داری نداشته و برای شوری‌های بالاتر با افزایش شوری ارتفاع بوته کاهش می‌یابد.

در ایران یکی از بهترین منابع آب در شمال کشور، رودخانه‌های شور حوزه آبریز دریای خزر (مانند اترک رود و گرگان رود) می‌باشد و از آنجائی که شوری آب دریای خزر، بسیار کمتر از شوری آب دریاهای آزاد است، می‌تواند در مواقع اضطراری برای استان‌های شمال کشور مورد استفاده قرار بگیرد (دردی‌پور، ۱۳۸۲). لذا برنامه‌ریزی برای استفاده هر چه بهتر از منابع آب، ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. با انتخاب روش مناسب برای مدیریت آب شور می-توان تا حد امکان از کاهش عملکرد محصول جلوگیری کرد و تقاضا برای آب غیر شور را کاهش داد. با وجود تمام تلاش‌ها و تحقیقات صورت گرفته بر روی گیاه سورگوم، هنوز سؤالات و ابهاماتی در خصوص تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر روی عملکرد زراعی این گیاه وجود دارد. بدین منظور در این مطالعه با تلفیق آب شور و شیرین، به بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر روی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه سورگوم علوفه‌ای پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران انجام شد. برخی خصوصیات خاک قبل از کاشت گیاه، شامل: بافت خاک به روش هیدرومتر (بویوکوس[3]، ۱۹۶۲)، ماده آلی به روش والکی و بلک[4] (۱۹۳۴)، میزان فسفر قابل جذب به روش اولسن و همکاران[5] (۱۹۹۰)، میزان پتاسیم قابل جذب به روش فلیم‌فتومتری و هدایت الکتریکی عصاره اشباع با دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد.

برای انجام این آزمایش تعداد ۱۵ ستون پلی‌اتیلنی (قطر ۳۰ سانتیمتر و ارتفاع ۶۰ سانتیمتر) استفاده شد. برای آماده‌سازی و پر کردن ستون‌ها، ابتدا خاک مزرعه به‌صورت لایه‌لایه برداشته شد و سپس به ترتیب عمق در ستون ریخته شد. برای یکسان‌بودن چگالی ظاهری خاک ستون و مزرعه، با توجه به حجم ستون‌ها (سطح مقطع × ارتفاع ستون خاک) و چگالی ظاهری خاک مزرعه، جرم خاک مورد نیاز برای هر ستون محاسبه شد. بعد از ریختن هر لایه از خاک در ستون، رطوبت خاک به حدود پنج درصد رسید تا مناسب-ترین شرایط برای فشرده‌سازی خاک ایجاد گردد. سپس ستون‌ها برای مدت سه ماه به همین وضعیت باقی ماند تا

[1] -Abdelgawad and Ghaibeh
[2] -Khamisia et al.
[3] -Bouyoucos
[4] -Walkley and black
[5] -Olsen et al.

ساختمان‌سازی در آن‌ها انجام شود. سپس با توجه به جرم خاک در هر ستون و به ازای میزان کود مصرفی در مزرعه، با توجه به آزمون خاک برای گیاه سورگوم، مقادیر کود اوره، سوپرفسفات‌تریپل و سولفات پتاسیم (به ترتیب ۱۰۰، ۵۰، ۱۰۰) نیز به‌عنوان کود پایه به ازای میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، محاسبه شد و قبل از کاشت گیاه به هر ستون اضافه گردید. سپس در هر ستون تعداد پنج بذر جوانه‌دار و ضدعفونی شده سورگوم (رقم اسپیدفید) در عمق یک سانتی‌متری کاشته شد. عملیات تنک‌کردن گیاهچه‌ها، در مرحله سه برگی انجام گرفت و در هر ستون سه گیاهچه نگه داشته شد.

برای آبیاری گیاه سورگوم، از پنج تیمار آب چاه (S_1)، نسبت ۱/۴ آب دریا و آب چاه (S_2)، نسبت ۲/۴ آب دریا و آب چاه (S_3)، نسبت ۳/۴ آب دریا و آب چاه (S_4) و آب دریا (S_5) استفاده شد. میزان هدایت الکتریکی این تیمارها به‌ترتیب ۰/۹۹، ۴/۷ ،۸/۱ ، ۱۳/۷ و ۱۵/۹ دسی‌زیمنس بر متر بود. با توجه به حساسیت بیشتر گیاه سورگوم به شوری در مرحله جوانه‌زنی و استقرار (کیرِشنامورسی و همکاران[1]، ۲۰۰۳) پس از کشت سورگوم، آبیاری با آب چاه انجام شد تا گیاه سورگوم بدون تنش مرحله استقرار اولیه (رشد ابتدایی یا تا مرحله سه برگی) را طی نماید. بعد از این مرحله، آبیاری با نسبت‌های مختلف آب دریا و آب چاه (S_1، S_2، S_3، S_4 و S_5) تا زمان برداشت این گیاه صورت گرفت. در ضمن به‌منظور کنترل میزان آب مصرفی سورگوم در مراحل رشد، حجم آب مورد نیاز سورگوم در هر دور آبیاری از طریق منحنی مشخصه رطوبتی (هامبلین[2]، ۱۹۸۱) محاسبه شد. این میزان آب، ۵ تا ۱۰ درصد بیشتر از نقطه ظرفیت زراعی (FC) در نظر گرفته شد تا زه‌آب تولید گردد.

برای اعمال شوری بصورت یکنواخت، از روش آبیاری قطره‌ای استفاده شد. قطره‌چکان‌ها در فاصله چند سانتیمتری از وسط قاعده ستون‌ها قرار گرفتند.

پارامترهای خاک و آب

کل جامدهای محلول (TDS) (بر حسب میلی‌گرم بر لیتر)؛ نسبت جذب سدیم (SAR)؛ اسیدیته خاک (pH)؛ غلظت یون‌های سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، کلر (بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم) و بیکربنات خاک (برحسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر) (علی احیائی و بهبهانی‌زاده، ۱۳۷۲)، همچنین اسیدیته (pH)؛ غلظت یون‌های سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، کلر (بر حسب میلی‌گرم بر لیتر) و بی‌کربنات (برحسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر) در تیمارهای آبیاری و زه‌آب مربوط به هر تیمار اندازه‌گیری شد (مهندسین مشاور رویان، ۱۳۸۷).

پارامترهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه

اجزای مختلف نمونه‌های گیاهی بعد از برداشت، جدا شد و وزن تر ساقه، برگ، دانه و ریشه توسط ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد خشک شد و وزن خشک (عملکرد) آن‌ها اندازه‌گیری شد. از سطح خاک تا ارتفاع سنبله اصلی، به‌عنوان ارتفاع ساقه اصلی بوته سورگوم برحسب سانتیمتر منظور شد. قطر ساقه نیز با کولیس برحسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

همچنین وزن خشک اندام هوایی بوته‌های سورگوم (برگ + ساقه) در هر ستون پس از خشک‌شدن در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، به عنوان عملکرد بیولوژیک درنظر گرفته شد.

جهت محاسبه مساحت برگ، طول و پهنای برگ در عریض‌ترین قسمت به‌وسیله خط‌کش اندازه‌گیری و بعد از ضرب کردن طول در عرض در عدد ثابت ۰/۷۵، مساحت برگ بر حسب سانتیمتر مربع گزارش گردید (راشد محصل و همکاران، ۱۳۷۶).

شاخص سطح برگ (LAI) بیان‌کننده نسبت سطح برگ به سطح زمین اشغال‌شده توسط گیاه است که با

[1] -Krishnamurthy et al.

[2] -Hamblin

استفاده از فرمول ۱ تعیین شد (جوادی و همکاران[1]، ۲۰۰۷):

$$LAI = \frac{LA}{GA} \quad (1)$$

LA: سطح برگ برحسب مترمربع و GA: سطح ستون برحسب مترمربع است.

شاخص برداشت از نسبت وزن دانه به وزن خشک بیولوژیک (وزن خشک دانه + وزن خشک اندام هوایی (برگ +ساقه)) در هر ستون بدست آمد (داداشی و همکاران، ۱۳۸۶)؛

غلظت یون‌های سدیم، پتاسیم و کلسیم برگ و ساقه به روش فلیم‌فتومتری برحسب درصد برای تعیین نسبت‌های $\frac{k}{Na}$ و $\frac{Ca}{Na}$ اندام هوایی اندازه‌گیری شد (رضایی، ۱۳۵۶).

در پایان آزمایش نیز عملکرد نسبی از تقسیم عملکرد ماده خشک (وزن خشک اندام هوایی) تیمارهای دارای تنش بر عملکرد ماده خشک تیمار بدون تنش (تیمار شاهد) محاسبه گردید (دویت[2]، ۱۹۵۸).

تجزیه نتایج با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه شیمیایی آب دریا و آب چاه در جدول (۱) ارائه‌شده است.

جدول ۱- تجزیه شیمیایی آب دریا و چاه

نمونه آب	اسیدیته	SAR	TDS (میلی‌گرم بر لیتر)	HCO_3^- (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+
				(میلی‌گرم بر لیتر)					
آب معمولی	۷/۸۳	۱۸	۶۳۶/۸	۱/۴	۲۱۳	۸۸	۵۷	۷/۳	۱۵۰
آب دریای خزر	۷/۸۲	۱۷۴/۲	۱۰۱۸۲/۴	۱/۲	۵۱۲۶	۲۴۰/۵	۸۲۲/۲	۱۲۷/۴	۳۹۹۳/۲

تجزیه شیمیایی زه‌آب جمع‌آوری شده بعد از پایان دوره رشد گیاه سورگوم نیز اندازه‌گیری شد و در جدول (۲) آورده شده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین هدایت الکتریکی زه‌آب (۳۲/۴، ۱/۶۱) به ترتیب مربوط به سطوح S_5 و S_1 (شاهد) است. علت افزایش هدایت الکتریکی زه‌آب وجود مواد مغذی (نظیر سدیم و پتاسیم) در آب آبیاری می‌باشد که از لایه‌های خاک شسته شده و وارد زه‌آب شده است (رستگار و همکاران، ۱۳۹۱).

از عوامل مؤثر دیگر در افزایش هدایت الکتریکی، فرآیندهایی از قبیل تبادل یون بین محلول و یون‌های موجود در خاک است (کار سیکیان[3] و همکاران، ۲۰۰۵). به همین نسبت نیز، با توجه به میزان عناصر در خاک و آب آبیاری، میزان آن‌ها در زه‌آب افزایش و کاهش یافته است (جدول ۲). در جدول (۳) برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کاشت گیاه سورگوم، آورده شده است.

جدول ۲- تجزیه شیمیایی زه‌آب جمع‌آوری‌شده از تیمارها در پایان دوره رشد گیاه سورگوم

نمونه زه‌آب تیمارها	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^-	K^+	Na^+
			(میلی‌گرم بر لیتر)				
S_1	۷/۵۵	۱/۶	۸۲/۷	۱۹۵/۸	۳۹۷	۳/۰۳	۱۷۴/۱
S_2	۷/۵۲	۱۰/۹	۲۶۷/۵	۸۸۹/۸	۲۷۵۰/۹	۴/۳	۱۵۱۰/۷
S_3	۷/۲۵	۲۲/۱	۶۰۵/۶	۱۳۳۴	۷۰۵۴/۵۵	۵/۲	۴۸۲۰/۸
S_4	۷/۱۴	۲۴/۲	۷۱۳/۳	۱۴۲۱/۴	۱۱۶۷۹/۳	۵/۳	۶۲۹۱/۴
S_5	۶/۹۶	۳۲/۴	۱۰۳۶	۲۵۳۷	۱۳۳۰۰/۸	۵/۷	۶۴۳۲/۲

[1] -Javadi et al.
[2] -De Wit
[3] -Karthikeyan et al.

جدول ۳- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کشت گیاه سورگوم

خصوصیات		مقدار
بافت خاک		لوم رسی
نقطه ظرفیت زراعی	درصد	۲۹
نقطه پژمردگی دائم		۱۳
اسیدیته		۶/۹
هدایت الکتریکی	دسی‌زیمنس بر متر	۰/۹
فسفر	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۸/۹
پتاسیم قابل جذب		۱۰۲/۷
ماده آلی	درصد	۲/۰۵
سیلت		۴۵/۴
رس		۳۰
شن		۲۴/۶
کلر	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۵۱
منیزیم		۱۸/۸
کلسیم		۶۴
پتاسیم محلول		۰/۸
سدیم		۵۱

جدول (۴) نیز خصوصیات خاک بعد از برداشت محصول را نشان می‌دهد. بر طبق گفته‌ی علیزاده (۱۳۷۷) یون‌های سدیم، کلر، کلسیم، پتاسیم و منیزیم از اصلی‌ترین یون‌های ایجادکننده شوری است. به علت غلظت بالای یون سدیم در محلول غذایی خاک (خاک شور باشد یا خاک با آب آبیاری شور آبیاری شود)، جذب و غلظت منیزیم، پتاسیم و کلسیم توسط گیاه کاهش می‌یابد. زیرا سدیم در جذب این یون‌ها تداخل ایجاد کرده و همچنین فعالیت یونی آن ها در محلول غذایی خاک نیز کاهش می یا بد (کرامر[1] و همکاران، ۱۹۹۱)؛ که یکی از این موارد اثر آنتاگونیستی بین سدیم و پتا سیم ا ست (هی و کرامر[2]، ۱۹۹۳). با توجه به میزان این عناصر در تیمارهای مختلف آب آبیاری (جدول ۱) و کاهش جذب عناصر کلسیم، منیزیم، پتاسیم توسط گیاه، میزان این عناصر در خاک افزایش یافت ولی از آنجائی که میزان سدیم و کلر در آب آبیاری و جذب آن‌ها توسط گیاه نسبت به عناصر دیگر بیشتر بوده است ولی در طول دوره رشد، تجمع این دو عنصر نسبت به دیگر عناصر در خاک با افزودن آب آبیاری افزایش یافت (جدول ۴).

شاخص‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه

نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۵ ارائه‌شده است. همان‌گونه که در جدول م شاهده می شود شوری اثر معنی‌داری (سطح یک و پنج درصد) بر تمام خصوصیات اندازه‌گیری شده، داشته است.

[1] -Cramer et al.

[2] -He and Cramer

جدول ۴- خصوصیات شیمیایی خاک بعد از برداشت محصول

تیمارها	اسیدیته	هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (دسی‌زیمنس بر متر)	پتاسیم	سدیم	کلسیم	منیزیم	کلر
			(میلی‌گرم بر کیلوگرم)				
S_1	۷/۴۶	۱/۰۶	۰/۳	۱۱۱	۱۴۶	۱۹/۱	۲۷۳
S_2	۷/۲۶	۴/۶۸	۰/۹	۴۸۶	۴۴۷	۹۶	۱۱۵۶
S_3	۷/۱۰	۸/۷۲	۱/۴	۱۰۰۶	۵۲۵	۲۱۲	۲۲۹۹
S_4	۷/۰۱	۱۲/۲۶	۱/۷	۱۲۷۷	۵۴۸	۲۵۵	۲۶۳۷/۲
S_5	۶/۹۲	۱۶/۲۸	۳/۵	۱۶۶۱	۵۶۱	۳۲۷	۳۵۱۱

جدول ۵- جدول تجزیه واریانس برخی ویژگی‌های بررسی‌شده در گیاه سورگوم

منابع تغییرات (S.OV)	درجه آزادی	وزن تر اندام هوایی (ساقه+ برگ)	وزن خشک اندام هوایی (ساقه+ برگ)	شاخص برداشت	وزن خشک بیولوژیک	وزن خشک ساقه	قطر ساقه اصلی	ارتفاع ساقه اصلی
شوری (A)	۴	۲۷۸۲۶/۷**	۷۴۱۳/۳**	۵۰**	۲۹۱۰/۱**	۱۲۹۸/۱**	۷/۵**	۵۷۴۵**
خطا	۱۰	۸۵۶/۵	۷۶۸/۸	۶/۲	۱۴۶/۱	۳۹/۱	۱/۴	۵۴۳/۱
ضریب تغییرات (CV)	–	۷/۱	۱۶/۸	۱۹/۱	۷/۶	۷/۶	۱۱/۳	۱۴/۹

**معنی‌دار در سطح ۱٪ ، *معنی‌دار در سطح ۵٪ ، ^{ns} غیرمعنی‌دار

ادامه جدول ۵- جدول تجزیه واریانس برخی ویژگی‌های بررسی‌شده در گیاه سورگوم

منابع تغییرات (S.OV)	درجه آزادی	مساحت برگ	شاخص سطح برگ (LAI)	وزن خشک برگ	وزن تر دانه	وزن خشک دانه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه
شوری (A)	۴	۴۷۷۲/۱**	۰/۲**	۲۱۱/۱*	۲۷/۴**	۱۹/۰۵**	۶۱/۵**	۳۶/۲**
خطا	۱۰	۳۷۱/۷	۰/۰۳	۴۵/۴	۰/۸	۱/۰۲	۱۱/۶	۳/۹
ضریب تغییرات (CV)	–	۸/۶	۷/۱	۱۶/۲	۳/۹	۵/۰۹	۱۷/۴	۱۰/۹

**معنی‌دار در سطح ۱٪ ، *معنی‌دار در سطح ۵٪ ، ^{ns} غیرمعنی‌دار

وزن تر و خشک گیاه

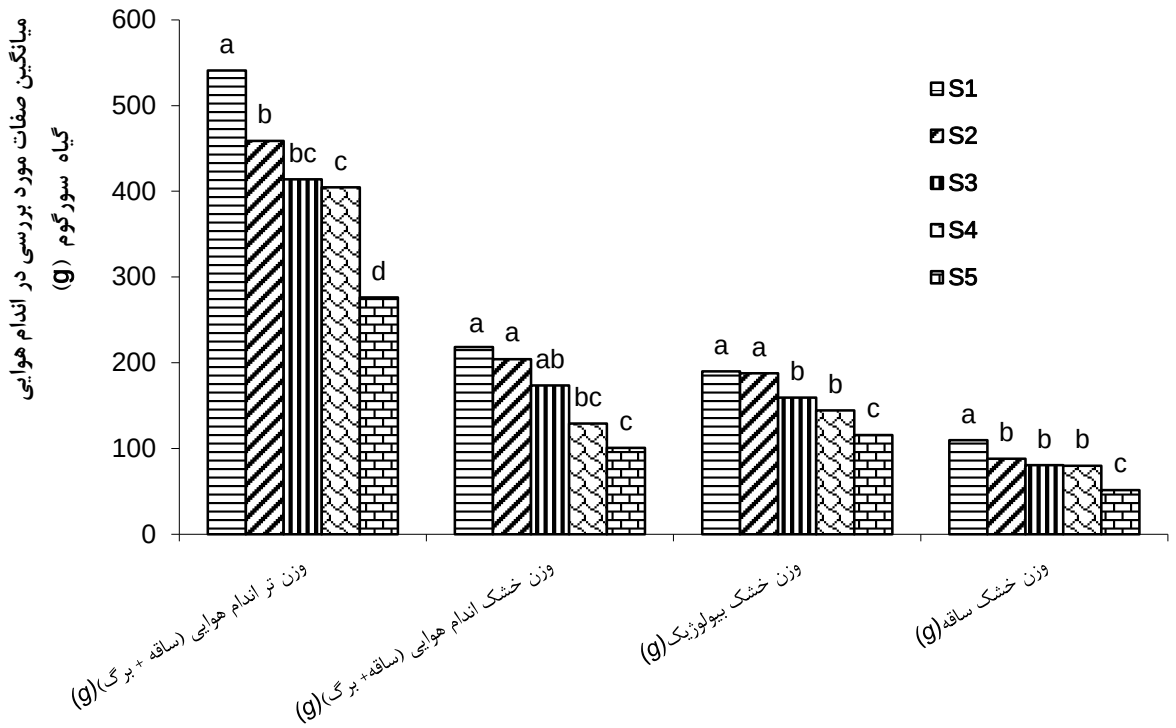
نتایج مقایسه میانگین‌های صفات اندازه‌گیری شده در شکل‌های ۱ تا ۴ ارائه‌شده است. وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه سورگوم (ساقه+ برگ) بطور معنی‌دار تحت تأثیر سطوح مختلف شوری آب قرار گرفت (P=۰/۰۱). افزایش شوری آب آبیاری باعث کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی (ساقه + برگ) شد. بطوریکه میانگین وزن تر و خشک اندام هوایی (ساقه + برگ) در تیمار آب دریا به ترتیب ۴۹ و ۵۴ درصد نسبت به تیمار شاهد (S_1) کاهش یافت (شکل ۱). همانطور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود با افزایش شوری آب آبیاری از سطح S_1 به S_4، وزن تر اندام هوایی به ترتیب ۱۵/۲، ۲۳/۵ و ۲۵/۲ در صد در مقایسه با تیمار شاهد (آب چاه) کاهش یافت. میزان این کاهش‌ها برای وزن خشک اندام هوایی نیز به ترتیب ۶/۳، ۲۰/۵ و ۴۱ بود. هر چند در برخی سطوح این تفاوت‌ها معنی‌دار نبود (شکل ۱).

در شرایط تیمار شاهد (S_1)، گیاه سورگوم بالاترین بیشترین وزن خشک ساقه معادل (۱۱۰ گرم در هر ستون) در تیمار شاهد را نشان داده است که می‌تواند به دلیل تعداد زیاد پنجه‌های زیاد و ارتفاع زیاد بوته بالا باشد. در تیمار (S_5) نیز میانگین وزن خشک ساقه نسبت به شاهد، ۵۳ درصد کاهش یافت (شکل ۱). کاهش وزن خشک اندام هوایی ارقام سورگوم با افزایش شوری آب آبیاری، توسط

راوسون و همکاران[1] (۲۰۰۶) و لاوچلی و اپستین[2] (۲۰۰۰) گزارش شد. این محققین علت این پدیده را کاهش تحمل گیاه به شوری، کلروزیس برگ‌ها و ریزش آن‌ها، خشک شدن ساقه و از بین رفتن کل بوته نسبت دادند. از دلایل دیگر این کاهش می‌توان به کاهش میزان رشد و کاهش سطح فتوسنتزکننده گیاه اشاره کرد که منجر به کاهش ماده خشک گیاه می‌شود. با کاهش سطح برگ قدرت گیاه برای تولید ماده خشک و در نهایت وزن خشک دانه کاهش می‌یابد (پیراسته- انوشه و همکاران[3]، ۲۰۱۶). همچنین نتایج نشان داد که برای وزن خشک ساقه بین تیمارهای S_2 تا S_4 اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱)؛ که در مقایسه با تیمار شاهد (S_1)، به ترتیب کاهشی معادل ۲۰، ۲۶/۵ و ۲۷/۳ درصد داشته است.

دلیل دیگر کاهش وزن خشک کل گیاه می‌تواند ناشی از مصرف انرژی متابولیک مربوط به سازگاری در شرایط تنش، کاهش میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ، کاهش جذب کربن، صدمه به بافت‌ها و رسیدن به حداکثر غلظت نمکی باشد که گیاه آن را تحمل می‌کند (تایز و همکاران[4]، ۲۰۱۵). نکته دیگر این است که گیاهان برای مقابله با اثرات تنش شوری، دیواره سلولی خود را از طریق کاهش تقسیم و گسترش سلولی ضخیم می‌کنند؛ و این امر از قابلیت ارتجاعی دیواره سلولی کاسته و منجر به افت وزن خشک گیاهان می‌شود (رگیناتو و همکاران[5]، ۲۰۱۶). کاهش وزن خشک گیاهان زراعی تحت شرایط شور توسط دیگر محققین نیز گزارش شده است (مانز و تستر[6]، ۲۰۰۸). از دیگر دلایل کاهش وزن تر و خشک گیاه می‌توان به غلظت بالاتر سدیم و کلرید در محلول خاک و جذب بیشتر آن اشاره کرد که نه تنها باعث اختلال در جذب سایر عناصر می‌شود بلکه منجر به تنش اسمزی، اختلال در تعادل یونی و در نتیجه کاهش شاخص‌های رشدی گیاه از قبیل ارتفاع، وزن تر و خشک می‌شود (بایبوردی[7]، ۲۰۱۲). در همین زمینه یانگ و همکاران[8] (۱۹۹۰) با بررسی اثر شوری بر رشد گیاه سورگوم، شاهد کاهش وزن تر اندام هوایی (ساقه +برگ) با افزایش شوری بودند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

[1] -Rawson et al.
[2] -Lauchli and Epstein
[3] -Pirasteh-Anosheh et al.
[4] -Taiz et al.
[5] -Reginato et al.
[6] -Munns and Tester
[7] -Bybordi
[8] -Yang et al.



شکل ۱- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در اندام هوایی سورگوم در سطوح مختلف شوری آب
(آب چاه (S_1)، مخلوط آب دریا و آب چاه با نسبت‌های ۱/۴ (S_2)، ۲/۴ (S_3)، ۳/۴ (S_4) و آب دریا (S_5)**)**
(میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند دارای اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد آزمون LSD نمی‌باشند.)

ارتفاع و قطر ساقه گیاه

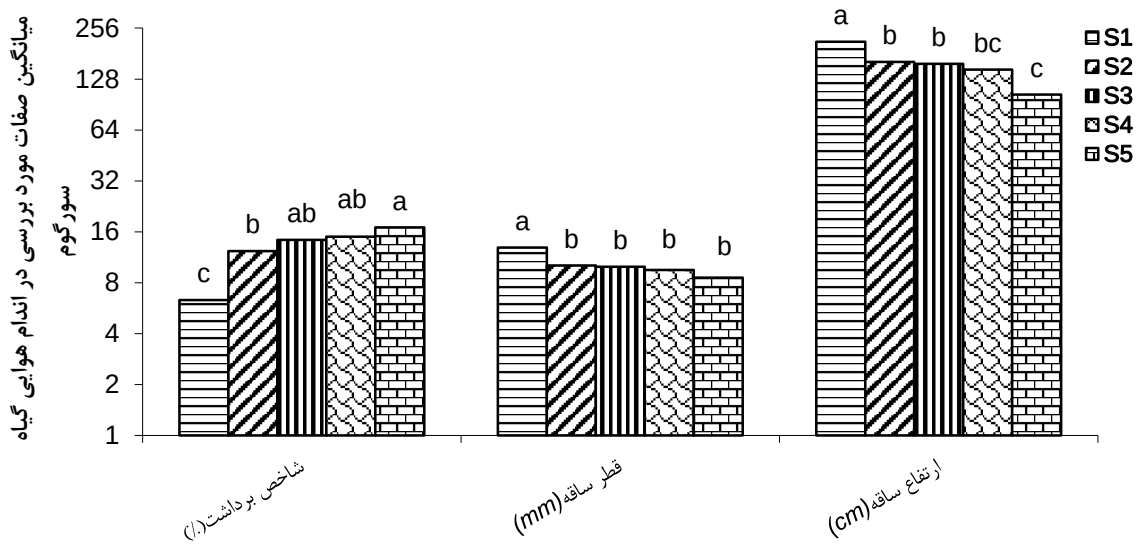
افزایش شوری باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع گیاه سورگوم شد (جدول ۵). همانگونه که در شکل (۲) مشاهده می شود میانگین ارتفاع گیاه در تیمار S_5 نسبت به شاهد، ۵۱/۳ در صد کاهش دا شت. با افزایش شوری آب آبیاری از سطح S_1 به S_4، ارتفاع ساقه به ترتیب ۲۴، ۲۶ و ۳۱/۴ در صد در مقایسه با تیمار شاهد (آب چاه) کاهش یافت. هر چند در برخی سطوح این تفاوت‌ها معنی‌دار نبود (شکل ۲).

کاهش ارتفاع سورگوم در اثر شوری توسط محققین دیگر نیز تأییدشده است (زیدان و الزهرانی[1]، ۲۰۰۴: علی و هسناین[2]، ۲۰۱۴). این محققین بیان داشتند که شوری از طریق کاهش فشار تورژسانس، سبب کاهش رشد و توسعه سلول‌ها در ساقه می‌شود و اولین اثر محسوس آن بر روی کاهش ارتفاع گیاه قابل‌مشاهده است (علی و هسناین، ۲۰۱۴). همچنین برخی محققین، کاهش ارتفاع گیاهان تحت تنش شوری را به‌علت عدم تورژسانس مناسب سلول‌ها و تخصیص بیشتر مواد سنتز شده جهت مقابله با تنش، کوتاه شدن دوره رشد و در کل ممانعت از توسعه عادی سلول‌ها دانستند. این دسته از محققین کاهش رشد گیاه در پاسخ به شوری خاک را به دلیل اختلال در جذب آب و املاح، بسته شدن جزئی یا کلی روزنه‌ها و کاهش کارایی فتوسنتز دانستند (رزاقی و همکاران[3]، ۲۰۱۱). در همین زمینه، لاسردا و همکاران[4] (۲۰۰۳) کاهش ارتفاع گیاه سورگوم را به تجمع یون‌های سمی در سورگوم نسبت دادند. از آنجا که شوری موجب اختلال در جذب عناصر غذایی و برهم زدن تعادل یونی در گیاه می‌شود، می-توان کاهش رشد ساقه را به کمبود عناصر غذایی و

[1] -Zidan and Al-Zahrani
[2]- Ali and Hasnain
[3]- Razzaghi et al.
[4] -Lacerda et al.

اختلالات تغذیه‌ای ناشی از شوری نسبت داد (نصیر[1]، ۲۰۰۱).

قطر ساقه اصلی گیاه نیز با افزایش شوری آب آبیاری، کاهش یافت به‌نحوی‌که که میزان این کاهش در تیمار S_5، ۳۳/۴۱ درصد کمتر از تیمار شاهد (S_1) بود (شکل ۲). در تیمارهای S_2 و S_3 و S_4 نیز به ترتیب کاهشی معادل ۲۲، ۲۳ و ۲۶/۳ درصد در قطر ساقه نسبت به تیمار شاهد (S_1) مشاهده شد، اگرچه اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای (S_2) تا تیمار (S_5) وجود نداشت. ارتفاع و قطر ساقه بیانگر رشد رویشی هستند. هرچقدر شرایط محیطی مناسب‌تر باشد، رشد گیاه تا حد امکان افزایش می‌یابد. البته باید در نظر داشت که رشد بیش از حد رویشی از رشد زایشی مناسب جلوگیری می‌کند. یکی از اثرات مهم تنش شوری بر گیاهان، کاهش رشد رویشی به‌ویژه کاهش ارتفاع و قطر گیاه است. (مورالز و همکاران[2]، ۱۹۹۳). میاتو و همکاران[3] (۱۹۹۶) بیان کردند که تنش شوری باعث کاهش پتانسیل آب در فضای بین سلولی می‌گردد، دسترسی سلول‌های گیاهی به‌ویژه سلول‌های مریستمی نوک ساقه به آب کم می‌گردد و درنتیجه تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول کاهش می‌یابد و باعث کاهش ارتفاع و قطر گیاه می‌گردد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (شکل ۲).



شکل ۲- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در اندام هوایی سورگوم در سطوح مختلف شوری آب
(آب چاه (S_1)، مخلوط آب دریا و آب چاه با نسبت‌های ۱/۴ (S_2)، ۲/۴ (S_3)، ۳/۴ (S_4) و آب دریا (S_5))
(میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند دارای اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد آزمون LSD نمی‌باشند)

شاخص برداشت و وزن خشک بیولوژیک

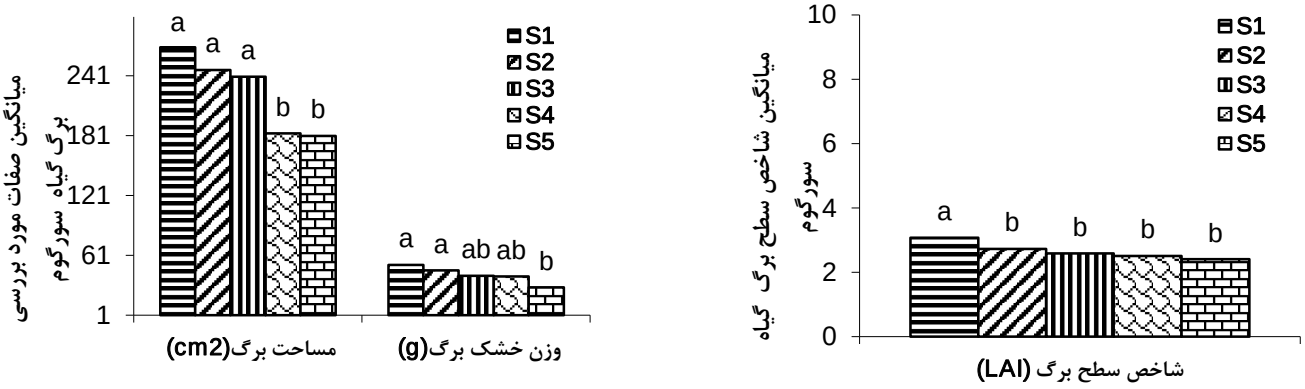
شاخص برداشت تخمینی از تبدیل مؤثر وزن خشک اندام هوایی (برگ+ ساقه) به وزن خشک دانه است (بیکر و گابیهو[4]، ۱۹۸۲) و همانگونه که در شکل (۱) مشاهده می‌شود وزن خشک اندام هوایی در تیمار S_5، ۵۴ درصد در مقایسه با تیمار شاهد (S_1) کاهش داشته است همچنین وزن خشک دانه در تیمار (S_5) نسبت به (S_1) (شکل ۴) (معادل ۲۳ درصد) بوده است. بر این اساس وزن خشک اندام هوایی کاهش بیشتری نسبت به وزن خشک دانه داشته است به همین دلیل شاخص برداشت در این تحقیق افزایشی معادل ۶۳ درصد در مقایسه با تیمار شاهد داشت. این یافته با نتایج فرانکوییز و همکاران (۱۹۹۴)

[1] -Naseer
[2]- Morales et al.
[3] -Miyatoo et al.
[4]- Baker & Gebeyehou

مطابقت دارد. فرانکوییز و همکاران[1] (۱۹۹۴) اظهار داشتند وزن خشک اندام هوایی (ساقه +برگ) چاودار نسبت به وزن خشک دانه آن حساسیت بیشتری به شوری داشته و درنتیجه شوری سبب افزایش شاخص برداشت این گیاه می‌شود. شاخص برداشت در این تحقیق، به ترتیب افزایشی معادل ۲۷/۵، ۱۶ و ۱۲ درصد در تیمارهای S_2 و S_3 و S_4 نسبت به تیمار شاهد (S_1) داشت (شکل ۲)؛ که در برخی از این تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. از طرف دیگر، با توجه به اینکه وزن خشک اندام هوایی (شکل ۱) و دانه گیاه سورگوم (شکل ۴) با افزایش شوری آب آبیاری، کاهش یافته است و وزن خشک بیولوژیک از مجموع این دو وزن خشک حاصل می‌شود، لذا وزن خشک بیولوژیک با افزایش شوری آب آبیاری، معادل ۳۹/۱ درصد در تیمار S_5 نسبت به شاهد کاهش یافت (شکل ۱). همانطور که در شکل (۱) نشان داده‌شده است از سطوح S_1 تا S_4 نسبت به تیمار شاهد (S_1) نیز کاهشی معادل ۱/۱، ۱۶ و ۲۴ درصد داشت که بین این سطوح هم اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید.

وزن خشک برگ، شاخص سطح برگ و مساحت برگ

همانگونه که در جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) مشاهده می‌شود، شوری آب آبیاری اثر معنی‌داری بر مساحت برگ، شاخص سطح برگ و وزن خشک برگ داشته است. تیمار شاهد (S_1) با بیشترین سطح برگ (معادل ۲۶۹/۵ سانتیمترمربع در هر ستون)، بالاترین وزن خشک برگ را (معادل ۵۱/۵ گرم در هر ستون) به خود اختصاص داد. با اعمال شوری، از میزان سطح برگ و وزن خشک برگ در سطوح مختلف شوری، به‌تدریج کاسته شد به‌طوری‌که این کاهش در شوری (S_5) نسبت به (S_1) به ترتیب ۳۳ و ۴۴ درصد بود (شکل ۳). در تیمارهای S_2 و S_3 و S_4 نیز میزان کاهش سطح برگ در مقایسه با تیمار شاهد به‌ترتیب ۸/۴، ۱۱ و ۳۲ بود. این مقادیر برای وزن خشک برگ به‌ترتیب ۱۱، ۲۱/۴ و ۲۲/۲ بود. بین این سطوح در صفات سطح برگ و وزن خشک برگ اختلاف معنی-داری وجود نداشت. در خصوص کاهش وزن خشک در این تحقیق می‌توان گفت که تنش شوری به علت به هم زدن تعادل هورمونی و کاهش سطح فتوسنتزکننده گیاه باعث کاهش وزن خشک می‌گردد (رانا[2]، ۱۹۸۸). کاهش سطح و وزن برگ ارقام سورگوم در اثر شوری توسط یانگ و همکاران[3] (۲۰۰۰) نیز گزارش شده است.



شکل ۳- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی برگ سورگوم در سطوح مختلف شوری آب

(آب چاه (S_1)، مخلوط آب دریا و آب چاه با نسبت‌های ۱/۴ (S_2)، ۲/۴ (S_3)، ۳/۴ (S_4) و آب دریا (S_5))

(میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند دارای اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد آزمون LSD نمی‌باشند.)

[1]- Francois
[2] -Rana
[3] -Yang et al.

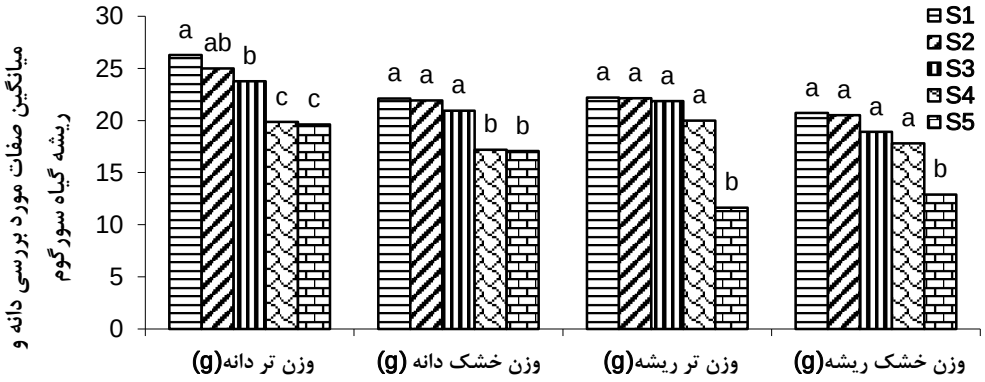
سطح برگ، بخش حساس اندام هوایی به شوری بوده (پاریدا و داس[1]، ۲۰۰۵) و کاهش آن با افزایش سطح شوری آب آبیاری در مطالعات دیگر نیز گزارش‌شده است (هانگ و همکاران[2]، ۲۰۱۲). سلول‌های برگ در شرایط تنش شوری به حداکثر رشد خود نمی‌رسند. هنگامی که گیاه در شرایط شور رشد می‌کند، فعالیت فتوسنتری آن کاهش‌یافته و در نتیجه رشد، سطح برگ کاهش می‌یابد (علی و هسناین، ۲۰۱۴). رنجبر و همکاران (۲۰۱۵) کاهش معنی‌دار سطح برگ با افزایش شوری را به اثرات سمی یون‌های کلر و سدیم در متابولیسم گیاهی و عدم توازن عناصر یا کاهش دسترسی به آب برای رشد متعادل به‌علت اثر اسمتیک شوری نسبت دادند.

شاخص سطح برگ بیان‌کننده نسبت سطح برگ به زمینی است که آن برگ‌ها اشغال می‌کنند (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۶). این شاخص رشد گیاه و عملکرد نهایی ماده خشک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همانطور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود، شاخص سطح برگ با افزایش سطح شوری آب آبیاری از تیمار S_1 تا تیمار S_5، ۲۱/۷۵ درصد کاهش‌یافته است. این پدیده را می‌توان به کاهش دوام سطح برگ در اثر کم‌آبی و خشک شدن برگ‌ها نسبت داد. همچنین تنش اسمزی ناشی از شوری، با افزایش آستانه فشار آماس لازم برای رشد سلول‌های برگ (کروزر و همکاران[3]، ۲۰۰۱) و کاهش فضای بین سلولی از یک سو و ایجاد مسمومیت یونی ناشی از تجمع یون‌های سدیم و کلر و در نتیجه، صدمه به غشاها و ملکول های پروتئینی از سویی دیگر، زمینه لازم برای کاهش سطح برگ را فراهم می‌آورد. گزارش‌های متعددی در مورد کاهش میزان شاخص سطح برگ (LAI) در اثر شوری در گیاهان مختلف وجود دارد. به دنبال کاهش سطح برگ و پدیده زرد شدن و ریزش برگ‌ها در اثر شوری، شاخص سطح برگ نیز کاهش می‌یابد (درازکوییز[4]، ۱۹۹۴).

وزن تر و وزن خشک دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده معنی‌دار شدن اثر شوری بر وزن تر و وزن خشک دانه در سطح یک درصد می‌باشد (جدول ۵). همانگونه که در شکل (۴) مشاهده می‌شود، وزن تر و وزن خشک دانه در تیمار S_5 در مقایسه با تیمار S_1 به‌ترتیب ۲۵/۳۸ و ۲۲/۸۰ درصد کاهش یافت. در همین زمینه مطالعات دیگری مبنی بر اثر کاهنده شوری روی وزن خشک دانه گزارش‌شده است (پسرکی[5]، ۱۹۹۹؛ استفان و وال[6]، ۱۹۹۷). نتایج مقایسه میانگین در این تحقیق نشان داد که وزن تر دانه در تیمارهای S_2 و S_3 و S_4 به ترتیب به میزان ۵، ۹/۵ و ۲۴/۴ درصد S_4 نسبت به تیمار شاهد (S_1) کاهش‌یافته است. میزان کاهش وزن خشک دانه نیز در این تیمارها در مقایسه با تیمار شاهد نیز به‌ترتیب به میزان ۴/۹۰، ۹/۵۵ و ۲۴/۴۲ درصد بود. در بین این سطوح در دو صفت وزن تر و وزن خشک دانه اختلاف معنی‌دار نبود (شکل ۴).

[1] -Parida and Das
[2] -Hung et al.
[3]- Croser et al.
[4] -Drazkiewicz
[5]- Pessaraki
[6]- Stephan, H., and Wall



شکل ۴- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی دانه و ریشه سورگوم در سطوح مختلف شوری آب
(آب چاه (S_1)، مخلوط آب دریا و آب چاه با نسبت‌های ۱/۴ (S_2)، ۲/۴ (S_3)، ۳/۴ (S_4) و آب دریا (S_5))
(میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند دارای اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد آزمون LSD نمی‌باشند.)

وزن خشک و تر ریشه

همانگونه که در شکل (۴) مشاهده می‌شود وزن خشک ریشه و وزن تر ریشه با افزایش سطح شوری از تیمار S_1 تا S_4 کاهش معنی‌داری نداشته است. این کاهش برای وزن خشک ریشه ۱، ۹ و ۱۴ درصد و برای وزن تر ریشه ۰/۳، ۱/۵ و ۱۰ درصد بود؛ اما مقادیر وزن خشک و وزن تر ریشه در تیمار S_5 کاهش معنی‌داری معادل بترتیب ۳۸ و ۴۸ درصد در مقایسه با تیمار شاهد (S_1) داشت. کاهش وزن خشک ریشه به دلیل عدم توسعه ریشه گیاه و کاهش تراکم ریشه در سطوح بالای شوری می‌باشد. مطالعات انجام‌شده در این زمینه نشان می‌دهد که افزایش شوری خاک سبب کاهش رشد ریشه می‌گردد ولی میزان کاهش به نوع گیاه و غلظت املاح محلول در خاک بستگی دارد (فیگین و همکاران[1]، ۱۹۸۷ و قاضی و همکاران[2]، ۲۰۰۱).

کاهش وزن تر ریشه با افزایش سطح شوری ناشی از زیادی یون‌های سدیم و کلرید می‌باشد که باعث مسمومیت سلول‌ها و ایجاد عدم تعادل تغذیه‌ای در سلول‌ها شده و رشد ریشه را کاهش می‌دهد (هاولین و همکاران[3]، ۲۰۰۴). در همین زمینه، یانگ و همکاران (۱۹۹۰) با بررسی اثر شوری بر رشد سورگوم، شاهد کاهش وزن خشک و تر ریشه با افزایش شوری بودند.

شاخص‌های مقاومت گیاه

نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های مقاومت گیاه در جدول (۵) ارائه‌شده است. این نتایج حاکی از آن است که شوری اثر معنی‌داری بر شاخص‌های مقاومت گیاه در سطح یک درصد داشته است.

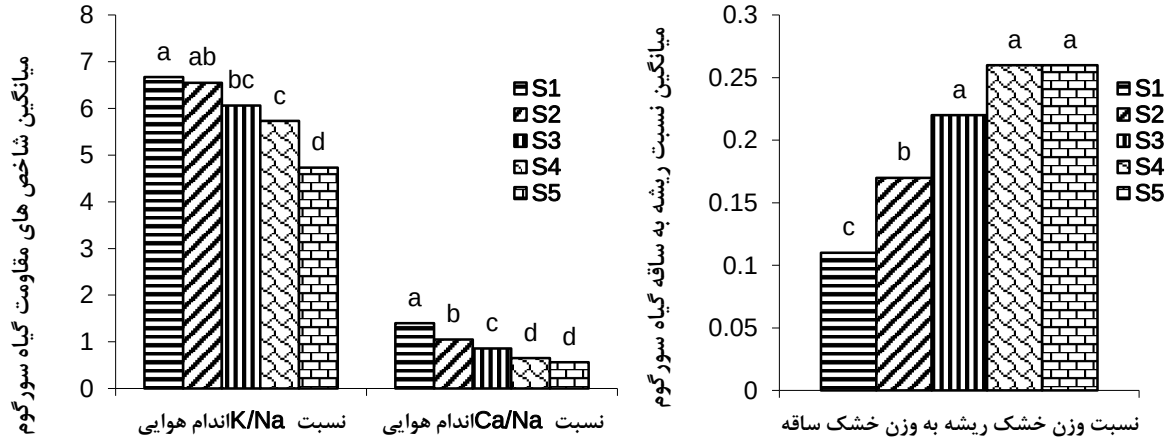
جدول ۵- میانگین مربعات صفات مورد بررسی شاخص‌های مقاومت گیاه سورگوم نسبت به شوری

منابع تغییرات (S.OV)	درجه آزادی	نسبت K^+/Na^+ اندام هوایی	نسبت Ca^{2+}/Na^+ اندام هوایی	نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک ساقه
شوری (A)	۴	۱/۸**	۰/۳**	۰/۰۱**
خطا	۱۰	۰/۰۷	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰۴
ضریب تغییرات (CV)	-	۴/۶	۱۰/۲	۱۰/۴

**معنی‌دار در سطح ۱٪ ، *معنی‌دار در سطح ۵٪ ، ns غیرمعنی‌دار

[1] -Feigin et al.
[2] -Ghazi et al.
[3] -Havlin et al.

مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در شکل (۵) نشان داد که شوری آب آبیاری، باعث کاهش معنی‌دار نسبت $\frac{k}{\mathrm{Na}}$ و $\frac{Ca}{\mathrm{Na}}$ به میزان به‌ترتیب ۲۹/۱ و ۶۰ درصد و افزایش معنی‌دار نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک ساقه به میزان ۵۸ درصد شده است.



شکل ۵- مقایسه میانگین شاخص‌های مقاومت گیاه سورگوم نسبت به شوری در سطوح مختلف شوری آب

(آب چاه (S_1)، مخلوط آب دریا و آب چاه با نسبت‌های ۱/۴ (S_2)، ۲/۴ (S_3)، ۳/۴ (S_4) و آب دریا (S_5))

(میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند دارای اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد آزمون LSD نمی‌باشند.)

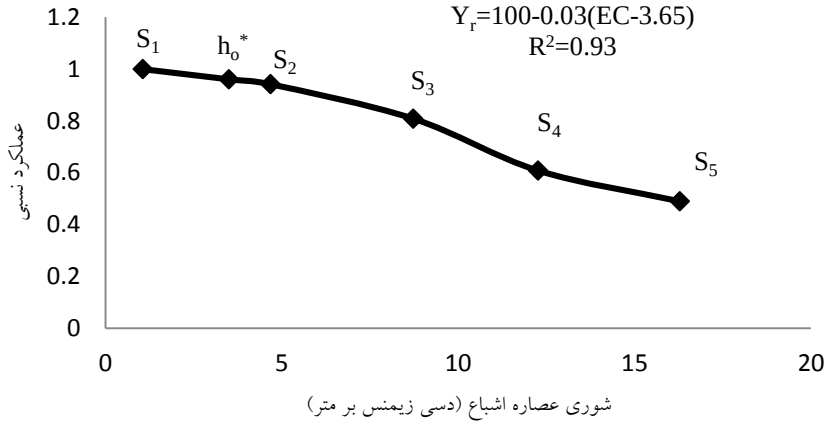
با توجه به وجود مقادیر متفاوت سدیم و پتاسیم در تیمارهای مختلف، نسبت سدیم به پتاسیم می‌تواند شاخص مناسبی-در رابطه با اثرات متناقض سدیم و پتاسیم در گیاه باشد. این نسبت در بافت گیاه به‌عنوان شاخص سمیت سدیم به کار می‌رود. پژوهشگران معتقد هستند که حضور سدیم باعث اختلال در فعالیت آنزیم‌های محتاج به یون پتاسیم می‌شود (کافی و استیوارت، ۱۳۷۷). اشرف و مک‌نیلی[1] (۱۹۹۰) در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که واریته‌های متحمل به شوری در هنگام مواجه با شوری، دارای غلظت سدیم و کلر کمتر و بالعکس غلظت پتاسیم، منیزیم و کلسیم بیشتر، در اندام هوایی خود هستند. در نتیجه واریته‌های متحمل به شوری در مقایسه با واریته‌های حساس، نسبت $\frac{k}{\mathrm{Na}}$ و $\frac{Ca}{\mathrm{Na}}$ بالاتری دارند . ئوپلود و ویلینگ[2] (۱۹۸۴) نیز اعلام کردند که افزایش سطح شوری، تنظیم یونی برخی از یون‌ها از جمله یون‌های K^+ و Ca^{2+} را مختل می‌کند که با نتایج شکل (۵) در خصوص کاهش نسبت $\frac{Ca}{\mathrm{Na}}$ با افزایش سطوح شوری، مطابقت دارد.. بیشترین نسبت $\frac{Ca}{\mathrm{Na}}$(مقدار ۱/۴) در تیمار S_1 مشاهده شد. با افزایش سطح شوری از S_1 به S_2 ، S_3 و S_4 نسبت $\frac{Ca}{\mathrm{Na}}$ به‌ترتیب ۲۵، ۳۹ و ۵۴ درصد کاهش یافت و بیشترین نسبت $\frac{k}{\mathrm{Na}}$ (مقدار ۷) در تیمار S_1 مشاهده شد. با افزایش سطح شوری از S_1 به S_2، S_3 و S_4 نسبت $\frac{k}{\mathrm{Na}}$ به‌ترتیب ۲، ۹/۱ و ۱۴/۱ درصد کاهش یافت. که بین برخی سطوح در این دو شاخص مقاومت، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۵).

نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک ساقه نیز با افزایش سطح شوری، افزایش‌یافته است (شکل ۵). لاوچلی و اپستین (۲۰۰۰) بیان داشتند که با افزایش شوری، رشد ریشه نسبت به رشد اندام‌هوایی کمتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد، لذا نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک ساقه افزایش می‌یابد. افزایش نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک ساقه در گیاه سورگوم در اثر افزایش میزان شوری توسط سینها و همکاران[3] (۲۰۰۶)، لاوچلی و اپستین (۲۰۰۰) و زیدان و الزهرانی (۲۰۰۴) نیز گزارش شده است. در همین زمینه اسنپ و شینان (۲۰۰۲) گزارش کردند که

[1] -Ashraf and McNeilly
[2]- Leopoid & Willing
[3]- Sinha et al.

بخش ریشه‌ی گیاهان بسیار متحمل‌تر از بخش هوایی در برابر شوری است و افزایش شوری در محیط رشد، نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک ساقه را تغییر می‌دهد؛ بنابراین به احتمال زیاد این امر یک مکانیسم سازگاری در محیط‌های شور می‌باشد (اسنپ و شینان[1]، ۲۰۰۲). با توجه به شکل (۴) وزن خشک ریشه (معادل ۳۷/۷۴ درصد) کاهش کمتری نسبت به وزن خشک ساقه (شکل ۱) (معادل ۵۲/۹۳ درصد) از خود نشان داد که با نتایج محققین مطابقت دارد.

شکل (۶) روند تغییرات عملکرد نسبی سورگوم را با افزایش شوری محلول خاک، نشان می‌دهد.



شکل ۶- عملکرد نسبی سورگوم به‌عنوان تابعی از شوری عصاره اشباع خاک

همانطور که ملاحظه می‌شود عملکرد نسبی سورگوم تا شوری حدود ۳/۶۵ دسی‌زیمنس بر متر کاهش نداشت. از آنجائی که مقدار جذب آبی که به‌وسیله گیاه تا رسیدن به یک شوری معین کاهش نیابد، حد آستانه گیاه (h_o^*) تعریف می‌شود، لذا مقدار ۳/۶۵ دسی‌زیمنس که برای گیاه سورگوم در این تحقیق بدست آمده است، حد آستانه گیاه سورگوم می‌باشد؛ اما بعد از افزایش شوری عصاره اشباع خاک، عملکرد گیاه کاهش یافت و در شوری حدود ۱۵ دسی زیمنس بر متر به نصف رسید (شکل ۶). شیب خط کاهش عملکرد سورگوم در این مرحله سه درصد بر دسی زیمنس بر متر محاسبه شد. بر این اساس، گیاه سورگوم به تنش شوری حساس بوده و جزء گیاهان حساس به تنش شوری می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش سطح شوری آب آبیاری تا تیمار (S_5)، تمامی صفات اندازه‌گیری شده برای گیاه سورگوم به‌جز شاخص برداشت و نسبت ریشه به ساقه کاهش یافتند. مخلوط کردن آب دریا و چاه تا نسبت ۲/۴ و ۳/۴ که برابر شوری ۸ و ۱۳ دسی زیمنس بر متر است، باعث ۴۱ درصد کاهش وزن خشک گیاه و ۱۴ تا ۵۳ در صد کاهش شاخص‌های مقاومت گیاه و افزایش ۱۵ درصدی نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک ساقه می‌شود.

با توجه به اینکه تفاوت غیرمعنی‌دار نتایج برای اکثر صفات تا تیمار (S_3 و S_4) بدست آمده است این نتیجه می‌تواند نشان‌دهنده مقاومت گیاه تا شوری ۸ (S_3) و ۱۳ دسی‌زیمنس بر متر آب آبیاری (S_4) باشد. لذا براساس نتایج این پژوهش، می‌توان از تلفیق آب شور و آب غیرشور تا شوری ۸ و ۱۳ دسی‌زیمنس بر متر برای آبیاری گیاه سورگوم استفاده کرد. لازم به توضیح است که با توجه به اینکه آستانه تحمل شوری گیاه سورگوم در اکثر پژوهش‌ها، معادل چهار دسی‌زیمنس بر متر شوری عصاره اشباع خاک گزارش شده است ولی در این پژوهش با توجه به نوع رقم

[1]- Snapp & Shennan

گیاه، بافت خاک، منطقه و آب شور طبیعی دریای خزر متفاوت بوده حد آستانه پایین‌تر از این مقدار، معادل ۳/۶۵ دسی‌زیمنس بر متر شوری عصاره اشباع خاک برای گیاه سورگوم بدست آمده است، همچنین استفاده از روش آبیاری قطره‌ای و آبیاری تلفیقی بعد از مرحله سه برگی گیاه در این تحقیق موجب شده است که گیاه بتواند تا سطوح شوری ۸ و ۱۳ دسی‌زیمنس بر متر آب آبیاری را تحمل کرده و عملکرد متوسطی داشته باشد و بدین طریق باعث صرفه‌جویی در مصرف منابع آب شیرین شود؛ بنابراین با توجه به نتایج این پژوهش تا نسبت‌های ۲/۴ و ۳/۴ مخلوط آب چاه و دریا برای آبیاری گیاه سورگوم در منطقه مطالعاتی پیشنهاد می‌گردد.

فهرست منابع

۱. احمدی،ک.، عبادزاده، ح. ر.، حاتمی، ف.، عبدشاه، ه. و کاظمیان، آ.، ۱۳۹۹، آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷، جلد اول: محصولات زراعی، ۹۷ ص.

۲. داداشی، م. ر.، ا. مجیدی هروان، ا. سلطانی و ع. نوری. ۱۳۸۶. ارزیابی واکنش لاین های مختلف جو به تنش شوری. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی. شماره ۱. صفحه: ۱۹۱- ۱۸۱.

۳. دردی پور، ا. ۱۳۸۲. بررسی نقش پتاسیم و روی در کاهش اثرات سوء ناشی از آبیاری با آب دریای خزر بر روی رشد و عملکرد جو، پایان‌نامه دکتری رشته خاکشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

۴. دیانت مهارلویی، ز.، مقصودی، ک. و امام، ی.، ۱۳۹۳. تأثیر شوری و سالسیلیک اسید بر ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک سورگوم در مراحل اولیه رشد (Sorghum bicolor (L.) Moench). نشریه فرایند و کارکرد گیاهی، ۳(۷): ۵۷-۶۵.

۵. راشد محصل، م.ح.، حسینی، م.، عبدی، م.و. و ملافیلابی، ع. ۱۳۷۶. کشاورزی غلات .انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۶. رستگار، ا.، ا. جنیدی جعفری، م. فرزادکیا، ر. رضائی کلانتری، ا. اله‌آبادی و ع. م. قلی‌زاده. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر کمپوست مواد زائد شهری بر میزان نشت و جذب فلزات سنگین از خاک شنی رسی لومی، مجله دانشگاه علوم پزشکی سبزوار. ۱۹(۳):۲۸۶-۲۷۷.

۷. رضایی، ح. ۱۳۵۶. روش‌های تجزیه گیاه. وزرات کشاورزی و عمران روستایی، مؤسسه خاکشناسی و حاصلخیزی خاک. نشریه شماره۱۲.

۸. سرمدنیا، غ. ح. و ع. کوچکی. ۱۳۸۶. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ص ۴۰۰.

۹. شریفیان، ح. و م. کاظمی حسنوند. ۱۳۹۴. بررسی عملکرد و اجزای عملکرد گیاه سورگوم تحت شرایط آبیاری با آب دریای خزر . نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۱(۹): ۱۶۹-۱۶۳.

۱۰. علی احیائی، م. بهبهانی‌زاده. ع. ا. ۱۳۷۲. شرح روش های تجزیه شیمیایی خاک (جلد اول)، وزارت کشاورزی سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۸۹۳، ۷۷ صفحه.

۱۱. علیزاده، ا. ۱۳۷۷. کیفیت آب در آبیاری. انتشارات آستان قدس رضوی. مشهد. ۹۶صفحه.

۱۲. قائدی، س. افراسیاب، پ. لیاقت، ع.، ۱۳۹۴a، مقایسه‌ی روش‌های تلفیق آب شور و غیرشور در کشت سورگوم علوفه‌ای و توزیع شوری در نیم‌رخ خاک. علوم و مهندسی آبیاری. ۳۹(۱): ۱۷۹-۱۶۷.

۱۳. قائدی، س. افراسیاب، پ. لیاقت، ع. و خمری، ع.، ۱۳۹۴b، استفاده‌ی تلفیقی از آب شور و غیرشور در کشت سورگوم و آفتابگردان در دشت سیستان. تحقیقات آب و خاک. ۴۶(۲): ۱۸۲-۱۷۳.

۱۴. کافی، م. و و. س. استیورات. ۱۳۷۷. اثرات شوری و تجمع کاتیون‌ها در اندام هوایی و ریشه ارقام گندم حساس و مقاوم به شوری. مجله علوم زراعی ایران. ۲: ۲۱-۹.

۱۵. معمار باشی، پ.، و ف .شیدای. ۱۳۹۱. آبهای غیرمتعارف فرصتی جهت تقویت منابع آبی و دستیابی به امنیت غذایی .اولین همایش ملی بیابان .خرداد ماه، دانشگاه تهران.

۱۶. مهندسین مشاور رویان، ۱۳۸۷. دستورالعمل تجزیه آزمایشگاهی نمونه‌های خاک و آب. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور. نشریه ۴۶۷. ۲۷۸ صفحه.

۱۷. نصراصفهانی، ا. و گلچین، ن.، ۱۳۸۷. برآورد کارایی مصرف آب محصولات زراعی در دشت برخوار اصفهان و دشت گرگان و گنبد. تهران: مؤسسه‌ی پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی- مدیریت امور پردازش و تنظیم یافته‌های تحقیقاتی. ۴۷ ص.

۱۸. نصرالهی ، ع.ح. ، هوشمند ، ع. ، و برومند نسب ، س. ۱۳۹۴. بررسی واکنش ذرت به شوری تحت آبیاری قطره ای و مدیریت آبیاری .مجله علوم و مهندسی آبیاری ، ۳۸ (۴) ، ۳۲-۲۵.

19. Abdelgawad, G., and A. Ghaibeh. 2001. Use of low quality water for irrigation in the Middle East. In: Proceeding of the Symposium on the Sustainable Management of Irrigated Land for Salinity and Toxic Elements Control, US Salinity Laboratory Riverside California. 25– 27/6/2002. pp. 20–25.
20. Abdelgawad, G., A. Arslan, A. Gaihbe, and F. Kadouri. 2005. The effects of saline irrigation water management and salt tolerant tomato varieties on sustainable production of tomato in Syria 1999–2002. *Agricultural Water Management.* 78: 39–53.
21. Ali, T.M., and A. Hasnain. 2014. Morphological, physicochemical, and pasting properties of modified white sorghum (*Sorghum bicolor*) starch. International Journal of food properties. 17(3): 523-535.
22. Amacher, K., J. R. Koenig, and B. Kitchen. 1997. Salinity and plant tolerance. Utah State University. Extension Electronic Publishing.
23. Ashraf, M., and T. McNeilly. 1990. Responses of four Brassica species to sodium chloride. Exp. Bot. 30:475-487.
24. Baker, R. J., and G. Gebeyehou. 1982. Comparative growth analysis of two spring wheats and one spring barley. Crop. Sci. 22:1225-1229.
25. Bernstein, N., W. K. Silk, and A. Lauchli. 2001. Spatial and temporal aspects of sorghum leaf growth under conditions of NaCl stress. Planta 191:433-439.
26. Bouyoucos, G.J.1962. Hydrometer Method Improved for Making Particle Size Analyses of Soils1. Agronomy Journal. 54(5): 464.
27. Bybordi, A. 2012. Study effect of salinity on some physiologic and morphologic properties of two grape cultivars. Life Science Journal. *9*(4), 1092-1101.
28. Cramer, G. R., and D. C. Bowman. 1991. Short term leaf elongation kinetics of maize in response to salinity are independent of the root. Plant Physiol. 95: 965-967.
29. Croser, C., S. Renault, J. Franklin, and J. Zwiazek. 2001. The effect of salinity on the emergence and seedling growth of piceamorian, picceaglausa and pinusbanksiana. Environ. Poll. 115:6-16.
30. De Wit, C.T. 1958. Transpiration and Crop Yields. Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen, No. 64.6.Wageningen, The Netherlands.
31. Drazkiewicz, M. 1994. Chlorophyllase, occurrence, functions, mechanism of action, effects of external and internal factors. Crop Sci. 30(3): 321-331.
32. Emam, Y. 2011. Cereal Production. Shiraz University Press, Shiraz, Iran, 190p.
33. Feigin, A., I. Rylski, A. Meriri, and J. Shalhevet. 1987. Response of melon and tomato plants to chloride-nitrate ratio in saline nutrition solution. J. Plant Nutr. 10:1787-1794.
34. Francois, L.E., T.J. Donovan, and E.V. Maas. 1984. Salinity effects on seed yield, growth and germination of grain sorghum. Agron. J. 76: 741–744.

35. Francois, L. E., C. M. Grieve, E.V. Mass, and S.M. Leseh. 1994. Time of salt stress growth and yield components of irrigated wheat. Agron. J. 86:100-107.
36. Ghazi, N., R. Al-Karaki, M. Hammad, and Rusan. 2001. Response of two tomato cultivars differing in salt tolerance inoculation with mycorrhizal fungi under salt stress. Mycorrhizae. 11:43-47.
37. Hamblin, Ap. 1981. Filter – paper method for routine measurement of field water potential. Journal of Hydrology. 53: 355-360.
38. Havlin, J. L., J. D. Beaton, S. L. Tisdale, and W. L. Nelson. 2004. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. 7th Edition, Prentice Hall, USA.
39. He, T., and G. R. Cramer. 1993. Salt tolerance of rapid-cycling Brassica species in relation potassium/ sodium ratio and selectivity at the whole plant and callous levels. Journal of Plant Nutrition. 16(7): 1263-1277.
40. Hung, C. H. Zong, L. Buonanno, M. Xue, X. Wang, T. and A. Tedeschi. 2012. Impact of saline water irrigation on yield and quality of melon (Cucumismelo cv. Huanghemi) in northwest China: European Journal of Agronomy. 43:68-76.
41. Javadi, H., M.H. Rashed Mohasel, Gh.R. Zamani, E. Azari Nasr Abadi, and Gh.R. Musavi. 2007. Effect of plant density on growth indices in four grain sorghum cultivars. Iranian J. Field Crops Res. 4: 265 – 253.
42. Karthikeyan, K.G., M. Kalbasi, P.S. Miller. 2005. Nitrogen and Solution Dynamics in Soils Receiving Chemically Treated Dairy Manure, J. Trans. ASAE. 48: 601-610.
43. Khamisia, S. A., S. A. Prathaparb, and M. Ahmedc .2012. Conjunctive use of reclaimed water and groundwater in crop rotations. *Agricultural Water Management*. 116: 228– 234.
44. Koyro, H.W., M.A. Khan, and H. Lieth. 2011. Halophytic crops: a resource for the future to reduce the water crisis? Emirates Journal of Food and Agriculture. 23: 1–16.
45. Krishnamurthy, L., B.V.S. Reddy, and R. Seraj. 2003. Screening sorghum germplasm for tolerance to soil salinity. International Sorghum and Millets Newsletter. No. 44: 90-93.
46. Lacerda, C. F., J. Cambraria, M. A. Oliva, H. A. Ruiz, and J. T. Prisco. 2003. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. Rev. Bras. Fisiol. Veg. 49:107-120.
47. Lauchli, A. and E. Epstein. 2000. Plant responses to saline and sodic conditions. pp: 11-117. New York.
48. Leoplod, A. C., and R. P. Willing. 1984. Evidence for toxicity effects of salt on membrarces. In salinity Tolerance in plants: strategic for crop Improvement. Edited by R. C. Staples and G. H. Toenniessen. Pp: 67-76.
49. Mass, E.V., and G.J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance–current assessment. Journal of Irrigation and Drainage. Div. ASCE. 103:115– 134.
50. Mass, E.V., J.A. Poss, and G.J. Hoffman. 1986; Salinity sensitivity on sorghum at three growth stages. Irrig. Sci. 7:1–11.
51. Miyatoo, S., E.P. Glenn, and M.W. Olsen.1996. Growth, water use and salt uptake of four halophytes irrigated with highly saline water. Journal of Arid Environments. 32(2):141-159.
52. Morales, C., R.M.Cusido, J.Palazon, and M.Bonfill.1993. Response of Digitalis purpurea plant to temporary salinity. Journal of Plant Nutrition. 16(2): 335- 327.
53. Munns, R., and M. Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology. 59:651- 681.
54. Naseer, S. H. 2001. Response of barley (*Hordeum vulgare* L.) at various growth stages to salt stress. Journal of Biological Science. 1(5): 326-329.
55. Olsen, S.R., and L.E. Sommers.1990. Phosphorus, In: Page A. L., Method of soil analysis. Part 2. and agron monoger. ASA, Madison, WI. Pp: 403-431.
56. Parida, A. K., and A.B. Das. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: Areview. Ecotoxicol. Environ. Safety. 60:324-349.
57. Pedrero,F., I. Kalavrouziotis, J.J. Alarcón, P. Koukoulakis, and T. Asano .2010. Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture review of some practices in Spain and Greece. *Agricultural Water Management*. 97: 1233-1241.
58. Pessaraki, M. 1999. Handbook of plant and Crop Stress. Marcel dekker. Inc.

59. Pirasteh-Anosheh, H., G. Ranjbar, H. Pakniyat, and Y.Emam .2016. Physiological mechanisms of salt stress tolerance in plants; an overview: 141-160. In: Azooz, M. M. and Ahmad, P., (Eds). Plantenvironment Interaction: Responses and Approaches to Mitigate Stress. Wiley, London.
60. Rana, M. 1988. Causes of varited differences in salt tolerance. Proc of the Int cong of Plant Physiol. 960-989.
61. Ranjbar, G., H. Ghadiri, and A. R. Sepaskhah. 2014. Effects of *Kochia indica* density and irrigation water salinity on sorghum and *K. indica* dry matter and chemical composition. Journal of Biological and Environmental Sciences. 8: 115-123.
62. Ranjbar, G., H. Ghadiri, and M. Edalat. 2015. Effect of kochia (Kochia indica) density on yield and some physiological characteristics of sorghum under salinity stress. Journal of Crop Production and Processing. 18: 207-219.
63. Rawson, H. M., M. J. Long, and R. Munns. 2006. Growth and development in NaCl treated plants. I: Leaf Na+ and Cl- concentration do not determine gas exchange of leaf blades in sorghum. Aust. J. Plant Physiol. 35: 519- 527.
64. Razzaghi, F., S.H. Ahmadi, V.I. Adolf, C.R. Jensen, S.E. Jacobsen, and M.N. Andersen. 2011. Water relations and transpiration of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*L.) under salinity and soil drying. Journal of Agronomy and Crop Science. 197(5): 348-360.
65. Reginato, M., C. Travaglia, H. Reinoso, F. Garello, and V. Luna .2016. Salt mixtures induce anatomical modifications in the halophyte Prosopis strombulifera (*Fabaceae: Mimosoideae*). Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants. 218: 75-85.
66. Sinha, A., R.S. Gupta, and R.S. Rana. 2006. Effect of soil salinity and soil water availability on growth and chemical composition of *Sorghum halepense* L. Plant Soil. 125:411- 416.
67. Snapp, S. S., and C. Shennan. 2002. Effects of salinity on root growth and death dynamics of tomato (*Lycopersican esculentum* L.). New Phytol. 131: 71- 77.
68. Stephan, H., and K. G. Wall, .1997. Grain yield from spring sown Canadian wheat in saline rooting media, Can. J, Plant. Sci. 77(1):63-68.
69. Taiz, L., E.Zeiger, I. M. Moller, and A. Murphy. 2015. Plant Physiology and Development. Sinauer Associates, Incorporated. 20p.
70. Walkey, A., and I. A. Black .1934.An examination of the Degtjareffmethod for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of in organic soil constituents. Soil Science. 63:251-263
71. Yang, Y.W., R. L. Newton, and F.R. Miller. 1990. Salinity tolerance in sorghum. I. Whole plant response to sodium chloride in S. Bicolor and S. halepense. Crop Sci. 30:775-781.
72. Yang, Y.W., R.J. Newton, and F.R. Miller. 2000. Salinity tolerance in sorghum. I. Whole plant response to sodium chloride in *S. bicolor* and *S. halepense.* Crop Sci. 40:775- 781.
73. Zidan, M.A., and H.S. Al-Zahrani. 2004. Effect of NaCl on the germination, growth and metabolic changes in sorghum. Pakistan. J. Scint. Indust. Res. 57 (12): 541- 543.

Effect of Irrigation Water Salinity on Relative Yield and Some Morphological and Physiological Characteristics of Sorghum

M. Noroozi, E. Chavoshie[1], and M. Ghajar Sepanlou

PhD Student, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Isfahan Branch (Khorasgan), Isfahan, Iran.

nassim_sae@yahoo.com

Assistant Professor, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Isfahan Branch (Khorasgan), Isfahan, Iran.

chavoshie@yahoo.com

Associate Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Mazandaran, Iran.

sepanlu@yahoo.com

Received: October 2020, and Accepted: June 2022

Abstract

To investigate the effect of irrigation water salinity stress on morphological and physiological characteristics of sorghum (Speedfed cultivar), an experiment was conducted at the Agricultural and Natural Resources Research Center of Mazandaran Province, using soil columns in a randomized complete block design with 3 replications. Fifteen soil columns were studied during 56 days. Salinity treatments included well water (control) (S_1=0.995 dSm^{-1}), Mixture of ¼ seawater and ¾ well water (S_2=4.680 dSm^{-1}), 2:2 (S_3=8.130 dSm^{-1}), ¾: ¼ (S_4=13.710 dSm^{-1}), and only seawater (S_5=15.910 dSm^{-1}). Measurements included dry and wet weight of shoots, seeds and roots, diameter and height of main stem, leaf area index, leaf area, harvest index, biological yield, and resistance indices of sorghum. The results showed that the effect of salinity on all measured traits was significant. Increasing the salinity level of irrigation water from control (S_1) to treatment (S_5) caused a significant decrease in all measured traits, except harvest index and root to stem ratio. Also, the results showed that S_1 was the best salinity level to achieve maximum yield in sorghum (218 g/plant). Regarding resistance indices, S1 treatment had higher $\frac{k}{\mathrm{Na}}$ and $\frac{Ca}{\mathrm{Na}}$ ratios than other treatments, which were 6.67 and 1.4, respectively. Also, dry weight of shoots in S_3 was 23.5 % less than the control, while there were no significant differences between S_3 and S_4 treatments in different traits. Also, the relative yield of sorghum (treatment yield relative to the control) in different treatments did not decrease by salinity of soil saturation extract (SSE) up to about 3.65 dS /m, which was considered as the tolerance threshold of this plant. However, at values higher than this threshold, plant yield decreased and reached 50% reduction at about 15 dS/m. Slope of the sorghum yield reduction line was about 3% per dS/m.

Keywords: Salinity stress, Salinity tolerance threshold, Sorghum variety Speedfeed

[1] - Corresponding author: Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Isfahan Branch (Khorasgan), Isfahan, Iran.