علوم و مهندسی آبیاری
جلد ۴۰، شماره‌ی٤، زمستان ۹٦، ص. ٤٦-۳۱

بررسی مدیریت آبیاری با آب شور بر عملکرد و شاخص‌های رشد سورگوم علوفه‌ای

حلیمه پیری[۱*]، حسین انصاری[۲] و علیرضا فرید حسینی[۲]

۱- استادیار، عضو هیئت علمی دانشگاه زابل، گروه مهندسی آب H_piri2880@yahoo.com
۲- استاد گروه مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد.
۳- استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد.

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۲۸

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی استفاده از آب شور بر عملکرد سورگوم و به کارگیری آن برای مدیریت استفاده از آب شور در سیستان انجام شد. آزمایش بصورت بلوک کامل تصادفی با چهار تیمار مدیریتی و سه تکرار به صورت جوی و پشته‌ای انجام شد. به صورت: تیمار اول(F): آبیاری با آب شیرین (شوری ۲ دسی زیمنس بر متر)، دوم(S): آبیاری با آب شور(شوری ۷ دسی زیمنس بر متر)، سوم(FSF): آبیاری یک در میان با آب شور و شیرین به طور ثابت و چهارم(MFSF): آبیاری یک در میان آب شور و شیرین به طور متغیر. برای تعیین روند رشد نمونه برداری‌ها هر هفته تا پایان مرحله برداشت انجام گرفت و شاخص‌های گیاهی و شاخص‌های رشد مانند سرعت رشد محصول، سرعت نسبی رشد و شاخص سطح برگ، همچنین تغییرات شوری خاک اندازه‌گیری گردید. تیمار اول به عنوان تیمار شاهد و نتایج سایر تیمارها با آن مقایسه گردید. نتایج نشان داد بیشترین مقدار عملکرد در تیمار اول (۱۰۰/۸ تن در هکتار) و کمترین آن در تیمار آب شور (٦۰/۷۱ تن در هکتار)، در تیمارهای سوم و چهارم به ترتیب عملکرد ۸۵/۲۷ و ۹۰/۱٦ تن در هکتار به دست آمد. بین تیمار MFSF با تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار در هیچ یک از پارامترها مشاهده نشد. تجمع نمک در محدوده ریشه در تیمارMFSF کمتر از مقدار آن در تیمارهای S و FSF بود. بنابراین بهترین روش مدیریتی در میان تیمارهای اعمال شده به جز تیمار شاهد، تیمار آبیاری یک در میان جویچه ها به صورت شور و شیرین به طور متغیر می باشد.

کلید واژه‌ها: سورگوم، آبیاری جوی و پشته، آب شور، یک در میان.

مقدمه

استفاده نادرست از آب‌های با کیفیت نامناسب در کشاورزی موجب شور شدن خاک در بسیاری از اراضی شده است. تا سال ۱۹۸۹ بیش از ۲۳ درصد از اراضی کشاورزی دنیا در نتیجه شور شدن قابلیت کشت خود را از دست داده اند. نتایج تحقیقات لمسال و همکاران[۱](۱۹۹۹) گواه این مطلب است که سالانه حدود ۴۰۰۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی دنیا در نتیجه عدم مدیریت صحیح و کنترل نمک شور شده و قابلیت کشت خود را از دست می‌دهند. این در حالی است که وسعت اراضی شور در نتیجه کشاورزی آبی در ایران تا سال ۲۰۰۵ به ۴۴/۵ میلیون هکتار افزایش پیدا کرده است(بنایی و همکاران[۲]، ۲۰۰۵). از سوی دیگر، شوری خاک بیش از حد آستانه تحمل گیاه در نتیجه تجمع نمک اضافی در منطقه ریشه می‌تواند خطری جدی برای رشد گیاه محسوب شود(سیلسپور و رشیدی[۳]، ۲۰۰۸). در چنین شرایطی حتی با وجود آب کافی در محدوده ریشه، امکان جذب آب توسط گیاه به دلیل کاهش آماس ریشه و تراکم آن و افزایش میزان سدیم قابل تبادل و پتانسیل اسمزی خاک به شدت کاهش پیدا می‌کند(سامر[۴]، ۱۹۹۳). کاهش شاخص‌های رشد گیاه چون سطح برگ و پوشش گیاهی موجبات کاهش تبخیر و تعرق (شانی و بنگال[۵]، ۲۰۰۵) و متعاقباً کاهش محصول در نتیجه‌ی کاهش رشد گیاه را در بسیاری از گیاهان فراهم می‌آورد(کامان و همکاران[۶]، ۲۰۰۸). این در حالی است که جلوگیری از کاهش معنی‌دار میزان محصول به عنوان مهمترین جزء اقتصادی در کشاورزی آبی امری مهم در راستای نیل به امنیت غذایی و کشاورزی پایدار است. روند نزولی کمی و کیفی آب در مناطق خشک و نیمه خشک از یک طرف و مستعد بودن اراضی کشاورزی از طرف دیگر می‌طلبد تا کاربرد روش‌های مدیریتی برای حصول عملکرد مطلوب، در ضمن پایداری کشاورزی مورد ارزیابی قرار گیرند. با کاربرد منطقی از آب شور به عنوان یک منبع آب آبیاری ضمن افزایش تولیدات کشاورزی، می‌توان از رقابت موجود برای آب غیرشور نیز کاست. لذا علی‌رغم اهمیت استفاده از منابع آب شور در کشاورزی، با توجه به آثار و تبعات منفی آب شور بر گیاه و خاک، اتخاذ شیوه‌های

1- Lamsal *et al.*
2 -Banaei et al.
3 - Seilsepour and Rashidi
4- Summer
5- Shani and Ben-Gal.
6- Kaman *et al.*

مدیریتی صحیح مصرف این منابع به منظور جلوگیری از کاهش معنی‌دار محصول به لحاظ کیفی و کمی ضروری می‌باشد. سورگوم گیاهی از خانواده غلات است و دارای انواع گوناگون از جمله علوفه‌ای و دانه‌ای می‌باشد. این گیاه از پتانسیل تولید بالایی برخوردار است و با شرایط آب و هوایی ایران به خصوص مناطق گرم و خشک و معتدل آن سازگاری خوبی دارد (اهدائی، ۱۳۷۲ ؛ فومن آجیرلو ،۱۳۷۵؛کریمی، ۱۳۷۶). این گیاه به دلیل خصوصیات فیزیولوژیکی از جمله مقاومت به خشکی، شوری، کارآیی مصرف آب بالاتر از سایر گیاهان علوفه‌ای، عملکرد نسبتا زیاد، کیفیت مطلوب و قابلیت نگهداری آن به صورت علوفه خشک به خصوص سیلو ، سبب گردیده تا در مناطق خشک و نیمه‌خشک از ارزش خاصی برخوردار شود(تابوسا و همکاران[1] ، ۱۹۸۶؛ زربین و توماس[2]، ۲۰۰۳). سورگوم می‌تواند تحت شرایط خشک در صورت وجود رطوبت کافی در مرحله خوشه‌دهی و گلدهی قابلیت تولید زیادی داشته باشد و نیز توانایی کاهش دادن سرعت رشد خود را طی یک دوره خشکی دارد و می‌تواند رشد و نمو خود را تا زمانی که شرایط رطوبت بهبود یابد، مجدداً از سر گیرد(فومن آجیرلو[3]، ۲۰۰۰). طباطبایی و اناقلی[4](۲۰۱۲) تأثیر شوری را روی سورگوم در مرحله جوانه زنی مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد، سورگوم رقم KFS2 به دلیل بالاترین مقدار جوانه زنی در شرایط شور به عنوان رقم سورگوم قابل تحمل شوری معرفی می گردد. کافی و همکاران (۱۳۹۰) ارزیابی خصوصیات علوفه‌ای توده‌های مختلف کوشیا را با دو سطح شوری آب آبیاری انجام دادند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که سطوح تنش شوری اعمال شده و توده‌های مورد بررسی به جز بر عملکرد ماده خشک، تأثیر معنی‌دار بر درصد عملکرد علوفه خشک و صفت‌های مورد مطالعه نداشتند. سلطانی محمدی و همکاران(۱۳۹۰) اثر توأم تنش آبی و شوری را بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای در مراحل مختلف رشد در شرایط اقلیمی اهواز مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق نشان داد اثر متقابل تنش آبی و شوری در هر سه آزمایش(رشد رویشی (آزمایش یک)، گل‌دهی(آزمایش دو) و بعد از گل‌دهی(آزمایش سه) بر صفات مورد مطالعه (تعداد دانه در بلال، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت) معنی‌دار نبود. بلانکو و همکاران[5](۲۰۰۷) در بررسی رشد و عملکرد ذرت با آب شور که در آن مقدار هدایت الکتریکی آب آبیاری از ۰/۳ تا ۴/۵ دسی زیمنس بر متر تغییر می‌کرد به این نتیجه رسیدند که وزن خشک تمام قسمت‌های ذرت و کارآیی مصرف آب با افزایش شوری کاهش می‌یابد. عملکرد دانه ذرت به ازای هر واحد افزایش در شوری نسبت به آستانه تحمل ذرت (۱/۷دسی زیمنس بر متر) ۲۰ تا ۲۱ درصد کاهش یافت. دهقانی سانیچ(۱۳۹۱) عملکرد و کارآیی مصرف آب ارقام مختلف ذرت دانه‌ای در سطوح مختلف شوری آب در روش آبیاری بارانی را طی یک آزمایش دو ساله مورد ارزیابی و بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج حاصله، کاربرد رقم تجاری زودرس سینگل کراس در شرایط شوری قابل توصیه نبوده و بایستی از ارقام دیررس سینگل کراس و یا متوسطرس ذرت دانه‌ای استفاده کرد. مولوی و همکاران(۱۳۹۱) اثر مدیریت آب شور طی دوره رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای و پروفیل شوری خاک را مورد بررسی قرار دادند. بر اساس تحقیق آن‌ها بهترین روش مدیریتی در میان تیمارهای اعمال شده، روش آبیاری یک در میان جویچه‌ها با آب شور و غیر شور به طور هم‌زمان می‌باشد. در این تحقیق به آبیاری با آب شور و شیرین به طور یک در میان و به صورت ثابت و متغیر پرداخته شده است. در تحقیقات گذشته آبیاری یک در میان متغیر انجام نشده و فقط به طور ثابت انجام گرفته است.

منطقه سیستان یکی از مناطق مهم برای توسعه سورگوم در کشور می‌باشد و از نظر سطح زیر کشت ذرت و سورگوم علوفه‌ای ر تبه پانزدهم را در بین استان های کشور دارا می‌باشد (ناروئی راد و فرزانجو ۱۳۸۴ ؛ بی‌نام ، ۱۳۸۸) سطح زیرکشت سورگوم در منطقه سیستان در سال‌های پرآبی به طور متوسط دو هزار هکتار بوده است. سطح زیرکشت سورگوم و ذرت علوفه‌ای در استان سیستان و بلوچستان۷۴۹۶ هکتار گزارش شده است (بی‌نام ، ۱۳۸۸) کمبود آب در دشت سیستان، یک مسئله جدی و دارای اهمیت است. تنها منبع آب منطقه، رودخانه هیرمند است که از کوه‌های بابا یغمای افغانستان سرچشمه می‌گیرد و بحران آب منطقه، ناشی از کمبود آب در این رودخانه است به گونه‌ای که عدم تأمین آب هیرمند منجر به نابودی کشاورزی منطقه گردیده است. لذا برنامه‌ریزی برای استفاده هر چه بهتر از منابع آب، ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. با انتخاب روش مناسب جهت مدیریت آب شور می‌توان تا حد امکان از کاهش عملکرد محصول جلوگیری کرد و تقاضا برای آب غیر شور را کاهش داد، همین‌طور از نتایج حاصل از آن می‌توان برنامه‌ریزی مناسبی برای افزایش تولیدات کشاورزی در شرایط خاص (محدودیت شوری) تهیه نمود. لذا تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر روش‌های مدیریتی آب شور بر عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۳ در مزرعه کشاورزی واقع در شهر محمدآباد در ۱۷ کیلومتری جنوب غربی شهرستان زابل و در مسیر جاده زابل - زاهدان در عرض جغرافیایی ۶۱ درجه و ۴۶ دقیقه شرقی و طول جغرافیایی ۳۰ درجه و ۸۸ دقیقه شمالی واقع در جنوب شهرستان زابل انجام گرفت. منطقه مطالعاتی دارای اقلیم گرم و خشک بوده، میزان بارندگی آن در سال کمتر از ۶۰ میلی‌متر و ارتفاع آن از سطح دریا ۴۸۰متر می‌باشد. قبل از کاشت نمونه‌های خاک از اعماق ۲۰-۰ ، ۴۰-۲۰، ۶۰-۴۰ و ۱۰۰-۶۰

1-Tabosa *et al.*
2- Zebrin and Thomas.
3 - Fuman Ajirlou
4 - Tabatabaei and Anagholi
5- Blanco *et al.*

سانتی‌متر توسط اوگر برداشت و بافت خاک و خصوصیات آن مشخص گردیدکه در جدول (۱) آورده شده است.

برای اجرای طرح، قطعه زمینی به وسعت ۳۰۰ متر مربع انتخاب، آماده سازی و به کرت هایی با ابعاد ۳×۴ متر تقسیم شد. درون هر کرت پنج جوی و پشته به طول ۴ متر و عرض ۶۰ سانتی‌متر ایجاد گردید. تحقیق در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تیمار مدیریتی و سه تکرار روی گیاه سورگوم رقم اسپیدفید انجام شد. بذرها در تاریخ ۲۶ فروردین ماه کشت شد. قبل از کاشت بذرها میزان کودهای مورد نیاز بر اساس آزمون خاک تعیین شد. کود فسفر (سوپر فسفات تریپل) به مقدار ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار همزمان با کاشت بذر و کودهای نیتروژن(اوره) و پتاسیم(سولفات پتاسیم) به ترتیب ۲۰۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار به صورت سرک در دو نوبت به زمین داده شد. تا استقرار کامل گیاه حدود ۳۵ روز تمام کرت ها به صورت یکنواخت با آب شیرین آبیاری شدند. بعد از این مدت، دور آبیاری هفت روز و تیمارهای برای هر کرت بر اساس طرح اعمال شد. در طول فصل رشد، آبیاری در تمام تیمارها بر اساس عمق آب آبیاری تعیین شده در تیمار شاهد و با شیوه جوی و پشته‌ای انجام گرفت.

تیمارهای آبیاری

تیمار اول(F): آبیاری با آب شیرین (شوری ۲ دسی زیمنس بر متر)

تیمار دوم(S): آبیاری با آب شور (۷ دسی زیمنس بر متر)

تیمار سوم(FSF): آبیاری یک در میان با آب شور و شیرین به طور ثابت

تیمار چهارم(MFSF): آبیاری یک در میان آب شور و شیرین به طور متغیر

تفاوت تیمار سوم و چهارم در این بود که در تیمار سوم در هر آبیاری جوی‌ها به طور ثابت به آب شور و شیرین اختصاص داده شد ولی در تیمار چهام محل جوی‌های شور و شیرین به طور تناوبی تغییر می‌کرد. به این صورت که اگر در یک آبیاری جوی با آب شور آبیاری می‌شد در آبیاری بعدی آب شیرین در جوی جریان داشت.

خصوصیات کیفی آب‌های مورد استفاده در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۱- نتایج تجزیهٔ فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در اعماق مختلف

عمق (سانتی‌متر)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	بافت خاک	کربن آلی (درصد)	پتاسیم(میلی گرم در لیتر)	فسفر(میلی گرم در لیتر)	pH	شوری عصاره اشباع خاک (دسی زیمنس بر متر)
۰-۲۰	۱۱	۴۴	۴۵	لوم	۰/۳۵	۱۳۵	۲/۶	۶/۹	۲/۲
۲۰-۴۰	۹	۵۴	۳۷	لوم سیلت	۰/۳۴	۱۳۲	۲/۴	۶/۷	۲/۶
۴۰-۶۰	۱۱	۶۶	۲۳	لوم سیلت	۰/۳۱	۱۲۸	۲/۲	۶/۱	۲/۹
۶۰-۱۰۰	۱۳	۶۶	۲۱	لوم سیلت	۰/۲۸	۱۱۵	۲	۶	۲/۸

جدول۲- خصوصیات شیمیایی منابع آبی مورد استفاده در طرح (واحد آنیون‌ها و کاتیون‌ها میلی‌اکی‌والان بر لیتر)

نمونه آب	EC(دسی زیمنس بر متر)	SAR	$HCO3^-$	Cl^-	$SO4^{-2}$	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^+	K^+
۱	۲	۷/۲	۳/۶	۱۲/۵	۷/۸	۸	۳/۲	۱۹/۸	۰/۰۵
۲	۷	۸/۹	۶/۸	۳۸	۲۹/۷	۲۶/۴	۱۷/۵	۳۵/۴	۰/۱۱

عمق آب آبیاری

مقدار آب خالص مورد نیاز در هر نوبت آبیاری به صورت وزنی و از رابطه (۱) محاسبه گردید(علیزاده، ۱۳۸۴) :

$$D_n = \frac{(\theta_{fc} - \theta_i) \times D_r}{100} \quad (۱)$$

D_r : عمق توسعه ریشه(میلی‌متر)

D_n:عمق آب خالص مورد نیاز آبیاری در هر نوبت(میلی‌متر)

θ_{fc}: مقدار رطوبت حجمی در نقطه ظرفیت زراعی(درصد)

θ_i: رطوبت حجمی یک روز قبل از آبیاری(درصد)

عمق ناخالص آبیاری از رابطه زیر به‌دست آمد:

$$D_g = \frac{D_n}{E} \quad (۲)$$

E : راندمان سیستم ۸۰ درصد در نظر گرفته شد و در واقع ۲۰ درصد صرف آبشویی و سایر تلفات شد.

حجم آب ورودی به داخل کرت‌ها که حاصل ضرب عمق آبیاری ناخالص در مساحت هر پلات بود، با استفاده از کنتور اندازه‌گیری شد.

کارآیی مصرف آب آبیاری(IWUE)که عبارت است از نسبت محصول به آب آبیاری، از رابطه (۳) به دست آمد (پیرو و همکاران[1]، ۲۰۰۹):

$$IWUE = \frac{Y}{IR} \quad (۳)$$

که در آن:

IWUE: کارآیی مصرف آب آبیاری(کیلوگرم در هکتار بر متر مکعب)،

Y: مقدار علوفه خشک برداشت شده(کیلوگرم در هکتار)،

IR: مقدار آب آبیاری(متر مکعب) می‌باشد.

نمونه‌برداری گیاهی

به منظور بررسی شاخص‌های گیاهی، ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، سطح برگ، حجم ریشه، طول ریشه، وزن خشک ریشه، وزن تر ریشه، نسبت ریشه به اندام هوایی، عملکرد تر و عملکرد خشک سورگوم علوفه ای هفته‌ای یک بار نمونه‌گیری از تیمارها انجام شد. نمونه‌گیری به این صورت بود که از هر تیمار سه بوته برداشت و برای اندازه‌گیری پارامترهای مذکور به آزمایشگاه منتقل گردید. وزن خشک اندام هوایی با قرار دادن نمونه‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۷۲ ساعت، به دست آمد. سپس داده‌های اندازه‌گیری شده با استفاده از نرم افزار SPSS تحلیل و میانگین‌ها با آزمون دانکن مقایسه شدند.

1-Peyro *et al.*

بررسی تأثیر آب شور بر شاخص‌های رشد گیاه سورگوم علوفه‌ای، روند تغییرات سرعت رشد(CGR)، روند سرعت رشد نسبی(PGR) و شاخص سطح برگ(LAI) مورد بررسی قرار گرفت. تعیین سرعت رشد مطلق و نسبی نمونه‌های برداشت شده در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۷۲ ساعت در آون خشک و سپس توزین گردیده و با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شدند (جوادی و همکاران[2]، ۲۰۰۷):

$$CGR = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1} \quad (۴)$$

$$PGR = \frac{LnW_2 - LnW_1}{T_2 - T_1} \quad (۵)$$

$$LAI = \frac{LA}{GA} \quad (۶)$$

CGR: سرعت رشد محصول(گرم بر متر مربع در روز)

W1 و W2 : وزن خشک برداشت شده(گرم)

T1 و T2: زمان‌های برداشت(روز)

LA: سطح برگ(متر مربع)

GA:سطح زمین(یک متر مربع در نظر گرفته شد)

برای اندازه‌گیری سطح برگ یک گیاه، برگ‌های هر بوته جدا شده، سطح هر برگ اندازه‌گیری و مجموع مساحت‌های به دست آمده به عنوان سطح برگ یک بوته در نظر گرفته شد. میانگین سطح برگ های یک بوته به عنوان سطح یک برگ در نظر گرفته شد. برای تعیین سطح هر برگ، طول برگ به عنوان طول یک مستطیل و میانگین سه عرض به عنوان عرض مستطیل در نظر گرفته و مساحت مستطیل حاصل به عنوان سطح برگ در نظر گرفته شد. سه عرض اندازه‌گیری شده برگ عبارت بودند از: بزرگ‌ترین عرض برگ (اغلب در وسط طولی برگ قرار دارد)، متوسط عرض قسمت پایینی برگ و متوسط عرض قسمت بالائی برگ.

برای بررسی چگونگی توزیع شوری در پروفیل خاک در انتهای فصل رشد نسبت به ابتدای آن، پس از برداشت محصول با حفر پروفیل در مر کز کلیه کرت‌های آزمایشی، از هر یک از پروفیل‌ها سه نمونه خاک از عمق ۲۰-۰ ، ۴۰-۲۰ ، ۶۰-۴۰ و ۸۰-۶۰ سانتی‌متر برداشت شد. این نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و عملیات عصاره‌گیری اشباع روی آن‌ها انجام و در مرحله بعد با کمک دستگاه EC سنج هدایت الکتریکی کلیه نمونه‌ها تعیین شد. با داشتن این مقادیر و استفاده از نرم افزار اکسل پروفیل تغییرات شوری نسبت به عمق خاک و به ازای شوری های مختلف آب آبیاری رسم گردید.

2 - Javadi *et al.*

جدول۳-نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده سورگوم علوفه‌ای

		میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	سطح برگ	وزن خشک برگ	وزن تر برگ	طول ساقه	قطر ساقه	وزن خشک ساقه	وزن تر ساقه
تیمار	۳	۷۸۴۳/۹**	۱۶۷/۵**	۳۸/۸**	۴۲۰/۲ **	۰/۵**	۴۹/۴**	۷۹۰/۱**
تکرار	۲	۰/۳ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۲۵^{ns}	۰/۳۹^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}	۱/۲^{ns}	۶/۴۸^{ns}
خطا	۶	۱/۳	۰/۰۲	۰/۳	۰/۲۳	۰/۰۰۱	۱/۴	۵/۶

**:معنی‌دار در سطح یک درصد ns :عدم وجود تفاوت معنی‌دار

ادامه جدول۳

		میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	حجم ریشه	طول ریشه	وزن خشک ریشه	وزن تر ریشه	نسبت ریشه به اندام هوایی	عملکرد تر کل	عملکرد خشک کل
تیمار	۳	۲۸۰۰**	۵۸/۲**	۱۹/۶**	۴۹۰/۳**	۱۱۸/۷**	۴۸۸/۷**	۱۸/۸**
تکرار	۲	۱۱/۰۷^{ns}	۰/۱۵^{ns}	۰/۰۳۴^{ns}	۰/۹۴^{ns}	۰/۶^{ns}	۲/۸۳^{ns}	۰/۵۲^{ns}
خطا	۶	۱۰/۳	۰/۰۲۱	۰/۰۱۲	۰/۲۷	۰/۱۳	۰/۸۶	۰/۲۱

**:معنی دار در سطح یک درصد ns : عدم وجود تفاوت معنی دار

نتایج و بحث

نتایج تحلیل واریانس صفات سورگوم علوفه‌ای در جدول (۳) آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد مدیریت آب شور بر روی تمامی پارامترهای اندازه‌گیری شده از جمله سطح برگ، وزن تر و خشک برگ، حجم ریشه، وزن تر و خشک ریشه، ورن تر و خشک ساقه و عملکرد تر و خشک در سطح یک درصد تأثیر معنی‌دار داشته است. اثر تکرار بر صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود که نشان‌دهنده شرایط یکنواخت آزمایش برای همه تکرارها بوده است.

عملکرد علوفه تر و خشک

جدول (۴) اثر مدیریت استفاده از آب شور را بر میزان عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم علوفه‌ای نشان می دهد. همان‌گونه که در جدول مشاهده می شود، بیشترین مقدار عملکرد و اجزاء عملکرد مربوط به تیمار F، آبیاری با آب شیرین و کمترین عملکرد مربوط به تیمار S ،آبیاری با آب شور می باشد. به طور کلی استفاده از آب شور برای آبیاری سبب کاهش محصول می‌شود، که با به کارگیری روش مدیریتی مناسب استفاده از آب شور می‌توان تا حد مطلوبی از کاهش عملکرد جلوگیری کرد. استفاده از آب شور باعث کاهش ۳۹/۷۷ درصدی عملکرد علوفه تر نسبت به آب شیرین شده است در حالی‌که آبیاری یک در میان جویچه‌ها با آب شور و شیرین به طور ثابت و متغیر به ترتیب باعث کاهش عملکرد علوفه تر به مقدار ۱۵/۴ و ۱۰/۵۵ درصد نسبت به آب شیرین شده است. یکی از اثرات شوری در گیاهان جلوگیری از جذب آب و ایجاد تنش خشکی است. با گذشت زمان و به دلیل بالا بودن پتانسیل اسمزی، جذب آب و مواد غذایی کاهش یافته و به دلیل اختلال در فتوسنتز، کاهش توسعه برگ‌ها، کاهش تولید انشعابات ساقه و کاهش طول ساقه در مجموع باعث کاهش وزن تر اندام هوایی می‌شود (سرمدنیا،۱۳۷۲) همچنین شوری باعث کاهش مقدار هدایت روزنه‌ای، تعرق و میزان آب نسبی می‌شود که بر کاهش وزن تر اندام هوایی تأثیر می‌گذارد (ثابت تیموری و همکاران، ۱۳۸۶). در تحقیقی که مولوی و همکاران(۱۳۹۱) راجع به تأثیر شوری بر عملکرد ذرت دانه‌ای انجام دادند به نتایج مشابه این تحقیق دست یافتند. آن‌ها نیز در تحقیق خود یافتند که آبیاری با آب شور باعث کاهش بیشتر محصول(۴۱/۴۶ درصد) و آبیاری یک در میان با آب شور و شیرین باعث کاهش ۸/۷۷ درصد و اختلاط آب شور و شیرین باعث کاهش ۲۰/۵۹ درصد محصول خواهد شد. دهقان و نادری(۱۳۸۶) در تحقیق خود راجع به تأثیر شوری بر عملکرد ذرت دانه‌ای به نتیجه مشابهی رسیدند و نشان دادند افزایش شوری باعث کاهش عملکرد می‌شود. در تحقیقی نارش و همکاران[1](۱۹۹۳) دو روش اختلاط و تناوبی را برای استفاده توأم آب شور روی عملکرد گندم مورد مقایسه قرار دادند و نتیجه گرفتند که آبیاری متناوب از آب شور و غیر شور، نسبت به روش اختلاط ۷ تا ۱۱ درصد، عملکرد را افزایش داده است. در اکثر تحقیقات انجام شده روی روش‌های مدیریت آب شور بالاخص مقایسه روش اختلاط و روش تناوبی، روش تناوبی ارجح دانسته شده است که با نتایج این تحقیق سازگاری دارد. محققان کاهش عملکرد گیاه با شوری آب آبیاری را تجمع یون‌های سمی سدیم و کلر در برگ‌ها و اخلال در امر فتوسنتز گیاه بیان کرده اند (شمس‌الدین و فرحبخش، ۱۳۸۸).

1-Naresh *et al.*

جدول ٤-اثر مدیریت آب شور بر عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم علوفه‌ای

تیمار	سطح برگ (سانتی‌مترمربع)	وزن خشک برگ (گرم)	وزن تر برگ (گرم)	طول ساقه (سانتی‌متر)	قطر ساقه (سانتی‌متر)	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن تر ساقه (سانتی‌متر)
آب شیرین	۲۷۱/۳a	۵/۶۴a	۲۴/۵۲a	۱۴۰/۳۳a	۲/۶۳a	۳۲/۸۵a	۱۳۱/۴۲a
آب شور	۱۴۹/۳c	۳/۷۸d	۱۶/۴۷d	۱۱۲/۲۳d	۱/۶۵ d	۲۳/۴c	۹۳/۹۵d
آب شور و شیرین ثابت	۲۱۵/۴b	۵/۱۳c	۲۲/۳۳c	۱۲۵/۳۷c	۲/۲۵c	۲۷/۰۱b	۱۱۶/۱۹c
آب شور و شیرین متغیر	۲۳۴/۶b	۵/۳۷b	۲۳/۴۷b	۱۳۱/۷۶b	۲/۴۵b	۳۰/۶۵a	۱۲۲/۹b

میانگین های با حروف مشابه در سطح ۵ درصد معنی دار نمی باشند.

ادامه جدول٤

تیمار	حجم ریشه (سانتی‌مترمکعب)	طول ریشه (سانتی‌متر)	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	نسبت ریشه به اندام هوایی(درصد)	عملکرد تر کل(تن بر هکتار)	عملکرد خشک کل (تن بر هکتار)
آب شیرین	۹۴/۰۹a	۲۷/۰۹a	۹/۹۸a	۴۹/۹a	۳۰/۷۹a	۱۰۰/۸a	۱۹/۸۳a
آب شور	۲۱/۹۵d	۱۶/۳۸d	۳/۹۹c	۱۹/۹۵c	۱۶/۸۲c	۶۰/۷۱d	۱۴/۲c
آب شور و شیرین ثابت	۵۸/۳۸c	۲۱/۵۷c	۵/۴۷b	۲۷/۳۸b	۱۹/۰۹b	۸۵/۲۷c	۱۸/۲۳b
آب شور و شیرین متغیر	۶۹/۹b	۲۲/۷۱b	۶/۰۳b	۳۰/۱۹b	۱۹/۳۴b	۹۰/۱۶b	۱۹/۰۷ab

میانگین‌های با حروف مشابه در سطح ۵ درصد معنی‌دار نمی باشند.

استفاده از آب شور بر عملکرد علوفه خشک نیز در سطح یک درصد تأثیر معنی‌دار داشت. به طوری‌که تیمار S(تیمار آبیاری با آب شور) کمترین میزان عملکرد علوفه خشک را داشته است. بین تیمار F و MFSF تأثیر معنی‌دار مشاهده نشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در تیمارMFSF به دلیل استفاده از آب شور و شیرین به طور متغیر رشد طولی ساقه اضافه شده و گیاه افزایش ارتفاع پیدا کرده و وزن علوفه خشک نیز نسبت به تیمارهای دیگر افزایش پیدا می کند.

یکی از دلایل کاهش عملکرد را می‌توان به کاهش فتوسنتز در نتیجه‌ی تنش حاصل از تجمع نمک در محدوده ریشه نسبت دادکه این مسأله می‌تواند در نتیجه کاهش ورود دی‌اکسیدکربن به دلیل کاهش هدایت روزنه و همچنین کاهش سطح برگ باشد (نتندو و همکاران[1]،۲۰۰۴) از سوی دیگر، افزایش پتانسیل اسمزی در نتیجه‌ی حضور نمک در محدوده ریشه و کاهش آن در سلول‌های گیاهی، موجب تغییر در مسیر انتقال فرآورده‌های فتوسنتزی و تجمع آن در سلول‌های ریشه برای مقابله با تنش حاصله خواهد شد. به عبارت دیگر، کاهش انرژی آزاد آب در خاک گیاه را وادار خواهد کرد تا برای جذب آب انرژی بیشتری صرف کند که این امر مستلزم افزایش پتانسیل اسمزی در سلول‌های گیاهی با تجمع مواد قندی در آن است. تجمع مواد آلی ساخته شده در سلول‌های ریشه به منظور تنظیم اسمزی و مقابله با اثرات مخرب شوری در جذب آب، انتقال آن به سایر اندام‌های هوایی ومتعاقباً رشد رویشی را محدود ساخته و در نهایت منتج به کاهش عملکرد خواهد شد (امداد و فرداد، ۱۳۷۹).

ارتفاع گیاه

ارتفاع گیاه از جمله صفت‌هایی است که در گیاهان علوفه‌ای همواره مورد توجه بوده است(سلیمانی و همکاران، ۲۰۰۸). نتایج جدول (۳) نشان داد ارتفاع گیاه تحت تأثیر شوری کاهش یافته و تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای مختلف مشاهده می‌شود به طوری‌که میانگین ارتفاع از ۱۰۷/۲۳ سانتی‌متر در تیمار S تا ۱۴۰/۳۳ سانتی‌متر در تیمار F (شاهد) تغییر داشته است که با نتایج تحقیق مولوی و همکاران(۱۳۹۱) در خصوص کاهش ارتفاع ذرت با افزایش شوری همخوانی دارد. با افزایش غلظت املاح، فشار اسمزی محلول خاک زیاد می شود، در نتیجه مقدار انرژی که گیاه باید صرف جذب آب از خاک نماید، افزایش می یابد که این عمل باعث افزایش تنفس و کاهش ارتفاع و عملکرد گیاه می‌شود. رحیمی تنها و همکاران(۱۳۷۷) نیز اظهار داشتند با افزایش فشار اسمزی محلول خاک، سرعت رشد و رشد رویشی گیاه کاهش می یابد. کافی و همکاران(۱۳۹۰) در تحقیق خود راجع به ارزیابی گیاه کوشیا با دو سطح شوری دریافتند، شوری تأثیر معنی‌دار بر ارتفاع این گیاه ندارد که نشان‌دهنده توان بالای

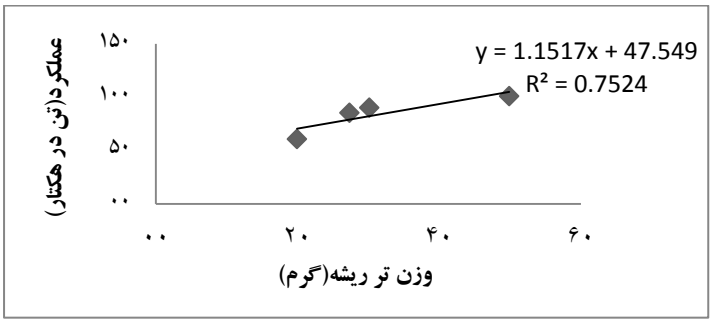
1 - Netondo *et al.*

کوشیا در مقابله با آب کشیدگی سلول‌ها و در نهایت عدم تأثیر این سطوح از تنش شوری بر طویل شدن سلول و ارتفاع بوته این گیاه می‌باشد.

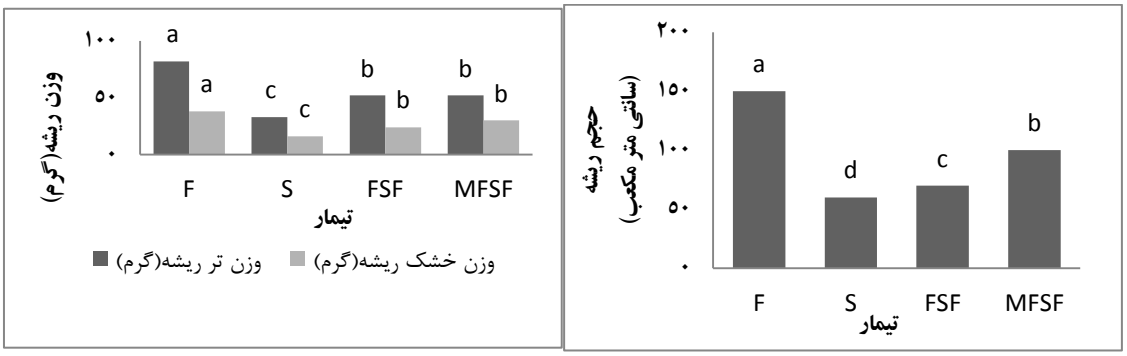
صفات ریشه

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس صفات ریشه نشان می‌دهد بین صفات ریشه در تیمارهای مختلف در سطح احتمال یک درصد($p<0.0001$) تفاوت معنی‌دار وجود دارد. بر اساس مقایسه میانگین‌های نتایج تیمارهای مختلف در خصوص صفات مورد بررسی ریشه می‌توان گفت، که تیمار F (شاهد) دارای بیشترین مقدار و تیمار S (استفاده آب شور) دارای کمترین مقدار پارامترهای مذکور ریشه بود. رابطه عملکرد با این پارامترها خطی بود که این امر حاکی از اهمیت پارامترهای ریشه‌ای در افزایش عملکرد است. در شکل(۱) رابطه عملکرد با وزن تر ریشه نشان داده شده است. به دلیل اطاله مطلب از آوردن سایر شکل‌ها خودداری شده است. خلیلی راد و همکاران(۱۳۸۹) تأثیر مقادیر مختلف آب آبیاری را بر ریشه گیاه ذرت مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق آن‌ها نیز نشان دهنده رابطه خطی مثبت بین ریشه و عملکرد بود.

حجم ریشه در تیمار S ۷۶ درصد ، در تیمار FSF ۳۷/۹ درصد و در تیمار MFSF ۲۵/۷ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشته است. در روش آبیاری یک در میان جویچه‌ها به طور همزمان با آب شور و غیر شور به طور ثابت(تیمار FSF) همواره گیاه از طرف یک جویچه تحت تنش شوری قرار داشته و از طرف جویچه دیگر دارای شرایط مساعدتری برای جذب آب بوده است، لذا گیاه سیستم ریشه‌ای خود را به سمت جویچه با آب غیر شور گسترش داده و از این طریق آب بیشتری از سمتی که تحت تنش نیست، جذب می‌کند، در نتیجه عملکرد محصول در این تیمار کمتر تحت تأثیر قرار گرفته و عملکرد را در مقایسه با استفاده کامل از آب شور کمتر کاهش می‌دهد. در روش آبیاری یک در میان جویچه‌ها به طور همزمان با آب شور و غیر شور به طور متغیر(تیمارMFSF) شرایط مساعدتری برای رشد گیاه فراهم بوده است. در این تیمار در هر آبیاری که جویچه آب شور و شیرین تغییر می‌کند، باعث شستشوی نمک از منطقه ریشه می‌شود و بدین صورت ریشه می‌تواند نسبت به تیمار آب شور رشد بیشتری داشته باشد. در خصوص وزن تر و خشک ریشه نتایج نشان داد بین تیمارهای مختلف با تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد وجود دارد. به طوری‌که تیمار S ۶۰ درصد، تیمار FSF ۴۵/۱۳ درصد و تیمار MFSF ۳۹/۴۹ درصد کاهش وزن تر ریشه نسبت به تیمار شاهد داشته اند. شکل(۲) اثر تیمارهای مختلف مدیریت آب شور را بر صفات ریشه سورگوم علوفه‌ای نشان می دهد.



شکل ۱- رابطه عملکرد باوزن تر ریشه



شکل ۲- اثر تیمارهای مختلف مدیریت آب شور بر صفات ریشه گیاه سورگوم علوفه‌ای

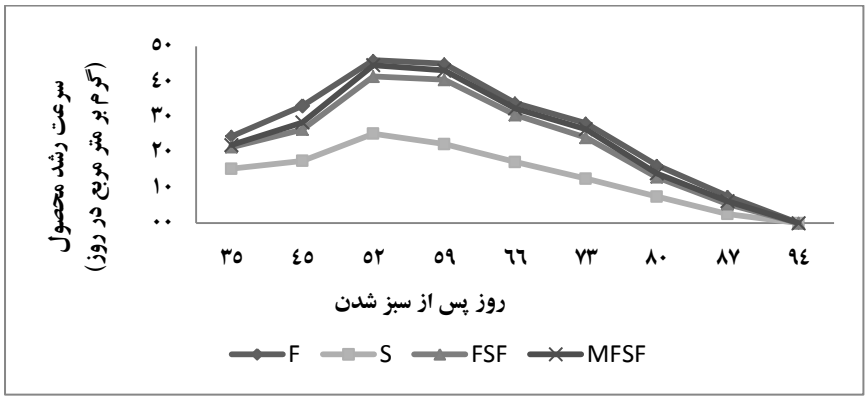
سرعت رشد محصول(CGR)

پارامتر سرعت رشد یکی از شاخص‌هایی است که با عملکرد گیاهان زراعی همبستگی بالایی دارد و عبارت است از افزایش وزن ماده خشک یک جامعه گیاهی در واحد سطح و در واحد زمان و معمولا بر حسب گرم بر متر مربع در روز بیان می‌شود. شکل (۳) تغییرات سرعت رشد محصول را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود تیمار F بیشترین و تیمار S کمترین سرعت رشد را دارا می‌باشند. همچنین تیمارهای MFSF و FSF رتبه‌های دوم و سوم را دارا می‌باشند. از نظر آماری تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای FSF و MFSF با تیمار F مشاهده نشد. به طور کلی، سرعت رشد محصول زیاد، به معنی تجمع ماده‌ی خشک زیاد و عملکرد بیشتر می باشد؛ بنابراین، ارقامی که سرعت رشد محصول بیشتری دارند و روند نزولی آن‌ها دیرتر شروع می‌شود در نهایت عملکرد علوفه‌ی بیشتری خواهند داشت.

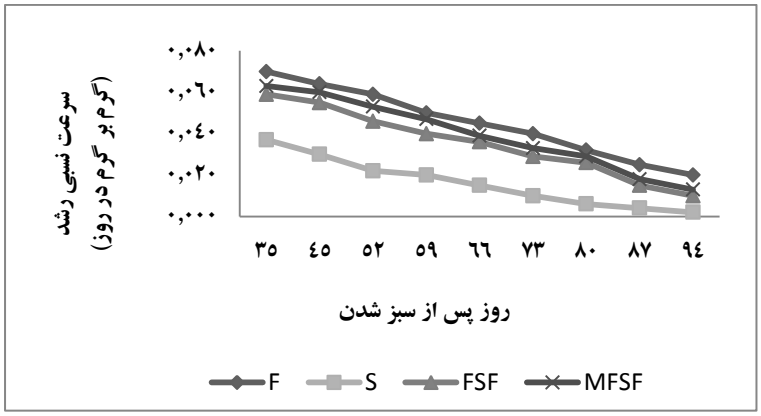
به طور کلی در مورد منحنی سرعت رشد محصول به دست آمده می‌توان گفت در اوایل رشد به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و درصد کم جذب نور توسط گیاه سرعت رشد محصول پایین است و با نمو گیاه و توسعه سطح برگ و جذب بیشتر نور افزایش سریعی در سرعت رشد محصول حاصل می‌شود. بعد از این سیر صعودی و وقتی سرعت رشد محصول به حداکثر رشد خود رسید روند نزولی به خود می‌گیرد. این روند نزولی در ابتدا با شیب ملایم و سپس با سرعت بیشتری ادامه می‌یابد تا با رسیدن به پایان عمر گیاه به صفر نزدیک می‌شود. نتایج این تحقیق با نتایج مقیمی و امام(۱۳۹۲) مطابقت دارد.

سرعت رشد نسبی محصول(PGR)

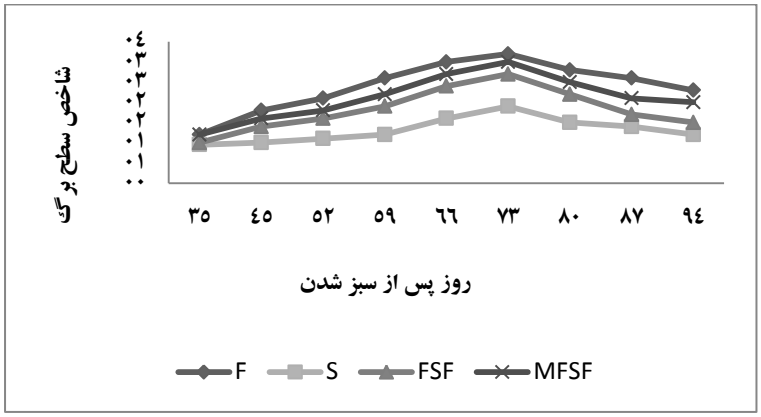
سرعت رشد نسبی بیان کننده میزان افزایش وزن خشک گیاه نسبت به وزن خشک اولیه آن در واحد زمان می باشد. معمولا بر حسب گرم در گرم در روز بیان می‌شود. هرگاه لگاریتم طبیعی وزن نسبت به زمان رسم شود، سرعت نسبی رشد شیب آن خط خواهد بود. شکل(۴) تغییرات سرعت نسبی رشد محصول در تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد. چنانچه ملاحظه می‌شود سرعت نسبی رشد محصول با گذشت زمان به صورت خطی کاهش یافته است. علت کاهش سرعت رشد نسبی محصول این است که هر چند مقدار وزن ماده خشک گیاه با گذشت زمان افزایش می‌یابد اما سرعت افزایش به دلیل افزایش بافت‌های بالغ به بافت‌های مریستمی کاهش می‌یابد. از طرفی بخش از این کاهش می‌تواند مربوط به در سایه قرار گرفتن و افزایش سن برگ‌های پایینی گیاه باشد، که باعث کاهش فتوسنتز می‌شود (عبداللهیان، ۱۳۷۱). همان‌طور که از شکل مشاهده می‌گردد تیمارهای F، MFSF و FSF به ترتیب بیشترین سرعت رشد نسبی را داشته اند و تیمار S کمترین مقدار آن را دارا بوده است. جواهری و همکاران(۱۳۸۳) و مقیمی و امام(۱۳۹۲) در تحقیقات خود به نتیجه مشابه دست یافتند که سرعت نسبی رشد با گذشت زمان به صورت خطی کاهش می‌یابد.



شکل ۳- تغییرات سرعت رشد محصول در تیمارهای مختلف



شکل٤- تغییرات سرعت نسبی رشد محصول در تیمارهای مختلف



شکل۵- تغییرات شاخص سطح برگ در تیمارهای مختلف

شاخص سطح برگ(LAI)

شاخص سطح برگ بیان کننده نسبت سطح برگ به زمینی است که آن برگ‌ها اشغال می‌کنند. تغییرات شاخص سطح برگ در شکل (۵) نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود روند شاخص سطح برگ در هر چهار تیمار مشابه می باشد. حداکثر شاخص سطح برگ در هر چهار تیمار تقریبا ۷۵ روز بعد از سبز شدن حاصل گردید، یعنی زمانی که آخرین برگ ظاهر شده و گل آذین در انتهای ساقه آشکار شده است. سرعت رشد و افزایش سطح برگ در هفته‌های اول کاشت (هفته اول تا هفته هفتم) بسیار کند بود. استفاده از آب شور در زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ تأثیری نداشت و فقط مقدار این شاخص را تحت تأثیر قرار داد. به طوری که تیمار S کمترین شاخص سطح برگ را دارا می‌باشد. علی‌رغم وجود تغییرات بیشتر در تیمار S تیمارFSF نیز باعث کاهش معنی‌دار شاخص سطح برگ در مقایسه با تیمار شاهد(F) شد. سطح برگ، یکی از حساس‌ترین اندام هوایی به شوری بوده (پاریدا و داس[1]، ۲۰۰۵) و کاهش آن با افزایش سطح شوری آب آبیاری در مطالعات دیگری نیز گزارش شده است (هوآنگ و همکاران[2]، ۲۰۱۲) 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 مولکول های پروتئینی از سویی دیگر، زمینه لازم برای کاهش سطح برگ را فراهم می‌آورد. کاهش سطح برگ نیز متعاقباً باعث کاهش جذب نور و فتوسنتز و در نهایت کاهش تولید فرآورده‌های فتوسنتزی لازم برای رشد برگ شده و در نتیجه، توسعه برگ‌های جدید را با مشکل مواجه می‌سازد.(حیدری شریف آبادی،۱۳۸۰) با این وجود، فراهم آوردن شرایط مساعد با اعمال آب غیر شور در بخشی از ریشه، توانسته است تا حد زیادی این اثر منفی را در تیمارهای MFSFو FSF در مقایسه با تیمار S کاهش دهد. همچنین به وجود آمدن امکان آبشویی مداوم نمک‌های تجمع یافته در محدوده توسعه ریشه در تیمارMFSF به دلیل جابجایی مرتب آب شور و شیرین در دو سمت ریشه، نتایج بهتری را در مقایسه با تیمار FSF فراهم آورده است.

1-Parida and Das
2-Huang *et al.*
3-Croser *et al.*

کارآیی مصرف آب آبیاری

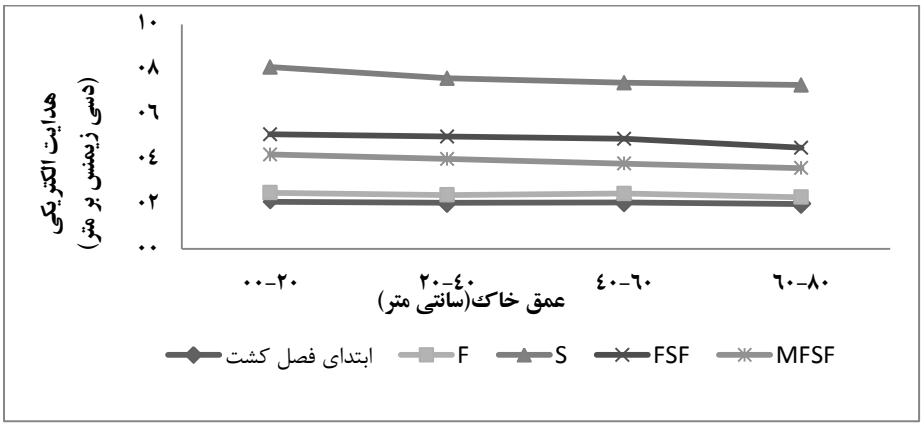
جدول (۳) مقدار کارآیی مصرف آب آبیاری سورگوم علوفه‌ای را نشان می‌دهد. با افزایش شوری کارآیی مصرف آب کاهش می‌یابد(بلانکو وهمکاران، ۲۰۰۷). نتایج کارآیی مصرف آب نشان داد، بیشترین کارآیی مصرف آب مربوط به تیمار MFSF و کمترین کارآیی مربوط به تیمار S می‌باشد. کارآیی مصرف آب در تیمار MFSF و FSF به ترتیب در رتبه دوم و سوم قرار دارند. همان‌طور که مشاهده می‌گردد بین مقادیر کارآیی مصرف آب در تیمار شاهد(F) و تیمار MFSF تفاوت چندانی مشاهده نمی‌شود. تیمار MFSF ۴/۰۹ درصد، تیمار FSF ۸/۱۹ درصد و تیمار S ۳۳/۶ درصد کاهش کارآیی مصرف آب نسبت به تیمار شاهد F داشته اند. بنابراین می‌توان با استفاده از آب شور به صورت یک در میان متغیر در آبیاری در مصرف آب شیرین صرفه‌جویی نمود بدون آن که کاهش معنی‌دار در عملکرد محصول داشته باشد.

پروفیل شوری خاک

توجه به مسایل زیست محیطی در هنگام استفاده از منابع آب نامتعارف نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تجمع نمک در محدوده‌ی توسعه ریشه، یکی از مهمترین مخاطرات زیست محیطی است که می‌تواند علاوه بر کاهش میزان عملکرد محصول، با تخریب حاصلخیزی خاک، کشاورزی پایدار را با مشکل مواجه سازد. شکل (۶) توزیع شوری را در پروفیل خاک نشان می‌دهد. به طور کلی در تمام تیمارها با افزایش شوری آب آبیاری و همچنین با گذشت زمان در طول فصل رشد شوری نیمرخ خاک افزایش یافته است. همچنین در تمام تیمارها، لایه-های سطحی به دلیل تبخیر و تعرق بیشتر دارای شوری بیشتری می‌باشند و از، سطح خاک به عمق خاک تقریباً روندی کاهشی در شوری خاک مشاهده می‌گردد. روند تغییرات شوری در عمق خاک در تیمارهای FSF و MFSF تقریبا مشابه است. دامنه تغییرات شوری در تیمار FSF از ۴/۵ تا ۵/۱ دسی زیمنس بر متر و در تیمارMFSF از ۳/۶ تا ۴/۲ دسی زیمن بر متر متغیر می باشد. اما همان‌طور که مشاهده می‌گردد، شستشوی مداوم نمک‌ها در هر نوبت آبیاری در تیمار FMFS شرایط بهتری را در این تیمار در مقایسه با تیمارهایS و FSF ایجاد نموده است، به همین دلیل عملکرد این تیمار نیز بیشتر شده است. با توجه به این‌که تجمع نمک در لایه‌های سطحی تیمار MFSF نسبت به اعماق خاک کمتر بود و این که بیشترین تراکم ریشه در این لایه‌ها می باشد، عملکرد محصول سورگوم نسبت به دو روش مدیریتی دیگر افزایش یافت. بنابراین در شرایطی که بتوان سیستم آبیاری را بر اساس این روش طراحی و مدیریت نمود، این روش می‌تواند نسبت به سایر روش‌ها از کارآیی مناسب‌تری برخوردار باشد.

جدول۳ - کارآیی مصرف آب در تیمارهای مختلف

تیمار	F	S	FSF	MFSF
کارآیی مصرف آب (کیلوگرم در هکتار بر متر مکعب)	۱/۲۲	۰/۸۱	۱/۱۲	۱/۱۷



شکل ٦- توزیع پروفیل شوری در خاک در اعماق مختلف

نتیجه‌گیری

با توجه به این که کمبود منابع آب مناسب، یکی از علل اصلی کاهش عملکرد در کشور می‌باشد، ضروری است تا از منابع آب شور و لب شور، با اعمال روش و برنامه‌ریزی آبیاری مناسب و در راستای کشاورزی پایدار بهره جست و با انتخاب روش مناسب مدیریت آب شور می‌توان تا حد امکان از کاهش عملکرد محصول جلوگیری کرد و تقاضا برای آب غیر شور را کاهش داد. همان‌گونه که در این تحقیق مشخص گردید، با آبیاری یک در میان جوی‌ها با آب شور و شیرین به طور متغیر، تغییرات زیادی در عملکرد و اجزای عملکرد گیاه سورگوم علوفه‌ای ایجاد نمی‌شود. در نتیجه با استفاده از این روش مدیریتی(تیمار MFSF) می‌توان آب شور را همراه با غیرشور برای کشت سورگوم علوفه‌ای استفاده کرد، بدون آن‌که کاهش چندانی در عملکرد محصول ایجاد شود. بنابراین در شرایطی که بتوان سیستم آبیاری را بر اساس این روش طراحی و مدیریت نمود، این روش می‌تواند نسبت به سایر روش‌ها از کارآیی مناسبتری برخوردار باشد.

منابع

۱- امداد، م.ر. و ح. فرداد. ۱۳۷۹. اثر تنش شوری و رطوبتی بر عملکرد ذرت. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۱(۳): ۶۵۴-۶۴۱.

۲- اهدائی، ب.۱۳۷۲. اصلاح نباتات .انتشارات دانشگاه شهید چمران، ۶۲۲ صفحه.

۳- بی‌نام .۱۳۸۸. آمار نامه کشاورزی محصولات زراعی سال ۱۳۸۷-۱۳۸۶. جلد اول، وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات، ۱۱۷ صفحه.

۴- ثابت تیموری، م. ح ،. خزاعی، ا.، نظامی و م.نصیری محلاتی .۱۳۸۶. تأثیر سطوح مختلف شوری بر فعالیت آنزیم‌های آنتی اگسیدان برگ و خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه کنجد. مجله پژوهش کشاورزی :آب، خاک و گیاه در کشاورزی، ۷(۴): ۱۱۹-۱۰۹.

۵- جواهری، م.ع.، زین االدینی، ع.، و ح. نجفی زاده. ۱۳۸۳. اثر تاریخ کاشت بر شاخص های رشد چغندر قند در دشت ارزوئیه. مجله پژوهش و سازندگی، ۶۲: ۶۳-۵۸.

۶- حیدری شریف آبادی، ح.۱۳۸۰. گیاه و شوری. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران.۱۹۹ صفحه.

۷- خلیلی راد، ر.، میرنیا، ی.خ. و ح. بهرامی. ۱۳۸۸. تأثیر مقادیر مختلف آب خاک بر توسعه ریشه ذرت. نشریه آب و خاک، ۲۴(۲): ۵۶۴-۵۵۷.

۸- دهقان، ا. و ا. نادری. ۱۳۸۶. ارزیابی تحمل به شوری در سه رقم ذرت دانه‌ای. فصلنامه کشاورزی و منابع طبیعی، ۳(۴): ۲۸۴-۲۷۵.

۹- دهقانی سانیچ، ح.۱۳۹۱. عملکرد و کارآیی مصرف آب ارقام مختلف ذرت دانه‌ای در سطوح مختلف شوری آب در روش آبیاری بارانی. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۱(۶):۵۴-۴۶.

۱۰- رحیمی‌تنها، ح.، مجیدی، ا. و م. شهبازی . ۱۳۷۷. ارزیابی شاخص‌های فیزیولوژی بر مقاومت به تنش شوری در سورگوم علوفه‌ای .چکیده مقالات پنجمین کنگرهٔ زراعت و اصلاح نباتات، مؤسسه تحقیقات اصلاح بذر و نهال، کرج.

۱۱- سرمدنیا، غ.۱۳۷۲. اهمیت تنش‌های محیطی در زراعت. مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران،کرج.

۱۲- سلطانی محمدی، ا.، کشکولی، ح.ع.، نادری، ا. و س. برومند نسب. ۱۳۹۰. اثر توأم تنش آبی و شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای در مراحل مختلف رشد در شرایط اقلیمی اهواز. مجله پژوهش آب ایران، ۹: ۱۷۰-۱۶۱.

۱۳- شمس الدین سعید، م. و ح. فرحبخش. ۱۳۸۸. اثر تنش شوری بر عملکرد و برخی صفات زراعی و فیزیولوژیک دو هیبرید ذرت در منطقه کرمان. مجله علمی کشاورزی تولیدات گیاهی، ۱(۳۲): ۲۳-۱۳.

۱۴- عبداللهیان،م. ۱۳۷۱. بررسی تغییرات پارامترهای کمی و کیفی رشد چغندر قند در تاریخ‌های مختلف کاشت. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته فیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

۱۵- علیزاده، ا .۱۳۸۴. رابطه آب، خاک و گیاه .انتشارات دانشگاه امام رضا. صفحه۱۸۷.

۱۶- فومن آجیرلو، ع.۱۳۷۵.گزارش نهایی اصلاح سورگوم در ایران در سال های۱۳۷۵- ۱۳۶۵همراه با نتایج تحقیقات بهنژادی آن. انتشارات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، ۲۳ صفحه.

۱۷- کافی، م.، نباتی، ج.، خانی نژاد، س.، معصومی، ع. و م. زارع مهرجردی. ۱۳۹۰. ارزیابی خصوصیات علوفه ای توده‌های مختلف کوشیا با دو سطح شوری آب آبیاری. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۱(۴): ۲۳۸-۲۲۹.

۱۸- کریمی، ه .۱۳۷۶. زراعت و اصلاح گیاهان علوفه‌ای. انتشارات دانشگاه تهران، ۴۱۴ صفحه.

۱۹- مقیمی، ن. و ی. امام. ۱۳۹۲. بررسی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دو رقم سورگوم علوفه‌ای، تحت تنش کم آبی و سطوح نیتروژن. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۶(۱): ۳۶-۲۷.

۲۰- مولوی،ح.، محمدی، م. و ع. لیاقت. ۱۳۹۱. اثر مدیریت آب شور طی دوره رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای و پروفیل شوری خاک. مجله علوم و مهندسی آبیاری اهواز، ۳(۳۵): ۱۸-۱۱.

۲۱- ناروئی راد، م و م .فرزانجو.۱۳۸۴ . گزارش نهایی بررسی مقدماتی تنش خشکی در توده‌های سورگوم بانک ژن گیاهی ملی ایران. انتشارات مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، ۳۷ صفحه.

22- Banaei, M.H. Moameni, A. Bybordi, M. and M.J. Malakouti. 2005. The soil of Iran: New Achievements in Perception, Management and Use. SANA Publishing, Tehran, Iran.

23- Blanco, FF. Folegatti, MV. Gheyi, HR. and PD. Fernandes .2007. Emergence and Growth of Corn and Soybean Under Saline Stress. Scientia Agricola (Piracicaba, Braz.), 64(5): 451-459.

24- Croser, C., S. Renault, J. Franklin and J. Zwiazek. 2001. The effect salinity on the emergence and seedling growth of piceamorian, picceaglausa and pinusbanksiana. Environmental Pollution. 115:6-16.

25- Fuman Ajirlou, A. 2000. Sorghum Research in Iran. Improving crops of the semi-arid tropics in Iran. Co-Published by ICRISAT and AREEO. Patancheru, P. O., Andhra Pradesh. 502324, India.

26- Huang, 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.

27- Javadi, H. Rashed Mohasel, M.H. Zamani, Gh.R. Azari Nasr Abadi, E. and Gh.R . Musavi. 2007. Effect of plant density on growth indices in four grain sorghum cultivars. Iranian Journal of Field Crops Research. 4: 265 – 253

28- Kaman, H. Çetin, M. and C. Kirda. 2008. Soil Salinity in a Drip and Furrow Irrigated Cotton Field under Influence of Different Deficit Irrigation Techniques. International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology. Turkey, p:235-243.

29- Lamsal, K., Paudyal, G.N. and M. Saeed. 1999. Model for assessing impact of salinity on soil water availability and crop yield. Agricultural Water Management. 41: 57-70.

30- Naresh, R. K., Minhans, P. S., Goyal, A. K. Chauhan, C. P. S. and R. k. Gupta. 1993. Conjunctive use of saline and non-saline waters(II). Field Comparisons of cyclic uses and mixing for wheat. AgriculturalWater Management, 23: 139-148.

31- Netondo, G.F., Onyango, J.C and E. Beck. 2004. Sorghum and salinity: II. Gasexchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. Crop Science,44: 806–811.

32- Naresh, R. K., Minhans, P. S., Goyal, A. K. Chauhan, C. P. S. and R. k. Gupta. 1993. Conjunctive use of saline and non-saline waters(II). Field Comparisons of cyclic uses and mixing for wheat. Agricultural Water Management, 23: 139-148.

33- Netondo, G.F., Onyango, J.C and E. Beck. 2004. Sorghum and salinity: II. Gasexchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. Crop Science, 44: 806–811.

34- Parida, A. K. and A. B. Das. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants. Areview Ecotoxicol Environ Safety, 60:324-349.

35- Payero J.O., Melvin S.R., Irmak, S.,andD. Tarkalson. 2009. Yield response of corn to deficit irrigation in a semiarid climate. Agricultural Water Management, 84:101–112.

36- Seilsepour, M. and M.Rashidi., 2008. Modeling of soil sodium adsorption ratio based on soil electrical conductivity. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science. 5&6: 27-31.

37- Shani, U. andA. Ben-Gal. 2005. Long-term response of grapevines to salinity: osmotic effects and ion toxicity. American Journal of Enology and Viticulture, 56 (2): 148–154

38- Soleimani, M.R., Kafi, M., Ziaee, M., and J.Shabahang. 2008. Effect of limited irrigation with saline water on forage of two local populations of Kochia scoparia L. Schrad. J. Agricultural Science and Technology. 22: 307-317.

39- Summer, M.E. 1993. Sodic soils: new perspectives. Australian Journal of Soil Research, 31: 683-750.

40- Tabatabaei, S. A., and A. Anagholi. 2012. Effects of salinity on some characteristics of foragesorghum genotypes at germination stage. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4 (14): 979-983.

41- Tabosa, J.N., A.S. Arcoverde. M.A. Araugo. and J.P. Santos. 1986 .Preliminary evaluation of forage sorghum and maize lines in semi-arid Pernambuco state . Brazilian Sorghum News let.29:1-10.

42- Zerbini, E., and D. Thomas. 2003 .Opportunities for improvement of nutritive value in sorghum and pearl millet residues in south Asia through genetic enhancement. Field Crop Research, 84: 3- 15.

Shahid Chamran University of Ahvaz
Irrigation Sciences and Engineering **Vol. 40, No. 4, Winter 2018, p. 31-46**

EXTENDED ABSTRACT

Investigation of the Irrigation Management with Saline Water on Sorghum Yield and Growth Indices

H. Piri[1*], H. Ansari[2] and A.R. Faridhosseini[3]

1*- Assistant Professor, Faculty Member of Zabul University, Department of Water Engineering. (*H_piri2880@yahoo.com*)
2- Professor and Assistant Professor, Faculty Member of Mashhad Ferdowsi University, Department of Water Engineering.
3- Professor and Assistant Professor, Faculty Member of Mashhad Ferdowsi University, Department of Water Engineering.

Received:24 January 2016 Accepted: 17 May 2016

Keywords: Sorghum, Furrow Irrigation ,Saline Water, Alternate.

Introduction

Improper usage of unqualified water in agriculture has triggered salinity in many areas. The area of saline lands as a result of aquatic agriculture has increased 44.5 million hectares until 2005 in Iran (Banai et al., 2005). As a result of Soil salinity over the plant tolerance threshold, excessive accumulation of salt in the root zone can be a serious threat to plant growth (Silsepour and Rashidi, 2008). Reducing plant growth indices such as leaf and vegetation decreases evapotranspiration (Shani and Bengal,2005). Subsequently, the decline in plant growth will reduce crop production in many plants (Kaman et al,2008). Sorghum due to physiological characteristics such as drought tolerance, salinity, water use efficiency higher than other forage plants, relatively high yield, desirable quality, and its ability to maintain as dry forage, especially silage has a special value in arid and semi-arid regions (Zarbin and Thomas,2003). Tabatabaei and Anagli (2012) examined the effect of salinity on sorghum in the germination stage. Their study results showed, Sorghum of KFS2 cultivar is introduced as salinity tolerant sorghum due to the highest amount of germination in saline conditions. Sistan is one of the important areas for the development of sorghum in the country and in terms of cultivating corn and forage Sorghum has the fifteenth place among the provinces of the country(Binam,1388). The lack of water in Sistan plain is a serious issue. The only water source in the area is the Hirmand River, which originates from the Baba mountains of Afghanistan. The region's water crisis is due to water shortages in this river. so that, the lack of hydrometeorological water has led to the destruction of the region's agriculture. Therefore, planning for the best use of water resources is essential and inevitable. By choosing proper method for managing salty water, product performance reduction can be prevented as much as possible and reduce non-salt water demand, and by the obtained results it is possible to plan properly to increase the agricultural production in special circumstances (salinity restriction). Therefore, this study was conducted to investigate the effect of saline water management methods on yield and yield components of sorghum.

Methodology

This research was carried out in 2014 at the Agricultural Farm located in Mohammad Abad, 17 km southwest of Zabul city and on the Zabul-Zahedan Road, Latitude 61 ° and 46-minute east and Longitude 30° and 88 minutes north. To implement the plan, a plot of 300 square meters was selected, prepared and subdivided into plots of 4*3 meters in size. Within each plot, 5 furrows

and stacks with dimensions of 4m length and 60cm width were created. The research was carried out in a completely randomized block design with four management treatments and three replications on the Sorghum cultivar. The seeds were cultivated on April 26th. Before planting seeds, the required fertilizers were determined based on soil test. Until plant deployment, all plots were irrigated uniformly with fresh water about 35 days. After this period, based on the scheme; 7 days irrigation interval and treatments were applied for each plot.

Irrigation treatments

First treatment(F): Irrigation with fresh water (salinity of 2 dS / m)
second treatment(S): Irrigation with salt water (7 dS / m)
Third treatment(FSF): Irrigation in every other day with salt and sweet water constantly.
fourth treatment(MFSF): Irrigation in every other day with salt and sweet water Variablely.

Plant sampling

A weekly sampling to study vegetation indices, plant height, stem diameter, stem fresh weight, stem dry weight, leaf fresh weight, leaf dry weight, leaf area, root volume, root length, root dry weight, root fresh weight, root-to-limb ratio, fresh and dry yield of forage sorghum was done. The sampling was done and t three herbs were harvested from each treatment and parameters were transferred to the laboratory for measurement. Dry weight of limb was obtained by placing samples in an oven at 70 ° C for 72 hours. Then, the measured data were analyzed using SPSS software and the averages were compared with Duncan's test. Investigating the effect of saline water on growth indices of forage sorghum, Changes in growth rate(CGR), proportional growth rate(PGR), and the leaf area index(LAI) was studied. To study salinity distribution in the soil profile at the end of the growing season compared to the beginning, after harvesting by drilling a profile at the center of all experimental plots, three soil samples were taken from each of the profiles at depths of 0-20, 20-40, 40-60, and 60-80 cm. These samples were transferred to the laboratory and saturated extraction was performed on them. In the next step, using EC gauge, the electrical conductivity of all samples was determined. Using Excel software with these values, salinity variations profile versus soil depth for different irrigation water salinity was plotted.

Results and Discussion

The results of variance analysis showed that saline water management on all measured parameters including leaf area, fresh and dry leaf weight, root volume, root dry weight, fresh and dry weight of stem, and fresh and dry yield at probability level of 1% has a significant impact. The highest yield and yield components related to F treatment is Irrigation with fresh water and the least yield related to **S** treatment is irrigation with saline water. In general, using salt water for irrigation reduces crop yields, but by using an appropriate management method for using saline water performance reduction can be prevented. The use of salt water has reduced 39.77% the yield of fresh forage compared to fresh water. While irrigation in every other day of the cows with salt and sweet water constantly and variably reduced the yield of fresh forage by 15.4% and 10.55% in comparison with sweet water relatively. The results of variance analysis of the root traits show that there is a significant difference between root traits in different treatments at the probability level of 1%. It can be said that based on the comparison between different treatments results mean, F treatments had the highest amount and S treatments had the least amount of root parameters. The relationship of performance with these parameters was linear, which indicates the importance of root parameters in increasing increasing. Also, about a product growth rate variation, treatment F has the most and treatment **S** has the least of growth rate. Hence, there was no significant difference between treatments FSF and MFSF with F treatment. Results of water use efficiency showed that the highest water use efficiency is related to treatment MFSF and the least efficiency is related to treatment S. Water use efficiency in the treatment FSF and MFSF is ranked second and third, respectively. The process of salinity variations in soil depth is almost the same as in treatments FSF and MFSF. The range of salinity variables variations in treatment FSF is from 4.5 to 5.1 ds/m and in treatment MFSF is from 3.6 to 4.2 ds/m. But as can be seen,

regular salt washings at each irrigation interval in treatment MFSF have created a better condition in this treatment in comparison with treatment S and FSF, that's why the performance of this treatment has also increased. Considering that the accumulation of salt in the surface layers of treatment MFSF was lower than that of the soil depths and the highest root density was in these layers, Sorghum yields increased compared to other management methods. Therefore, if the irrigation system can be designed and managed based on this method, this method can be more efficient than other methods.

Conclusions

As indicated in this research, by alternate Irrigation of furrows with salt and sweet water Variably, there is no significant variation in the yield and yield components of the forage sorghum. As a result, using this management method (treatment MFSF) for the cultivation of forage sorghum, salty water can be used in combination with non-salt water, without causing a slight reduction in product performance. Therefore, if the irrigation system can be designed and managed on the basis of this method, this method can be more efficient than other methods.

References

1- Banaei, M.H. Moameni, A. Bybordi, M. and M.J. Malakouti. 2005. The soil of Iran: New Achievements in Perception, Management and Use. SANA Publishing, Tehran, Iran.

2- Seilsepour, M. and M. Rashidi., 2008. Modeling of soil sodium adsorption ratio based on soil electrical conductivity. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science. 3 (5&6): 27-31.

3- Shani, U. and A. Ben-Gal. 2005. Long-term response of grapevines to salinity: osmotic effects and ion toxicity. American Journal of Enology and Viticulture. 56(2): 148–154

4- Zerbini, E., and D. Thomas. 2003 .Opportunities for improvement of nutritive value in sorghum and pearl millet residues in south Asia through genetic enhancement. Field Crop Research. 84:3– 15.

5- Kaman, H. Çetin, M. and C. Kirda. 2008. Soil Salinity in a Drip and Furrow Irrigated Cotton Field under Influence of Different Deficit Irrigation Techniques. International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology. Turkey, 2008. p:235-243.

6- Tabatabaei, S. A., and A. Anagholi.2012. Effects of salinity on some characteristics of foragesorghum genotypes at germination stage. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 4 (14): 979-983.