نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۰ / شماره ٤ / ۱۳۹۵
DOI: http://dx.doi.org/10.22092/jwra.2017.109010

بررسی عملکرد کمی و کیفی سورگوم علوفه‌ای در سطوح مختلف شوری و آب آبیاری در سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی

حلیمه پیری[۱] *، حسین انصاری و مهدی پارسا

دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و عضو هیئت علمی دانشگاه زابل، زابل، ایران.
H_piri2880@yahoo.com
دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
ansary@um.ac.ir
دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
parsa@um.ac.ir

چکیده

تنش‌های آبی و شوری یکی از مشکلات تولید فرآورده‌های کشاورزی در بسیاری از نقاط دنیا است. در این تحقیق اثر سطوح مختلف شوری(دو، پنج و هشت دسی زیمنس بر متر)، سطوح مختلف آب آبیاری(۱۲۰٪، ۱۰۰٪، ۷۵٪ و۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) و سه مرحله برداشت بر برخی پارامترهای کمی و کیفی گیاه سورگوم علوفه‌ای در منطقه سیستان مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش در قالب طرح فاکتوریل اسپلیت پلات در زمان با ۱۲ تیمار و سه تکرار در سه مرحله برداشت انجام گرفت. نتایج نشان داد با افزایش شوری و کاهش عمق آب آبیاری عملکرد و کارآیی علوفه تر و خشک کاهش می‌یابد اما بین تیمار آبیاری کامل ۱۰۰٪ و ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه تفاوت معنی‌دار مشاهده نگردید. همچنین بین تیمارهای آب با شوری دو و پنج دسی زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری از نظر تولید علوفه مشاهده نشد. نتایج نشان داد که مقدار عملکرد علوفه تر و خشک در برداشت دوم بهتر از برداشت اول و سوم بود. با افزایش شوری و کاهش عمق آب آبیاری درصد پروتیئن گیاه کاهش و مقدار کربوهیدرات و پرولین افزایش یافت. بیشترین مقدار پروتئین (۱۶/۷۹ درصد) در برداشت دوم و شوری دو دسی زیمنس بر متر و بیشترین مقدار کربوهیدرات(۱۰/۷۹میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و پرولین(۰/۴۲ میلی گرم بر گرم وزن تر) در برداشت سوم و با شوری هشت دسی زیمنس برمتر مشاهده شد. با افزایش شوری آب آبیاری و همچنین با گذشت زمان در طول فصل رشد، شوری نیمرخ خاک افزایش یافته و توزیع شوری در نیمرخ خاک در تیمارهای بدون تنش آبی از یکنواختی بیشتری برخوردار بود. بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده می توان ۲۵ درصد مصرف آب گیاه سورگوم را کاهش داد و با ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و شوری پنج دسی‌زیمنس بر متر آبیاری انجام داد بدون آن که تأثیر معنی داری در میزان علوفه تولید شده داشته باشد و بهترین برداشت علوفه از نظر کیفیت برای مصرف دام نیز در چین دوم به دست آمد. اما با توجه به این که آزمایش در یک سال زراعی انجام گردیده است و در دراز مدت کاهش این مقدار آب و استفاده از آب شور می تواند باعث شورشدن خاک و تجمع املاح در خاک گردد، توصیه می شود، آزمایش در سال‌های دیگر تکرار شود و نهایتا در مورد صرفه جویی و کاهش آب تصمیم‌گیری گردد.

واژه های کلیدی: تنش آبی، کم آبیاری، پروتئین، پرولین، کربوهیدرات.

۱- آدرس نویسنده مسئول: مشهد، گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

*- دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۵ و پذیرش شهریور ۱۳۹۵.

مقدمه

بزرگترین چالش پیش روی کشاورزی در دهه-های اخیر و سال‌های آینده، افزایش تولید غذا با آب کمتر، بخصوص در کشورهایی با محدودیت منابع آب و زمین می‌باشد. مطالعات زیادی برای بهبود کارآیی مصرف آب در گیاهان مختلف با کاربرد استراتژی‌های جدید به منظور کاهش آب مصرفی و حداقل اثر روی عملکرد گیاه انجام شده است. از جمله این استراتژی‌ها کم‌آبیاری تنظیم شده می‌باشد. هدف اصلی درک‌آبیاری، حذف آبیاری‌هایی است که تأثیر کمتری بر عملکرد دارند. در ایران نیز در سال‌های اخیر تحقیقاتی در زمینه‌ی کم‌آبیاری بر روی برخی از محصولات کشاورزی انجام شده است(سپاسخواه، ۲۰۰٦). سورگوم علوفه‌ای، گیاهی است که نقش اساسی در تأمین علوفه‌ی دام دارد و به علت سازگاری با شرایط نامساعد محیطی و بالا بودن کارآیی مصرف آب می‌تواند در برخی از مناطق کشور که با شوری و خشکی مواجه می‌باشد، تولید خوبی داشته باشد. این گیاه چشم‌انداز مناسبی برای تحت پوشش بردن اراضی شور با استفاده از ارقام نسبتا مقاوم نشان می‌دهد(یارنیا، ۱۳۸٦). کاشت، داشت و برداشت آن نیز نیازمند ابزار و تکنولوژی معمولی است. سورگوم به عنوان شاخص گیاهان زراعی مقاوم به خشکی شناخته شده است.

این گیاه با توجه به سیستم فتوسنتزی، نحوه فعالیت روزنه‌ها و سیستم ریشه‌ی خاص خود ، قادر است آب را بهتر از سایر گیاهان زراعی جذب نماید و تلفات آب را کاهش دهد(پورعزیزی، ۱۳۸۹). گیاهان علوفه‌ای نقش عمده‌ای در تغذیه دام دارند و جزء مهمترین گیاهان زراعی دنیا محسوب می‌شوند. با این وجود در بیشتر کشورهای دنیا پژوهش و پیشرفت در امر تولید و مدیریت این گیاهان در مقایسه با تلاش و توجهی که به سایر محصولات می‌شود، اندک است. در کشور ایران با توجه به کمبود مراتع غنی و فشار دام بر آن‌ها، بررسی و مطالعه پیرامون کشت این محصولات اهمیت ویژه‌ای دارد. در تولید گیاهان علوفه‌ای علاوه بر عملکرد ماده خشک، کیفیت علوفه نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تغذیه نشخوارکنندگان اهلی با علوفه با کیفیت موجب بهبود رشد و افزایش تولید در آن‌ها می‌شود(نباتی و همکاران، ۱۳۹۲).

تنش آبی و تنش شوری از مهمترین عوامل محیطی تأثیرگذار بر عملکرد و کیفیت علوفه است. شریفان و کاظمی حسنوند(۱۳۹٤) در تحقیق خود راجع به عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم علوفه‌ای در سطوح مختلف آبیاری(۱/۵ و ۲/۵ برابر نیاز آبی گیاه) و سطوح مختلف شوری(اختلاط آب چاه با آب دریای خزر) نشان دادند بین تیمار شاهد با تیمارهای مورد بررسی اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید. ناگی و همکاران(۱۹۹۵) در بررسی تحمل به شوری ذرت و سورگوم نشان دادند که سورگوم به دلیل متحمل بودن به شوری محتوای آب نسبی بالاتری نسبت به ذرت نشان می‌دهد. آن‌ها همچنین اعلام کردند که سورگوم به منظور حفظ وضعیت آبی خود تحت شرایط تنش شوری اقدام به افزایش مقاومت روزنه‌ایی همراه با تنظیم اسمزی توسط انباشت متابولیت‌های سازگاری و برخی از یون‌ها می کند.

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 استان‌های کشور دارا می باشد. سطح زیرکشت سورگوم در منطقه سیستان در سال‌های پرآبی بطور متوسط ۲۰۰۰ هکتار بوده است. سطح زیرکشت سورگوم و ذرت علوفه‌ای در استان سیستان و بلوچستان ۷٤۹٦ هکتار گزارش شده است (بی نام، 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 جهت استفاده هر چه بهتر از منابع آب، ضروری و اجتناب

ناپذیر است. یکی از راه کارها، استفاده از آب‌های شور و لب شور موجود در چاه‌های آب منطقه می‌باشد. با انتخاب روش مناسب جهت مدیریت آب شور می توان تا حد امکان از کاهش عملکرد محصول جلوگیری کرد و تقاضا برای آب غیر شور را کاهش داد. بنابراین در این مطالعه به بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری و آب آبیاری بر عملکرد گیاه سورگوم علوفه‌ای پرداخته شده است تا از نتایج حاصل از آن جهت برنامه‌ریزی مناسب برای افزایش تولیدات کشاورزی در شرایط خاص (محدودیت شوری و آب) استفاده نمود.

مواد و روش ها

این تحقیق در سال ۱۳۹٤ در مزرعه تحقیقات کشاورزی واقع در شهر زهک در منطقه سیستان در استان سیستان و بلوچستان در ٦۱ درجه و ٦۷ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۸۹ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع از سطح دریا ٤۸۰ متر انجام گرفت. منطقه مطالعاتی دارای اقلیم گرم و خشک بوده و متوسط میزان بارندگی آن در سال کمتر از ٦۰ میلیمتر می‌باشد. به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش قبل از مرحله آماده‌سازی زمین نمونه‌های خاک از اعماق ۳۵-۰ سانتیمتر، ۷۰-۳۵ سانتیمتر و ۱۰۰-۷۰ سانتیمتری خاک برداشت شد(جدول۱). با تعیین نیاز کودی قبل از کاشت بر اساس آزمون خاک، کود فسفر از نوع سوپر فسفات تریپل و کود پتاسیم (سولفات پتاسیم) به ترتیب هر یک به میزان ۲۰۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در زمان کاشت و کود نیتروژن (اوره) به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به صورت محلول در دو مرحله در اختیار گیاه قرار گرفت. بعد از برداشت هر چین نیز مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره جهت سرعت بخشیدن و رشد مجدد علوفه به گیاه داده شد. مقادیر متوسط برخی خصوصیات شیمیایی آب آبیاری در تیمارهای مختلف نیز در جدول ۲ آورده شده است.

جدول۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

عمق نمونه برداری	درصد سیلت	درصد شن	درصد رس	بافت خاک	pH	ظرفیت زراعی(٪)	نقطه پژمردگی(٪)	EC (dSm^{-})	پتاسیم قابل جذب(ppm)	فسفر قابل جذب(ppm)	کربن آلی(٪)
۰-۳۵	۳۰	۶۲	۸	شن لوم	۸	۲۱	۹	۱/۱	۱۳۹	۲/۱	۱/۶
۳۵-۷۰	۳۲	۵۵	۱۳	شن لوم	۷/۸	۲۵	۱۱	۱	۱۴۱	۲/۲	۱/۵
۷۰-۱۰۰	۳۲	۴۹	۱۹	لوم	۷/۵	۳۰	۱۴	۱	۱۳۸	۲/۴	۱/۲

جدول۲- خصوصیات شیمیایی آب آبیاری در سطوح مختلف شوری

نمونه آب	pH	EC (dSm^{-})	SAR	کاتیون ها($meqlit^{-}$)				آنیون ها($meqlit^{-}$)		
				Ca	Mg	Na	K	HCo3-	Cl	So4-
S1	۸	۲	۷/۱	۳/۵	۲/۵	۱۳/۱	۰/۰۷	۴/۷	۸/۳	۶/۲
S2	۷/۵	۵	۸/۳	۱۶/۹	۵/۷	۲۸/۹	۰/۴	۱۰/۱	۲۳/۵	۱۸/۸
S3	۷/۹	۸	۹/۱	۲۱/۳	۱۰/۹	۳۷/۱	۰/۶۵	۹/۱	۳۲/۹	۲۷/۹

به منظور دستیابی به اهداف مورد نظر، تحقیق حاضر در قالب طرح فاکتوریل اسپلیت پلات در زمان اجرا گردید. تیمارها شامل سه فاکتور شوری آب آبیاری(دو ،پنج و هشت دسی زیمنس بر متر) (S1،S2 و S3) و چهار سطح عمق آب آبیاری (معادل ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه سورگوم) (I1 ، I2 ، I3 و I4) و سه چین برداشت علوفه در سه تکرار اجرا شد. ابعاد کرت‌ها ٤ متر ×۳ متر (۱۲متر مربع) و فاصله کرت‌ها از یکدیگر یک متر در نظر گرفته شد. کشت بصورت ردیفی با فاصله ردیف‌های ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها ۷/۵ سانتی‌متر از یکدیگر انجام گرفت. آب‌های مورد استفاده از سه حلقه چاه نزدیک به مزرعه تحقیقاتی با شوری‌های ذکر شده

تأمین و با استفاده از سه تانکر به مزرعه منتقل و مورد استفاده قرار گرفت. برای هر شوری جداگانه یک لوله آبرسان متصل به تانکر به قطر ۴۵ میلی‌متر در نظر گرفته شد که آب را به مزرعه منتقل کرده و سپس توسط لوله پلی‌اتیلن به قطر ۲۵ میلی‌متر در مزرعه توزیع شد. برای هر ردیف کشت یک لوله آبده زیرسطحی با قطر ۱۶ میلیمتر و مجهز به قطره چکان داخل لوله با آبدهی۳/۴۱ لیتر در ساعت با فاصله ۳۰ سانتیمتر از یکدیگر در عمق ۳۰ سانتی متر نصب گردید. برای ایجاد شرایط مناسب جوانه زنی و استقرار گیاه کلیه تیمارها تا بیست روز اول کشت با آب با شوری دو دسی زیمنس بر متر و به صورت کامل آبیاری شدند، سپس تیمارها اعمال گردید. کاشت روز اول خرداد ماه۹۴ و برداشت در سه مرحله شش مرداد، ۲۷ شهریور و ۱۵ آبان ماه (زمانی که پنج درصد گلدهی حاصل گردید) انجام شد.

تعیین دور آبیاری و نیاز آبی گیاه

دور آبیاری برای گیاه سورگوم با توجه به بافت خاک و ظرفیت نگهداشت آب در خاک و بررسی‌های محلی سه روز در نظر گرفته شد. جهت تعیین نیاز آبی گیاه از روش تشت تبخیر استفاده گردید. داده‌های مربوط به تشت تبخیر نوع الف از سازمان آب شهرستان زابل اخذ گردید که این تشت در مرکز تحقیقات کشاورزی زهک مجاور زمین مورد مطالعه قرار داشت و مقدار آب آبیاری بکار رفته بر اساس تلفات تبخیر تعرق پتانسیل گیاه (ETc) در فاصله سه روزه (دور آبیاری) با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$V = \frac{l.s.kp.kc.kr.ETp}{Ea} \quad (۱)$$

V: حجم آب آبیاری(متر مکعب) l:طول کرت(متر) s: عرض کرت(متر) Kp:ضریب تشت(۰/۷) kc: ضریب گیاهی. با توجه به منحنی ضریب تغییرات گیاهی در طول فصل رشد برای دوره‌های آبیاری با استفاده از دستورالعمل نشریه شماره ۵۶ فائو(دستورالعمل محاسبه نیاز آبی گیاهان) ترجمه کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران تعیین شد.

ETp: تبخیر از تشت(متر) Ea: راندمان سیستم(۹۰ درصد در نظر گرفته شد.)

kr: ضریب سایه‌انداز. مقدار ضریب سایه‌انداز بستگی به درصد پوشش گیاهی(نسبت به کل سطح مزرعه) داشته و مقدار آن بر اساس پیشنهاد کلر و کارملی از رابطه زیر به دست آمد:(علیزاده، ۱۳۸۰)

$$K_r = \frac{GS}{0.85} \text{ یا } \quad (۲)$$

GS: درصد پوشش گیاهی یا سطح سایه انداز گیاه نسبت به کل مساحت مزرعه .

حجم آب آبیاری با استفاده از کنتورهای نصب شده بر روی هر یک از لوله‌های آبرسان اندازه‌گیری شد. حجم آب سایر تیمارها بر اساس این حجم تعیین و اعمال گردید و در جدول ۳ آورده شده است.

جدول۳- زمان ومقدارآب مصرف شده در هر یک از تیمارهای آبیاری(متر مکعب در هکتار)

زمان	تعداد آبیاری	۱۲۰٪ نیاز آبی	۱۰۰٪ نیاز آبی	۷۵٪ نیاز آبی	۵۰٪ نیاز آبی
برداشت اول	۲۳	۱۳۵۴۶	۱۱۲۸۸/۳۳	۸۴۶۶/۲۵	۵۶۴۴/۱۶
برداشت دوم	۱۷	۷۹۶۷	۶۶۳۹/۱۶	۴۹۷۹/۳۷	۳۳۱۹/۵۸
برداشت سوم	۱۶	۳۱۷۱	۲۶۴۲/۵	۱۹۸۱/۸۷	۱۳۲۱/۲۵
جمع کل آب در یک فصل زراعی برای تیمار ها	۵۶	۲۴۶۸۴	۲۰۵۶۹/۹۹	۱۵۵۲۴/۴۹	۱۰۲۸۴/۹۹

نمونه برداری گیاهی

زمان برداشت سورگوم علوفه‌ای با توجه به تعداد چین برداری بسته به ارقام مختلف متفاوت است. ارقام زودرس مثل واریته اسپیدفید که در این طرح نیز از این واریته کشت گردید، را می‌توان براساس شروع گلدهی برداشت نمود. در این طرح سه بار برداشت علوفه

انجام شد. در هر بار زمانی که پنج درصد بوته‌های کشت شده به گل‌دهی رسیدند، برداشت انجام گرفت. پارامترهایی که در هر بار برداشت اندازه‌گیری شدند، عبارت بودند از : الف)عملکرد علوفه تازه که با برداشت دو خط وسط هر کرت با رعایت اثر حاشیه و حذف دو بوته از ابتدا و انتهای کرت اندازه‌گیری شد. ب) اندازه گیری ارتفاع گیاه و خصوصیات کیفی همچون درصد پروتئین، کربوهیدرات و مقدار پرولین گیاه . جهت اندازه گیری این پارامترها از هر کرت به طور تصادفی ده بوته برداشت و جهت اندازه‌گیری به آزمایشگاه ارسال گردید. ج) شاخص سطح برگ. این شاخص با استفاده از رابطه زیر به دست آمد(جوادی و همکاران، ۲۰۰۷)

$$LAI = LA/GA \qquad (۳)$$

LAI : شاخص سطح برگ LA : سطح برگ(متر مربع) GA :سطح زمین

در سطح یک متر مربع از هرکرت، 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. 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.

د)کارایی مصرف آب آبیاری(IWUE) عبارت است از: نسبت محصول تولید شده به آب آبیاری. از رابطه (٤) به دست آمد.(پیرو و همکاران، ۲۰۰۹)

$$IWUE = \frac{Y}{IR} \qquad (٤)$$

IWUE: کارایی مصرف آب آبیاری Y : مقدار محصول(علوفه) برداشت شده(kg/ha) IR: مقدار آب آبیاری(متر مکعب)

در پایان داده‌های اندازه‌گیری شده با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل و میانگین‌ها با آزمون دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند.

بررسی توزیع شوری در پروفیل خاک در انتهای فصل رشد

برای بررسی چگونگی توزیع شوری در پروفیل خاک در انتهای فصل رشد نسبت به ابتدای آن، پس از برداشت محصول با استفاده از اوگر از کلیه کرت‌های آزمایش، سه نمونه خاک از عمق ۳۵-۰ سانتیمتر، ۷۰-۳۵ سانتیمتر و ۱۰۰-۷۰ سانتیمتر برداشت شد. این نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و عملیات عصاره‌گیری اشباع بر 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 Excel تغییرات شوری نسبت به عمق خاک و به ازای اعماق و شوری‌های مختلف آب آبیاری رسم گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده سورگوم علوفه‌ای در تیمارهای مختلف نشان داد که اثر متقابل سه عامل مقدار آب آبیاری، شوری و برداشت و اثر هر یک از تیمارها به تنهایی، بر پارامترهای اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد. اثر تکرار بر صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود که نشان دهنده شرایط یکنواخت آزمایش برای همه تکرارها بوده است(جدول ٤).نتایج مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده سورگوم علوفه‌ای در تیمارهای مختلف در جداول ٥، ٦، ٧ و ٨ آورده شده است.

جدول۴- نتایج تجزیه واریانس(میانگین مربعات و درجه آزادی) صفات اندازه‌گیری شده سورگوم علوفه‌ای

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع گیاه	شاخص سطح برگ(LAI)	پرولین	کربوهیدرات	درصد پروتئین	عملکرد علوفه تر	کارایی علوفه تر
بلوک(تکرار)	۲	۲/۱ ns	۰/۰۰۲ ns	۰ ns	۰/۰۲۵ ns	۰/۰۷ ns	۰/۴۳ ns	۰/۰۲۱ ns
شوری(A)	۲	۵۴۸۲/۳ **	۶/۷۵ **	۰/۰۵۶ **	۸/۶۲ **	۳۸/۹۷ **	۳۷۴۶/۳۹ **	۱۶۲/۱۲ **
مقدار آب آبیاری(B)	۳	۱۲۵۱۲/۶ **	۹/۲۸ **	۰/۰۹۸ **	۷۶/۶ **	۴۱/۶۸ **	۳۹۲۵/۲۵ **	۹/۳۹ **
شوری و مقدار آب آبیاری(A*B)	۶	۲۴۹ **	۰/۰۷۵ **	۰ **	۰/۳۷۹ **	۰/۲۸ **	۱۸۳/۰۷ **	۱/۹۳ **
خطا (A *B)	۲۲	۶/۷۱	۰/۰۰۰۸	۰	۰/۰۰۴	۰/۰۷۷	۰/۱۱۵	۰/۰۱۱
چین برداشت(C)	۲	۱۳۳۳۴/۷ **	۳/۹۵ **	۰/۲۴۴ **	۵۶/۳۹ **	۱۴۹/۰۴ **	۳۳۶۲/۴۲ **	۴۶۸/۶۵ **
شوری و چین برداشت(C* A)	۴	۳۵/۶۴ **	۰/۰۱۱ **	۰/۰۰۸ **	۰/۳۲۸ **	۰/۰۷ ns	۸۲/۶۳ **	۱۳/۷۳ **
مقدار آب آبیاری و چین برداشت(B*C)	۶	۱۶۵/۵ **	۰/۰۱۲ **	۰/۰۰۳ **	۱/۶۲ **	۰/۲۵ **	۱۹۳/۹۴ **	۳/۰۴ **
شوری و مقدار آب آبیاری و چین برداشت(A*B*C)	۱۲	۳۷/۹ **	۰/۰۱۳ **	۰/۰۰۰۲ **	۰/۲۳۲ **	۰/۰۹۴ ns	۱۱/۶۳ **	۰/۳۱ **
خطای C	۴۸	۸/۳۵	۰/۰۰۰۶۹	۰	۰/۰۰۷	۰/۰۸۵	۰/۱۵	۰/۰۱۱

جدول۵- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده سورگوم علوفه‌ای

تیمارهای آزمایشی		ارتفاع گیاه (سانتیمتر)	شاخص سطح برگ(LAI)	پرولین (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کربوهیدرات (میلی گرم بر گرم وزن تر)	پروتئین (درصد)	علوفه تر (تن در هکتار)	کارایی علوفه تر(کیلوگرم در هکتار برمتر مکعب)
سطوح شوری (dsm^{-1})	۲	۱۴۱/۴۲ a	۵/۶۴ a	۰/۲۲۹ c	۸/۵۷ c	۱۴/۷ a	۴۴/۶۴ a	۹/۴۴ a
	۵	۱۲۹/۸۱ ab	۵/۱۸ b	۰/۲۶۸ b	۹/۱ b	۱۳/۷ b	۳۷/۴۴ a	۷/۸۹ a
	۸	۱۱۶/۷۵ b	۴/۷۷ c	۰/۳۰۸ a	۹/۵۵ a	۱۲/۶۲ c	۲۴/۵۱ b	۵/۲۴ b
مقدار آب آبیاری	۱۲۰٪ نیاز آبی	۱۴۹/۷۸ a	۵/۸۹ a	۰/۱۹ d	۷/۳۶ d	۱۵/۲۴ a	۴۷a	۶/۹۹ a
	۱۰۰٪ نیاز آبی	۱۴۰/۸۹ a	۵/۴ b	۰/۲۶ c	۸/۳۵ c	۱۳/۸۷ b	۴۱/۵۷ ab	۸/۳۵ a
	۷۵٪ نیاز آبی	۱۲۶/۰۷ b	۴/۹۸ c	۰/۲۸ b	۹/۲۶ b	۱۳/۳۵ c	۳۴/۳۵ b	۷/۴۹ a
	۵۰٪ نیاز آبی	۱۰۰/۵۶ c	۴/۵۲ d	۰/۳۳ a	۱۱/۳۱ a	۱۲/۲۴ d	۱۹/۲ c	۷/۲۵ a
شماره چین	اول	۱۲۳/۱۱ b	۵/۵۸ a	۰/۱۹ c	۷/۸۳ c	۱۵/۷۱ a	۳۸/۰۸	۳/۹ c
	دوم	۱۵۰/۹۲ a	۵/۰۴ b	۰/۲۵ b	۹/۰۴ b	۱۳/۶۶ b	۴۳/۶۶	۷/۵۶ b
	سوم	۱۱۳/۹۴ b	۴/۹۷ b	۰/۳۵ a	۱۰/۳۴ a	۱۱/۱۱ a	۲۴/۸۴	۱۱/۶۵ a

میانگین های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی دار ندارند.

جدول۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و آب آبیاری

شوری آب آبیاری(dsm^{-1})	مقدار آب آبیاری	ارتفاع (سانتی متر)	شاخص سطح برگ(LAI)	پرولین (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کربوهیدرات (میلی گرم بر گرم وزن تر)	پروتئین (درصد)	علوفه تر (تن در هکتار)	کارایی علوفه تر (کیلوگرم در هکتار برمتر مکعب)
۲	۱۲۰٪ نیاز آبی گیاه	۱۵۶/۷۷ a	۶/۴۷ a	۰/۱۵ h	۷/۰۸ e	۱۶/۲۱ a	۵۸/۷۶ a	۸/۷۹ b
	۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه	۱۵۱/۱۱ b	۵/۸۳ b	۰/۲۱ f	e۷/۷۴	۱۵/۱۶ b	۵۳/۰۴ b	۹/۵۹ a
	۷۵٪ نیاز آبی گیاه	۱۳۷/۴۴ d	۵/۳۴ c	۰/۲۵ e	۸/۶۳ d	۱۴/۲۴ c	۴۳/۷۵ e	۱۰/۶۹ a
	۵۰٪ نیاز آبی گیاه	۱۲۰/۳۳ f	۴/۹۱ d	۰/۳ c	۱۰/۸۳ b	۱۳/۲ d	۲۳h	۸/۶۹ b
۵	۱۲۰٪ نیاز آبی گیاه	۱۵۰/۱۱ b	۵/۸۲ b	۰/۱۹ g	۷/۴۷ e	۱۵/۳۲ b	۴۹/۷۸ c	۷/۴۸ c
	۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه	۱۴۱/۱۱ c	۵/۳۷ c	۰/۲۶ d	۸/۳ d	۱۳/۸۷ d	۴۴/۱ d	۷/۹۴ c
	۷۵٪ نیاز آبی گیاه	۱۲۸/۸۸ e	۴/۹۶ d	۰/۲۸ d	۹/۲۵ c	۱۳/۶۶ d	۳۶/۷۲ f	۸/۷۴ b
	۵۰٪ نیاز آبی گیاه	۹۹/۱۱ h	۴/۵۸ f	۰/۳۳ b	۱۱/۳۶ a	۱۲/۲۵ e	۱۹/۱ i	۷/۳۹ c
۸	۱۲۰٪ نیاز آبی گیاه	۱۴۲/۴۴ c	۵/۳۹ c	۰/۲۲ f	۷/۵۳ e	۱۴/۱۸ c	۴۳/۳۳ e	۴/۷۱ e
	۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه	e۱۳۰/۴۴	۴/۹۹ d	۰/۳۱ c	۹/۰۱ c	۱۲/۵۷ e	۲۷/۵۳ g	۴/۹۵ e
	۷۵٪ نیاز آبی گیاه	۱۱۱/۸۸ g	۴/۶۴ e	۰/۳۲ b	۹/۹۱ c	۱۲/۴۴ e	۲۲/۵۷ h	۵/۶۸ d
	۵۰٪ نیاز آبی گیاه	۸۲/۲۲ i	۴/۰۶ g	۰/۳۶ a	۱۱/۷۵ a	۱۱/۲۸ f	۱۵/۴۸ j	۵/۶۳ d

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول۷- مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و چین برداشت

شوری آب آبیاری(dsm^{-1})	چین برداشت	ارتفاع (سانتی متر)	شاخص سطح برگ(LAI)	پرولین (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کربوهیدرات (میلی گرم بر گرم وزن تر)	علوفه تر (تن در هکتار)	کارایی علوفه تر(کیلوگرم در هکتار برمتر مکعب)
۲	اول	۱۳۶/۵ c	۶a	۰/۱۷ g	۷/۴۷ d	۴۷/۵۸ b	۴/۸۵ f
	دوم	۱۶۳/۹۱ a	۵/۴۹ b	۰/۲۲ e	۸/۴۷ c	a۵۴/۸۶	۹/۴۷ c
	سوم	۱۲۳/۸۳ d	۵/۴۲ b	۰/۲۸ c	۹/۷۷ b	۳۱/۴۷ d	۱۴a
۵	اول	۱۲۲/۹۱ d	۵/۵۴ b	۰/۱۹ f	۷/۸۸ d	۴۰/۰۵ c	۴/۰۸ f
	دوم	۱۵۰/۵ b	۵/۰۵ c	۰/۲۵ d	۸/۹۵ c	۴۶/۰۷ b	۷/۹۲ d
	سوم	۱۱۶e	۴/۹۶ d	۰/۳۵ b	۱۰/۴۵ a	۲۶/۱۸ e	۱۱/۶۶ b
۸	اول	۱۰۹/۹۱ f	۵/۱۹ c	۰/۲۱ e	۸/۱۵ c	۲۶/۶ e	۲/۷۶ g
	دوم	۱۳۸/۳۳ c	۴/۵۹ d	۰/۲۸ c	۹/۷ b	۳۰/۰۴ d	۵/۲۹ e
	سوم	۱۰۲g	۴/۵۳ d	۰/۴۲ a	۱۰/۷۹ a	۱۶/۸۷ f	۷/۶۸ d

میانگین های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی دار ندارند.

جدول۸- مقایسه میانگین اثرات متقابل عمق آب آبیاری و چین برداشت

مقدار آب آبیاری	چین برداشت	ارتفاع (سانتی متر)	شاخص سطح برگ(LAI)	پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کربوهیدرات (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	پروتئین (درصد)	علوفه تر (تن در هکتار)	کارآیی علوفه تر (کیلوگرم در هکتار برمتر مکعب)
۱۲۰٪ نیاز آبی گیاه	اول	۱۴۹/۲۲ c	۶/۲۸ a	۰ /۱۲f	۶/۷۱ f	۱۵/۲۳ a	۵۰/۲۸ b	۳/۷ f
	دوم	۱۷۰/۱۱ a	۵/۷۲ b	۰/۱۶ e	۷/۲۸ e	۱۷/۳۱ b	۵۹/۵۶a	۷/۴۷ d
	سوم	۱۳۰e	۵/۶۸ b	۰/۲۷ c	۸/۱ d	۱۳/۱۷ d	۳۱/۱۳ e	۹/۸۱ c
۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه	اول	۱۳۴/۲۲ d	۵/۷۴ b	۰/۱۶ e	۶/۹۸ f	۱۴/۰۸ c	۴۴/۷۸ c	۳/۹۶ e
	دوم	۱۶۰/۶۶ b	۵/۲۵ c	۰/ ۲۴d	۸/۱۳ d	۱۵/۸۷ b	۵۱/۴۳ b	۷/۷۴ d
	سوم	۱۲۷/۷۷ e	۵/۲ c	۰/۳۷ b	۹/۹۳ c	۱۱/۶۵ e	۲۸/۴۸ e	۱۰/۷۷ b
۷۵٪ نیاز آبی گیاه	اول	۱۱۶/۲۲ f	۵/۳۴ c	۰/۲۲ d	۷/۹۶ e	۱۳/۲۷ d	۳۷/۳۶ d	۴/۴۱ e
	دوم	۱۵۲/۲۲ c	۴/۸۵ d	۰/۲۶ c	۹/۱۴ c	۱۵/۳ b	۴۱/۰۶ c	۸/۲۴ c
	سوم	۱۰۹/۷۷ g	۴/۷۵ d	۰/۳۷ b	۱۰/۶۸ b	۱۱/۴۷ e	۲۴/۶۲ f	۱۲/۴۲ a
۵۰٪ نیاز آبی گیاه	اول	۹۲/۷۷ h	۴/۹۵ d	۰/۲۶ c	۹/۶۸ c	۱۲/۰۶ e	۱۹/۸۷ g	۳/۵۱ f
	دوم	۱۲۰/۶۶ f	۴/۳۵ e	۰/۳۳ b	۱۱/۶۲ b	۱۴/۳۸ c	۲۲/۵۷ f	۶/۷۹ d
	سوم	۸۸/۲۲ h	۴/۲۵ e	۰/۴ a	۱۲/۶۴ a	۱۰/۲۸ f	۱۵/۱۳ h	۱۱/۴۵ b

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی دار ندارند.

ارتفاع گیاه

اثرات شوری، کم‌آبیاری و چین برداشت بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود(جدول٤). همانطور که از جدول ۵ مشاهده می‌گردد با کاهش میزان آب داده شده به گیاه و افزایش شوری آب ارتفاع گیاه کاهش می‌یابد. نتایج تحقیقات قبلی نیز نشان می‌دهد که تنش خشکی موجب کاهش طول ساقه و ایجاد حالت کوتاه قدی در گیاهان می‌شود(ترابی و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین ارتفاع گیاه تحت تاثیر شوری کاهش یافته و تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف مشاهده می‌شود که با نتایج تحقیق مولوی و همکاران(۱۳۹۱) در خصوص کاهش ارتفاع ذرت با افزایش شوری همخوانی دارد. آنان بیان داشتند با افزایش غلظت املاح، فشار اسمزی محلول خاک زیاد می‌شود، در نتیجه مقدار انرژی که گیاه باید صرف جذب آب از خاک نماید، افزایش می‌یابد که این عمل باعث افزایش تنفس و کاهش ارتفاع و عملکرد گیاه می‌شود. رحیمی و همکاران(۱۳۷۷) نیز اظهار داشتند با افزایش فشار اسمزی محلول خاک، سرعت رشد و رشد رویشی گیاه کاهش می‌یابد. اثرات متقابل شوری و مقدار آب آبیاری نشان داد در شوری‌های ثابت با کاهش مقدار آب آبیاری ارتفاع کاهش می‌یابد. بیشترین ارتفاع بوته مربوط به آبیاری ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه (۱۵٦/۷۷ سانتی متر) و با شوری دو دسی زیمنس بر متر و کمترین ارتفاع بوته مربوط به آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و با شوری هشت دسی زیمنس بر متر(۸۲/۲۲ سانتی متر) می-

باشد(جدول٦). اثرات متقابل شوری و چین برداشت نشان داد که بیشترین ارتفاع مربوط به برداشت دوم با شوری دو دسی زیمنس بر متر(١٦٣/٩١ سانتی متر) و کمترین آن در برداشت سوم و شوری هشت دسی زیمنس بر متر(١٠٢ سانتی متر) می‌باشد(جدول ٧). اثرات متقابل آب آبیاری و برداشت نیز نشان داد بیشترین ارتفاع مربوط به برداشت دوم با عمق آب آبیاری ١٢٠ درصد نیاز آبی گیاه (١٧٠/١١ سانتی متر) و کمترین آن در برداشت سوم و عمق آب آبیاری ٥٠ درصد نیاز آبی گیاه (٨٨/٢٢ سانتی متر) می-باشد(جدول ٨). در بررسی اثرات متقابل آب آبیاری، شوری و برداشت نیز مشاهده گردید بیشترین ارتفاع مربوط به برداشت دوم با عمق آب آبیاری ١٢٠ درصد نیاز آبی گیاه و شوری دو دسی زیمنس بر متر (١٧٩/٣٣ سانتی‌متر) و کمترین آن در برداشت سوم و عمق آب آبیاری ٥٠ درصد نیاز آبی گیاه و شوری هشت دسی زیمنس بر متر (٧١ سانتی متر) می‌باشد.

شاخص سطح برگ(LAI)

شاخص سطح برگ بیان‌کننده نسبت سطح برگ به زمینی است که آن برگ‌ها اشغال می کنند(سرمدنیا و کوچکی، ١٣٨٦). این شاخص رشد گیاه و عملکرد نهایی ماده خشک را تحت تأثیر قرار می دهد. شاخص سطح برگ از ٣/٧٤ تا ٦/٩١ متغیر بود که بیشترین آن مربوط به تیمار ١٢٠ نیاز آبی گیاه و شوری دو دسی زیمنس بر متر و برداشت اول و کمترین آن مربوط به تیمار ٥٠ درصد نیاز آبی گیاه و شوری هشت دسی زیمنس بر متر و برداشت سوم می‌باشد. سطح برگ، یکی از حساسترین اندام هوایی به شوری بوده (پاریدا و داس، ٢٠٠٥) و کاهش آن با افزایش سطح شوری آب آبیاری در مطالعات دیگری نیز گزارش شده است (هانگ و همکاران، ٢٠١٢). همانطور که از جداول دیده می‌شود شاخص سطح برگ با کاهش آبیاری و افزایش شوری کاهش یافته است که می‌توان آن را به کاهش دوام سطح برگ در اثر کم آبی 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، ٢٠٠١) 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 مولکول‌های پروتئینی از سویی دیگر، زمینه لازم برای کاهش سطح برگ را فراهم می آورد. 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، ١٣٨٠). در بررسی میانگین داده‌ها برهمکنش شوری و چین برداشت، همچنین مقدار آب آبیاری و چین برداشت نشان داد که کمترین شاخص سطح برگ در چین سوم و بیشترین آن در چین اول حاصل شد. علی رغم تعداد بیشتر برگ‌ها در چین دوم، اندازه سطح برگ‌ها در چین دوم و سوم نسبت به چین اول کمتر بود و این امر باعث کاهش شاخص سطح برگ در این دو چین نسبت به چین اول گردید. برهمکنش متقابل شوری، مقدار آب آبیاری و برداشت نشان داد در هر سه چین برداشت با افزایش شوری و کاهش آب مصرفی گیاه میزان شاخص سطح برگ کاهش یافته است.

عملکرد علوفه

عملکرد علوفه در پایان هر برداشت اندازه‌گیری شد. بیشترین عملکرد علوفه تر(٧٤/٤٦ تن در هکتار) مربوط به تیمار ١٢٠ درصد نیاز آبی گیاه و شوری دو دسی زیمنس بر متر و برداشت دوم و کمترین آن(١١/٢٣ تن در هکتار علوفه تر) مربوط به تیمار ٥٠ درصد نیاز آبی گیاه و شوری هشت دسی زیمنس بر متر و برداشت سوم می باشد. شوری و کم آبی باعث کاهش عملکرد علوفه شده است. یکی از اثرات شوری در گیاهان جلوگیری از جذب آب و ایجاد تنش خشکی است. همچنین شوری باعث کاهش مقدار هدایت روزنه ای، تعرق و میزان آب نسبی می شود که بر کاهش وزن تر اندام هوایی تأثیر می-

گذارد (ثابت تیموری و همکاران، ۱۳۸٦). یکی از دلایل کاهش عملکرد را می‌توان به کاهش فتوسنتز در نتیجه‌ی تنش حاصل از تجمع نمک در محدوده ریشه نسبت دادکه این مسأله می تواند در نتیجه کاهش ورود دی‌اکسید کربن به دلیل کاهش هدایت روزنه و همچنین کاهش سطح برگ باشد(نتندو و همکاران، ۲۰۰٤). 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 همکاران، ۱۳۷۹).

اثرات جداگانه آب آبیاری، شوری و چین برداشت تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر عملکرد علوفه داشته است(جدول٤). با افزایش شوری میزان عملکرد علوفه کاهش یافت اما این کاهش در سطوح شوری دو و پنج دسی زیمنس بر متر بر علوفه تر معنی‌دار نبود که نشان دهنده مقاوم بودن گیاه سورگوم نسبت به شوری می‌باشد. کاهش مقدار آب آبیاری باعث کاهش مقدار محصول گردید اما تفاوت معنی‌داری بین محصول تولید شده در تیمارهای آب آبیاری ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه حاصل نشد. عدم مشاهده اختلاف معنی‌دار در تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه را می‌توان به دلیل سازگاری سورگوم به خشکی و تخلیه رطوبت از اعماق پایین‌تر دانست. این نتیجه در گزارش هاول و همکاران(۲۰۰۷) مبنی بر این که سورگوم در شرایط کم آبی می‌تواند رطوبت بیشتری از خاک تخلیه کند، تایید شده است. مقیمی و امام(۱۳۹۲) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابه دست یافتند. همچنین افزایش مقدار آب آبیاری به بیشتر از نیاز آبی گیاه(۱۲۰ درصد) باعث افزایش معنی‌دار تولید محصول نسبت به آبیاری کامل(۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) نگردید. اثر چین برداشت نشان داد که تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد در هر سه چین وجود دارد. چین دوم بیشترین برداشت عملکرد علوفه را دارا بوده است. افزایش تعدا برگ ها و ضخامت آن‌ها و همچنین افزایش قطر و ارتفاع ساقه در این برداشت نسبت به برداشت اول و سوم باعث افزایش عملکرد علوفه ترگردید.

کارآیی علوفه تر

کارآیی مصرف آب گیاه (کیلوگرم علوفه به ازاء هر متر مکعب آب مصرفی) در بین تیمارهای این طرح با اطمینان۹۹ درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده (جدول۵) نشان داد که با افزایش شوری از دو دسی زیمنس به پنج و هشت دسی زیمنس مقدار کارآیی علوفه تر کاهش پیدا کرد. بین مقدار کارآیی علوفه تر با شوری دو و پنج دسی زیمنس و با سطح احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی‌دار حاصل نشد. کاهش آب آبیاری به اندازه کمتر از نیاز آبی گیاه باعث کاهش کارآیی علوفه تر گردید. همچنین افزایش آب آبیاری به مقدار بالاتر از حد نیاز آبی گیاه نیز کارآیی علوفه تر را کاهش داد. اما این کاهش با احتمال ۹۵ درصد بین همه تیمارها معنی‌دار نبود. علت کم بودن کارآیی مصرف آب در گیاه در اثر تنش خشکی را می‌توان به عوامل روزنه‌ای یا عوامل متابولیکی مؤثر بر انتشار دی-اکسید کربن به داخل کلروپلاست و کاهش کربوکسیلاسیون در طول تنش که در این شرایط عوامل محدود کنندهٔ غیرروزنه‌ای ناشی از اختلال در واکنش‌های بیوشیمیایی نقش مهمی در کاهش فتوسنتز ایفا می‌کنند، نسبت داد. به علت نبود ارتباط خطی بین هدایت روزنه‌ای و جذب کربن، بیشتر گیاهان تمایل دارند در شرایط تنش

آبی متوسط، کارآیی مصرف آب خود را افزایش دهند(چیوز، ۱۹۹۹). نتایج، نشان‌دهندهٔ کاهش کارآیی مصرف آب با افزایش شدت تنش آبی است. برای مثال در یک بررسی در ارقام مختلف توت فرنگی، کاهش کارآیی مصرف آب با افزایش شدت تنش آبی در کولتیوار سالوت گزارش شد. اما نتایج تحقیقات دیگر گویای افزایش کارآیی مصرف آب با افزایش شدت تنش آبی است(زاگادا و ایجیمیا، ۲۰۰۵).

در بین برداشت‌های مختلف، برداشت سوم با ۱۱/۱۱ کیلوگرم بر متر مکعب آب مصرفی بیشترین کارایی علوفه تر را داشته است. علیرغم این که مقدار علوفه تولید شده در برداشت سوم کمتر از برداشت‌های دیگر بوده است اما مشاهده می‌گردد کارآیی آن بالاتر است. علت این موضوع را می توان شرایط آب و هوایی منطقه و طول دوره رشد گیاه دانست. کشت اول گیاه در ماه های خرداد و تیر انجام گردید. در این ماه‌ها در منطقه سیستان هوا بسیار گرم و بادهای ۱۲۰ روزه نیز می‌وزند که باعث بالارفتن تبخیر از تشت تبخیر می شود و از طرفی دوره رشد گیاه نیز در این دوره ٦٨ روز به طول انجامید. این عوامل باعث افزایش مقدار آب مصرفی گیاه در این دوره شد. اما در برداشت دوم(مرداد و شهریور) از شدت گرمی هوا و وزش بادها کاسته و طول دوره رشد گیاه نیز به ۵۲ روز کاهش یافت. در این دوره رشد به علت مساعد بودن آب و هوا و خصوصیات فیزیولوژیک گیاه سورگوم، گیاه رشد بیشتری نمود و میزان علوفه تولیدی نیز نسبت به برداشت اول بیشتر بود که این عوامل باعث بالارفتن کارایی در این برداشت نسبت به برداشت اول شد. اما در برداشت سوم(مهر و آبان) هوا خنک تر و طول دوره رشد گیاه به ٤٩ روز کاهش یافت. خنک شدن هوا باعث کاهش سطح تبخیر و کاهش نیاز آبی گیاه شد و از طرفی کوتاه شدن دوره رشد گیاه نسبت به دو برداشت قبلی که باعث کاهش آب مصرفی گردید، موجب شد علیرغم پایین بودن عملکرد علوفه در این برداشت کارآیی علوفه تر در این برداشت نسبت به برداشت اول و دوم بیشتر گردد. اثر متقابل شوری و آب آبیاری نشان داد باکاهش مقدار آب آبیاری مقدار کارآیی افزایش یافت. بیشترین کارآیی مصرف آب در تیمار آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و کمترین آن در تیمار ۵۰ درصد آب آبیاری می-باشد.گاریتی و همکاران(۱۹۸۳) اظهار داشتند که بروز تنش آبی با وجودی که صورت کسر WUE(کارایی)، یعنی عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد، اما به واسطه ی فعالیت ساز و کار تنظیم اسمزی گیاه مخرج کسر بیشتر کاهش یافته و کارآیی تا حدودی افزایش می یابد. در تیمار ۵۰ درصد می توان گفت با توجه به این که میزان عملکرد نیز(صورت کسر) به میزان قابل توجهی کاهش یافته باعث کاهش کارآیی شده است. نتایج این تحقیق با نتایج یزدانی و همکاران(۱۳۹۳) راجع به اثرات تنش شوری و کم‌آبیاری بر شاخص کارایی مصرف آب دو رقم کلزا همخوانی دارد. ابات و همکاران(۲۰۰٤) نیز به نتایج مذکور در خصوص کارآیی مصرف آب دست یافتند و بیان داشتند که افزایش کارآیی مصرف آب در کم‌آبیاری بیشتر است.

اثر متقابل شوری و چین برداشت و عمق آب آبیاری و چین برداشت(جداول ۵ و ٦) نشان داد بیشترین کارآیی در برداشت سوم به دست آمد و برداشت اول کمترین کارآیی را داشت. علت این موضوع را می توان موارد ذکر شده بالا دانست. بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده از عملکرد تر و خشک و کارآیی مصرف آب گیاه سورگوم علوفه‌ای و با توجه به کمبود آب در منطقه سیستان می‌توان مقدار آب آبیاری داده شده به گیاه سورگوم علوفه ای را تا ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه کاهش داد، همچنین با توجه به عدم تفاوت بین تیمارهای با شوری دو و پنج دسی زیمنس بر متر می توان از آب با شوری پنج دسی زیمنس نیز جهت آبیاری سورگوم استفاده نمود، بدون آن که تأثیر معنی‌داری در میزان علوفه تولید شده داشته باشد و از آب ذخیره شده در جای دیگر استفاده نمود.

پرولین

پرولین به عنوان یک اسمولیت مهم در تعدیل فشار اسمزی سلول تحت تنش‌هایی مانند خشکی، شوری، نقش اساسی دارد. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده(جدول۵) نشان داد تفاوت معنی‌داری در بین همه تیمارها از نظر مقدار پرولین وجود دارد. با افزایش شوری از دو دسی زیمنس به هشت دسی زیمنس مقدار غلظت پرولین نیز به اندازه ٢٦ درصد افزایش یافت. کاهش عمق آب آبیاری و اعمال تنش خشکی نیز باعث افزایش غلظت پرولین گردید به طوری که کمترین مقدار آن در تیمار آبیاری ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه و بیشترین آن در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد. چین برداشت نیز بر میزان غلظت پرولین موجود در گیاه تأثیر معنی‌داری گذاشت.

چین اول با مقدار ۰/۱۹ کمترین غلظت پرولین و چین سوم با مقدار ۰/۳۵ بیشترین غلظت آن را دارا بود. اثر متقابل شوری و مقدار آب آبیاری نشان داد در شوری-های ثابت با کاهش مقدار آب آبیاری میزان غلظت پرولین افزایش می‌یابد. اثر متقابل همزمان شوری، خشکی و چین برداشت نشان داد روند یکنواختی در هر سه چین در خصوص غلظت پرولین وجود دارد. به طوری که با افزایش شوری و کاهش آب آبیاری و افزایش عمر گیاه(چین برداشت) مقدار غلظت پرولین افزایش می‌یابد. در پاسخ به تنش، کاهش پتانسیل اسمزی به وسیله تجمع اسمولیت‌ها، ظرفیت حفظ فشار ترگر سلول را افزایش می-دهد. این عمل برای فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، فعالیت آنزیم‌ها و تکثیر سلولی ، اساسی است . می‌توان اظهار نمودکه افزایش پرولین سبب حفاظت از آنزیم ها و حامل‌ها و آنتی پورترها و آنزیم‌های مؤثر در نقل و انتقال یون‌ها تحت تنش خشکی می‌شود. پرولین در بسیاری از گونه‌های گیاهی تحت شرایط تنش‌هایی مانند شوری، خشکی، درجه حرارت و نور با مقادیر مختلف تجمع می‌یابد. رابطه مثبت بین انباشت پرولین و تحمل خشکی در برنج و ذرت و تنش شوری در سیب‌زمینی نیز گزارش شده‌است(محمدخانی و حیدری، ۲۰۰۸). با توجه به افزایش غلظت پرولین در اندام‌های هوایی گیاه سورگوم علوفه‌ای می توان چنین نتیجه گرفت که پرولین در گیاه سورگوم علوفه‌ای می‌تواند به عنوان یک شاخص مقاومت به خشکی به شمار آید. پرولین به دلیل نقش کلیدی در تنظیم اسمزی در شرایط تنش خشکی موجب افزایش مقاومت به خشکی شده و اثرات تخریبی تنش اسمزی ناشی از خشکی را تا حدودی کاهش می‌دهد. چنین به نظر می‌رسد با افزایش تدریجی تنش خشکی، سلول گیاه در ابتدا شروع به ذخیره قند و سپس با شدیدتر شدن تنش اقدام به ذخیره پرولین در غشای سلولی کرده است و به بیان دیگر، تجمع پرولین در غشای سلولی یک سازوکار اضطراری برای تحمل خشکی به شمار می‌رود (قمری زارع و همکاران، ۱۳۸۷). صادقی و خانی(۱۳۹۱) در تحقیق خود بر روی یونجه به نتایج مشابهی دست یافتند.

کربوهیدرات

کربوهیدرات‌ها به خاطر داشتن رابطه‌ی مستقیم با فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، انتقال مواد و تنفس، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. جدول(٤)، اثرات جداگانه شوری، آب آبیاری و چین برداشت نشان داد با افزایش شوری میزان کربوهیدرات افزایش می‌یابد و از این نظر تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد بین تیمارهای شوری وجود دارد به طوری که با افزایش شوری از دو دسی زیمنس بر متر به هشت دسی زیمنس بر متر مقدار کربوهیدرات ۱۰/۲٦ درصد افزایش داشته است. کاهش عمق آب آبیاری نیز باعث افزایش غلظت کربوهیدرات گردید. با کاهش عمق آب آبیاری از ۱۲۰ درصد به ۵۰ درصد مقدار کربوهیدرات ۳٤/۹۲ درصد افزایش داشته است. بنابراین می‌توان گفت تاثیر کم آبی روی غلظت کربوهیدرات بیشتر از تأثیر شوری می‌باشد و علت آن تحمل بالای شوری در گیاه سورگوم می‌باشد. رابطه مثبتی بین تجمع کربوهیدرات و تحمل خشکی در برنج و ذرت و تنش شوری در سیب‌زمینی نیز گزارش

شده است(محمدخانی و حیدری، ۲۰۰۸). اثرات چین برداشت نیز نشان داد در برداشت سوم غلظت کربوهیدرات بیشتر از برداشت اول و دوم می‌باشد. علت این امر را می‌توان به بالا رفتن سن گیاه و خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه نسبت داد. هر چه دوره رشد گیاه طولانی تر شود به علت این که بیشتر در معرض تنش‌های شوری و خشکی قرار گرفته است، مقابله با این تنش‌ها باعث انباشت کربوهیدرات در گیاه می‌شود. یارنیا(۱۳۸٦) در تحقیق خود درباره تحمل به شوری ارقام سورگوم به نتایج مشابهی دست یافت.

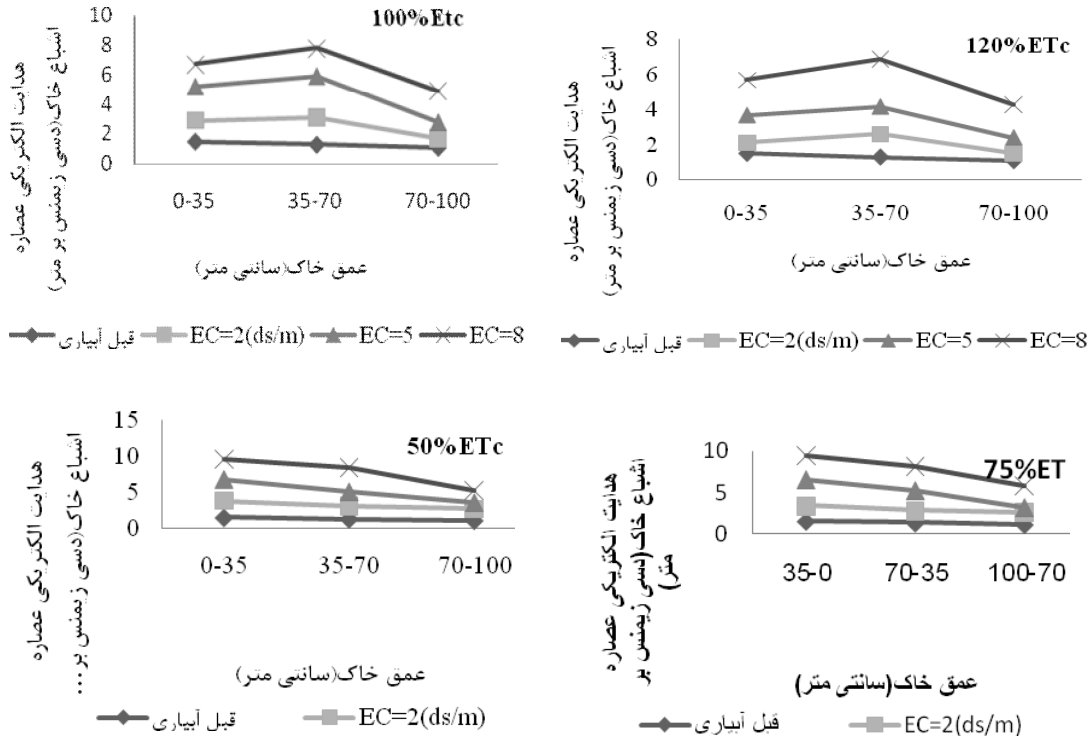
درصد پروتئین

جدول ٤ نشان داد اثرات جداگانه شوری، آب آبیاری و چین برداشت بر درصد پروتئین در سطح یک درصد معنی‌دار بود. همچنین اثرات متقابل شوری و آب آبیاری و آب آبیاری و چین برداشت نیز تأثیر معنی‌داری بر درصد پروتئین داشت اما اثرات متقابل شوری و چین برداشت و اثرات متقابل شوری، آب آبیاری و چین برداشت تفاوت معنی‌داری بر درصد پروتئین نداشت. جدول ٥ مقایسه میانگین صفات نشان داد با افزایش شوری مقدار پروتئین کاهش می‌یابد. بیشترین مقدار آن در شوری دو دسی زیمنس بر متر برابر ١٤/٧ درصد و کمترین آن در شوری هشت دسی زیمنس بر متر و برابر ١٢/٦٢ درصد می‌باشد. با افزایش شوری مقدار پروتئین ١٤/١٤ درصد کاهش داشته است. نوروزی و همکاران(۱۳۹۳) در تحقیق خود راجع به بررسی اثرات شوری بر گیاه ارزن به نتیجه مشابهی دست یافتند. با کاهش عمق آب آبیاری مقدار پروتئین از ١٥/٢٤ درصد به مقدار ١٢/٢٤ درصد کاهش یافت. مقدار این کاهش ١٩/٦٨ درصد بود. بنابراین می‌توان گفت تأثیر عمق آب آبیاری بر درصد پروتئین نیز بیشتر از شوری خواهد بود. اثر چین برداشت نشان داد مقدار پروتئین در چین دوم بهتر از چین اول و سوم می‌باشد. چین سوم کمترین مقدار درصد پروتئین را داشته است. عملکرد بهتر پروتئین در برداشت دوم شاید به علت تعداد پنجه زنی بیشتر و شرایط محیطی بهتر در این چین بوده که باعث افزایش عملکرد و به تبع افزایش پروتئین شده است. اثرات متقابل شوری و آب آبیاری نشان داد با یک شوری ثابت با کاهش عمق آب آبیاری مقدار پروتئین گیاه کاهش می‌یابد. بین تیمارهای با شوری پنج و هشت دسی زیمنس بر متر و عمق آب آبیاری ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه تأثیر معنی‌داری مشاهده نشد. اثر متقابل چین برداشت و شوری نیز نشان داد در چین‌های مختلف برداشت مقدار پروتئین در چین دوم بیشتر از چین اول و سوم بود. کاهش پروتئین در چین سوم احتمالا به دلیل کاهش درصد برگ درطی زمان می‌باشد. زیرا برگ‌ها مهمترین منبع پروتئین در اندام‌های رویشی می باشند. بنابراین با توجه به این که تعداد برگ‌ها در چین دوم بیشتر از چین سوم و اول بودند لذا درصد پروتئین در این چین بیشتر بود. اثر متقابل شوری، عمق آب آبیاری و چین برداشت نیز نشان داد با افزایش شوری و کاهش عمق آب آبیاری درصد پروتئین کاهش می‌یابد. این روند در هر سه برداشت یکسان است.

بررسی توزیع شوری در نیمرخ خاک

توجه به مسایل زیست محیطی در هنگام استفاده از منابع آب نامتعارف نیز از اهمیت ویژه ای برخوردار است. تجمع نمک در محدوده‌ی توسعه ریشه، یکی از مهمترین مخاطرات زیست‌محیطی است که می تواند علاوه بر کاهش میزان عملکرد محصول، با تخریب حاصلخیزی خاک، کشاورزی پایدار را با مشکل مواجه سازد. شکل ۱ توزیع شوری را در پروفیل خاک نشان می-دهد. 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 مشاهده می‌گردد توزیع شوری در پروفیل خاک در تیمارهای بدون تنش آبی از یکنواختی بیشتری برخوردار است، در حالی که در تیمارهای تحت تنش آبی از یکنواختی توزیع شوری نسبت به عمق کاسته می شود، زیرا در تیمارهای

بدون تنش آبی، افزایش عمق آب آبیاری باعث شستشوی بیشتر پروفیل خاک شده است و همین طور ملاحظه می شود که با افزایش شوری آب آبیاری در تیمارهای با ۱۲۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، شوری عصاره اشباع خاک در لایه ۷۰-۳۵ سانتی‌متری از سطح خاک بیشتر از لایه سطحی خاک می‌باشد که علت آن را می‌توان به دلیل بیشتر بودن عمق آب آبیاری، شستشوی خاک و بافت خاک دانست. بر عکس در تیمارهای آبیاری با عمق آب ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه شوری خاک در لایه سطحی خاک(عمق ۳۵-۰ سانتی‌متری از سطح خاک) افزایش داشته است.



شکل۱- پروفیل شوری در تیمارهای مختلف شوری و میزان آب آبیاری

نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و شوری‌های دو و پنج دسی زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری از لحاظ عملکرد تر علوفه و کارآیی مصرف آب به‌ازای علوفه تر وجود نداشت، لذا می‌توان تحت مدیریت مناسب مقدار آب آبیاری را به ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه کاهش داد بدون این که کاهش معنی‌دار در عملکرد محصول سورگوم ایجاد گردد، همچنین منابع آب باکیفیت پایین را برای آبیاری استفاده کرد. با توجه به تولید علوفه و کیفیت آن (از لحاظ درصد پروتئین خوراک دام و غیره) در چین‌های مختلف، تولید علوفه و کیفیت آن به دلیل مساعد بودن شرایط آب و هوایی در چین دوم بهتر بوده است. بنابراین پیشنهاد می‌گردد در منطقه سیستان سورگوم علوفه‌ای در ماه‌های مرداد و شهریور کشت گردد. علاوه بر این پیشنهاد می-گردد با توجه به پتانسیل آبیاری قطره‌ای زیر سطحی در شرایط شوری آب وخاک، مطالعات بیشتری در این زمینه و برای محصولات مختلف صورت گیرد و با توجه به این که آزمایش در یک سال زراعی انجام گردیده است و در

دراز مدت کاهش این مقدار آب و استفاده از آب شور می‌تواند باعث شورشدن خاک و تجمع املاح در خاک گردد، توصیه می‌شود، آزمایش در سال‌های دیگر تکرار شود و نهایتا در مورد صرفه جویی و کاهش آب تصمیم گیری گردد.

فهرست منابع

١. امداد، م.ر. و ح. فرداد. ١٣٧٩. اثر تنش شوری و رطوبتی بر عملکرد ذرت. مجله علوم کشاورزی ایران، ٣١(٣): ٦٤١-٦٥٤.

٢. بی نام .١٣٨٨. آمار نامه کشاورزی محصولات زراعی سال ١٣٨٧-١٣٨٦. جلد اول ، وزارت جهاد کشاورزی ، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات، ١١٧ صفحه.

٣. پور عزیزی، م. فلاح، س.١٣٨٩. تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر خصوصیات کیفی علوفه سورگوم. همایش ملی دستاوردهای نوین در زراعت. شهریور ،کرج.ایران.

٤. ترابی،ع.ر. فرح بخش، ح. و غ.ر. خواجویی نژاد. ١٣٩٢. بررسی رژیم‌های مختلف آبیاری و سوپرجاذب زئولیت بر عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم علوفه‌ای. مجله به زراعی کشاورزی، ١٥(٣): ١٤-١.

٥. ثابت تیموری، م. ح. خزاعی، ا. نظامی و م.نصیری محلاتی. ١٣٨٦. تأثیر سطوح مختلف شوری بر فعالیت آنزیم- مجله پژوهش های آنتی اگسیدان برگ و خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه کنجد. مجله پژوهش کشاورزی :آب، خاک و گیاه در کشاورزی. ٧(٤): ١١٩-١٠٩.

٦. حیدری شریف آبادی، ح.١٣٨٠. گیاه و شوری. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران. ص ١٩٩.

٧. رحیمی تنها، ح. مجیدی، ا. و م. شهبازی. ١٣٧٧. ارزیابی شاخص‌های فیزیولوژی بر مقاومت به تنش شوری در سورگوم علوفه ای .چکیده مقالات پنجمین کنگرۀ زراعت و اصلاح نباتات، مؤسسه تحقیقات اصلاح بذر و نهال، کرج.

٨. سرمدنیا، غ .ح .و ع. کوچکی. ١٣٨٦. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ص ٤٠٠.

٩. شریفان، ح. و م.کاظمی حسنوند. ١٣٩٤. بررسی عملکرد و اجزای عملکرد گیاه سورگوم تحت شرایط آبیاری با آب دریای خزر. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ١(٩):١٦٩-١٦٣.

١٠. صادقی، ح. و ک. خانی. ١٣٩١. تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی و شوری بر برخی ویژگی های موروفولوژیک و میزان پرولین یونجه یکساله. مجله علوم کشاورزی دیم ایران، ١(٢): ١٣-١.

١١. علیزاده، ا. ١٣٨٠. اصول و عملیات آبیاری قطره ای، چاپ دوم، ص١٦١.

١٢. قمری زارع، ع. رضوانی، س. و م. فروتن. ١٣٨٧. اثر تنش خشکی ناشی از PEG در چند گونه یونجه یکساله در شرایط آب کشت. پژوهش های ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ١٦:١٩٧-١٨٢.

١٣. مقیمی، ن. و ی. امام. ١٣٩٢. بررسی ویژگی های مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دو رقم سورگوم علوفه ای، تحت تنش کم آبی و سطوح نیتروژن. مجله تنش های محیطی در علوم زراعی، ٦(١): ص ٣٦-٢٧.

١٤. مولوی،ح. محمدی، م. و ع. لیاقت. ١٣٩١. اثر مدیریت آب شور طی دوره رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه ای و پروفیل شوری خاک. مجله علوم و مهندسی آبیاری اهواز، ٣(٣٥): ١٨-١١.

۱۵. نباتی، ج. کافی،م. نظامی، ا. رضوانی مقدم، پ. معصومی، ع. و م. زارع مهرجردی. ۱۳۹۲. اثر شوری بر سلولز، همی سلولز و لیگنین ساقه و برگ و خصوصیات دیواره های سلولی ساقه کوشیا. نشریه پژوهش های زراعی ایران، ۱۱: ٥٦۱-٥٥۱.

۱٦. نوروزی، ح. روشنفکر، ح. حسیبی، پ. و م. مسگر باشی. ۱۳۹۳. تأثیر شوری آب آبیاری بر عملکرد و کیفیت دو رقم ارزن علوفه ای. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۲۸(۳):٥٦۰-٥٥۱.

۱۷. وزیری، ژ. سلامت، ع. انتصاری، م.ر. مسچی، م. حیدری،ن و ح دهقانی سانیچ. ۱۳۸۷. تبخیر و تعرق گیاهان(دستورالعمل و محاسبه آب مورد نیاز گیاهان). کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

۱۸. یارنیا، م. ۱۳۸٦. ارزیابی تعدادی از شاخص های فیزیولوژیک ارقام سورگوم علوفه ای در شرایط شوری. مجله علوم کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز، ۱(۱):. ص۱-۱۵.

۱۹. یزدانی، ح. قهرمان، ب. داوری،ک. و م.کافی. ۱۳۹۳. اثرات تنش شوری و کم آبیاری بر شاخص کارآیی مصرف آب دو رقم کلزا. مجله مهندسی منابع آب، ص۸٤-٦۷.

20. Abbat, P.E., J.L. Dardanelli, M.G. Canatarero, M. Melchiori, and E. Suero. 2004. Climate and water availability effects on water use efficiency in wheat. Crop Sci. 44: 474-483.
21. Chaves MM .1999.Effects of water deficits on carbon assimilation. Experimental Botany.42:1-16.
22. 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.
23. Garrity, DP. Watts, DG. Sullivan, CY. and JR. Gilley. 1983. Moisture deficits and grain-sorghum performance evapotranspiration yield relationships.Agronomy. 74: 815-820.
24. 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 J. Field Crops Res. 4: 265 – 253
25. Howell, T.A.. Tolk, J.A.. Evett, S.R.. Copeland, K.S.and D.A. Dusek. 2007. Evapotranspiration of deficit irrigated sorghum. World Environmental and Water Resources Congress.ASCE.
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. Mohammadkhani, N. and R. Heidari. 2008. Effects of drought stress on soluble proteins in two maize varieties. Turkish Journal of Biology, 32, 23-30.
28. Nagy, Z. Tuba,Z. Zsoldos. F. and L. Erdei. 1995. CO2 exchange and water relation responses of sorghum and maize during water and salt stress. J. Plant Physiol.145:539-544.
29. 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.
30. Parida, A. K. and A. B. Das. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: Areview. Ecotoxicol. Environ. Safety 60:324-349.
31. Payero, J.O. Melvin, S.R. Irmak, S. and D. Tarkalson. 2009. Yield response of corn to deficit irrigation in a semiarid climate. Agric. Water Manage. 84:101–112.

32. Sepaskhah, A. Zand Parsa, Sh.Ghasemi, M. M. and B. Ghahraman .2006.Comparison of two methods for deficit irrigation of sorghum. Iran-Water Resources Research. 2(2): 1-9.
33. Zegada-Lizarazu W and M. Iijima .2005. Deep root water uptake ability and water use efficiency of pearl millet in comparison to other millet species. Plant Production Science. 8: 454-460.