بررسی نقش شیوه آبیاری با آب شور بر عملکرد سورگوم و ارتقای کارآیی مصرف آب و عناصر غذایی

فاطمه کاراندیش[1]* و ام‌البنی توراج‌زاده

استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه زابل.

Karandish_h@yahoo.com & F.Karandish@uoz.ac.ir

دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی گروه مهندسی آب دانشگاه زابل.

b_Tourajzadeh@yahoo.com

چکیده

افزایش روزافزون جمعیت همگام با معضل بحران جهانی منابع آب شیرین، استفاده از منابع آب نامتعارف در بخش کشاورزی، به عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده‌ی آب شیرین، به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک را ضروری می‌سازد. به همین دلیل، در این پژوهش، در قالب یک طرح آماری بلوک کامل تصادفی در سطح مزرعه، تأثیر چهار شیوه آبیاری شامل آبیاری با شیارثابت با آب‌غیرشور (FF)،آبیاری با شیار ثابت با آب شور (SS)، آبیاری با شیار یک‌در میان ثابت با آب شور و غیرشور (FFS) و آبیاری باشیار یک در میان متغیر با آب شور و غیرشور (AFS) بر میزان عملکرد، جذب آب و عناصر غذایی مهم و تجمع نمک در خاک مورد بررسی قرار گرفت. مجموع تبخیر-تعرق در کل فصل کشت در تیمار شاهد برابر با ۹۰۱/۲ میلی‌متر بوده و مقدار آن در تیمارهای AFS، FFS و SS در حد معنی‌داری در سطح پنج درصد و به میزان ۶/۳، ۹/۹ و ۱۲/۳ درصد کمتر از تیمار شاهد بود.علی‌رغم کاهش معنی‌دار در میزان بیوماس کل در تیمارهای FFS ($6/34\ Mg\ ha^{-1}$) و SS ($5/17 Mg\ ha^{-1}$) در مقایسه با تیمار شاهد ($7/89\ Mg\ ha^{-1}$)، حفظ بیوماس کل در حد مطلوب در تیمار AFS ($7/7\ Mg\ ha^{-1}$) باعث ۱۳/۲ و ۳۳/۸ درصد افزایش کارآییمصرف آّب در این تیمار در مقایسه با تیمارهای FFS و SS شد. اگرچه اعمال تیمارهای SS و FFS باعث کاهش معنی‌دار جذب عناصر غذایی شد، اختلاف معنی‌داری بین مجموع کل نیتروژن، پتاسیم و فسفر جذب شده در تیمار AFS (به ترتیب، ۱۵۰/۳، ۱۲۹/۶ و ۲۱/۴ کیلوگرم در هکتار)در مقایسه با تیمار شاهد (نیتروژن ۱۶۰/۹، پتاسیم ۱۳۴/۸ و فسفر ۲۱/۴ کیلوگرم در هکتار) مشاهده نشد. میزان تجمع نمک در محدوده ریشه در تیمار AFS نیز کم‌تر از مقدار آن در تیمارهای SS و FFS بود. لذ، استفاده از این شیوه آبیاری، ضمن کاهش ۶/۳ درصد در آب مورد نیاز در کل فصل رشد و تامین ۵۰ درصد آن از منابع آّب شور و کاهش میزان کود مورد نیاز، زمینه حفظ منافع اقتصادی و زیست‌محیطی در کشاورزی آبی در منطقه را فراهم می‌آورد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری شیاری، تبخیر-تعرق، ، پتاسیم، فسفر، نیتروژن.

---

[1] - آدرس نویسنده‌ی مسئول: گروه مهندسی آب، دانشکده‌ی آب و خاک، دانشگاه زابل

* - دریافت: دی ۱۳۹۳ و پذیرش: اسفند ۱۳۹۳

مقدمه

محدودیت جهانی آب یکی از مهم‌ترین نگرانی-های عصر حاضر بوده و بسیاری از پژوهشگران و اندیشمندان را برآن داشته تا با اتخاذ تدابیر صحیح و اصلاح شیوه‌های مدیریت مصرف به ویژه در بخش کشاورزی، به عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب شیرین، تا حدی معضلات بحران آب را مرتفع کنند. منابع آب‌های غیرمتعارف همچون آب شور، یکی از مطمئن‌ترین منابع آب بوده که می‌توان از آن‌ها در کشاورزی آبی بهره جست. با این وجود، مصرف این قبیل آب‌ها همواره باید با احتیاط صورت بگیرد. طی سال‌های گذشته، استفاده نادرست از آب‌های با کیفیت نامناسب در کشاورزی موجبات شور شدن خاک را در بسیاری از اراضی دنیا فراهم آورده است.

تا سال ۱۹۸۹، بیش از ۲۳ درصد از اراضی کشاورزی دنیا در نتیجه شور شدن قابلیت کشت خود را از دست داده‌اند (سزابولکس، ۱۹۸۹). نتایج پژوهش‌های لامسل و همکاران (۱۹۹۹) نشان داد که سالانه حدود ٤۰۰۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی دنیا در نتیجه عدم مدیریت صحیح و کنترل نمک، شور می‌شوند. این در حالی است که وسعت اراضی شور در نتیجه کشاورزی آبی در ایران تا سال ۲۰۰۵ به ٤٤/۵ میلیون هکتار افزایش پیدا کرده است (بنایی و همکاران، ۲۰۰۵). 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 همکاران، ۲۰۰۸). در چنین شرایطی، حتی با وجود آب کافی در محدوده ریشه، امکان جذب آب به‌وسیله گیاه به دلیل کاهش آماس ریشه و تراکم آن (مورگان و همکاران، ۲۰۰۱) و افزایش میزان سدیم قابل تبادل و پتانسیل اسمزی خاکبه شدت کاهش پیدا می‌کند (سامنر، ۱۹۹۳).

کاهش شاخص‌های رشد گیاه چون سطح برگ و پوشش گیاهی در نتیجه‌ی استعمال آب شور (نتوندو و همکاران، ۲۰۰٤، ماگیو و همکاران، ۲۰۰٤، آسولین و همکاران، ۲۰۰٦، اسکگز و همکاران، ۲۰۰٦) موجب کاهش جذب آب (شانی و بن‌گال، ۲۰۰۵، اسکگز و همکاران، ۲۰۰٦، تریپلر و همکاران، ۲۰۰۷، بن گال و هکاران، ۲۰۰۸) و متعاقباً کاهش محصول می‌شود (کامن و همکاران، ۲۰۰۸). این در حالی‌است 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 محسوب می‌شود. لذا، استفاده از روش‌های مدیریتی اثرگذار در حفظ پارامترهای موثر بر این مولفه اقتصادی در هنگام استفاده از منابع آب شور می‌تواند گامی مهم در راستای نیل همزمان به تعدیل معضل بحران آب و حفظ امنیت غذایی قلمداد شود.

میزان جذب عناصر غذایی مهم همچون نیتروژن، پتاسیم و فسفر یکی از مهم‌ترین شاخصه‌های تعیین کننده کیفیت و کمیت محصول بوده که به شدت متأثر از کیفیت آب ورودی است. بررسی پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که استعمال آب شور به ویژه در شرایط کوددهی مساوی بین تیمارها، غالبا کاهش جذب عناصر غذایی مهم همچون نیتروژن (حیدری و همکاران، ۱۳۸۵) را به دلیل وجود ارتباط معنی‌دار بین میزان جذب آب و جذب مواد غذایی (قیصری و همکاران، ۲۰۰۹، وانگ و همکاران، ۲۰۱۲)به همراه داشته است.

در این راستا، برخی پژوهشگران استفاده از مقادیر بالاتر کودهای شیمیایی در راستای جلوگیری از مرگ سلول‌های گیاهی در شرایط تنش شوری و افزایش جذب عناصر غذایی را پیشنهاد نموده‌اند (کامارا-زاپاتا و همکاران، ۲۰۰٤، هوآندز-اسکمیدهالتر، ۲۰۰۵، گیمنو و همکاران، ۲۰۰۹،).

این مساله، اگرچه می‌تواند تا حدودی زمینه جلوگیری از کاهش معنی‌دار محصول را فراهم آورد، لکن توجه به مسایل اقتصادی و زیست‌محیطی، محدودیت کاربرد آن را موجب شده است. با عبارت دیگر، توجه به بهینه ساختن کودهای شیمیایی به عنوان نهاده‌ای ارزشمند

و حفظ محصول در شرایط استفاده از منابع آب نامتعارف از جمله مسایلی است که باید به صورت همزمان مورد توجه قرار گیرد. استفاده از هر دو منبع آب شور و شیرین، به صورت تلفیقی و یا تناوبی در دوره‌های مختلف رشد از جمله شیوه‌های مدیریتی است که می‌تواند امکان استفاده از آب‌های شور به ویژه در مناطق خشک که بخش اعظم منابع آب در آن‌ها دارای کیفیت نامناسب می‌باشد، را فراهم آورد.

اختلاط آب شور و شیرین و یا استفاده آب شور در دوره‌های غیرحساس رشد از جمله روش‌هایی است که در پژوهش‌های پیشین، امکان افزایش محصول در مقایسه با استفاده دایمی از آب شور در کل فصل رشد را فراهم آورده است. در کاربرد تناوبی، در بسیاری از موارد پیشین، تمرکز اصلی بر کاربرد آب شور تنها در دوره‌های غیر حساس گیاه استوار بوده است (آسلام و پراداپار، ۲۰۰٦). با این وجود، کاربرد رویکردهای مدیریتی متفاوت نظیر تغییر شیوه آبیاری تناوبی با آب شور و شیرین در کل فصل کشت پس از استقرار گیاه کم‌تر مورد توجه اندیشمندان بوده است. این در حالی است که در اغلب مناطق خشک همچون استان سیستان و بلوچستان، دسترسی به آب‌های با کیفیت نامناسب سهل‌تر از استحصال آب غیرشور است. لذا، در این پژوهش، تلاش شد تا شیوه آبیاری مناسب برای استعمال آب شور در شرایط کوددهی مساوی با تیمار شاهد برای دستیابی به اهداف اقتصادی و زیست‌محیطی مطلوب تعیین شود .بدین منظور، گیاه سورگوم انتخاب شد.

سورگوم به دلیل داشتن پتانسیل بالای تولید محصول در شرایط گرما و خشکی شدید، یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی غذایی در مناطق حاره‌ای خشک و نیمه‌خشک می‌باشد (جورج و فاهی، ۱۹۹٤). ایران با داشتن سطحی معادل ۱٦ هزارهکتار در سال ۱۳۸۵، به میزان ۱/۲ میلیون تن محصول سورگوم تولید کرده که بخش قابل توجهی از آن به دلیل تامین علوفه‌ی مورد نیاز ٤۳۰۰ هزار واحد دامی در استان سیستان و بلوچستان تولید می‌شود. با این وجود، محدودیت منابع آب از یک‌سو و کیفیت نامناسب منابع موجود از سویی دیگر، زمینه کاهش سطح زیر کشت این محصول طی سال‌های اخیر را فراهم آورده است. این در حالی است که در صورت یافتن راهکاری مناسب برای استفاده از منابع آب شور موجود، می‌توان افزایش سطح زیرکشت محصولات کشاورزی در این استان، که امرار معاش بخش اعظمی از مردم در آن وابسته کشاورزی است، را تضمین نمود.

از آنجایی‌که بیش از ۹۰ درصد از زمین‌هایکشاورزی آبی در جهان، همچون منطقه مطالعاتی، تحت آبیاری سطحی، به ویژه آبیاری شیاریاست (چن و فنگ، ۲۰۱۳)، از این رو،هدف پژوهش حاضر این بود که ضمن بررسی روش‌های شیار یک در میان ثابت و متغیر با آب شور و شیرین و شیارثابت با آب شور در دوره استقرار گیاه تا انتهای فصل رشد و مقایسه آن با تیمار آبیاری با آب شیرین، تیمار برتر از نظر اثرات زیست‌محیطی، میزان عملکرد و کارایی مصرف آب و جذب عناصر غذایی ماکرو، شامل نیتروژن، پتاسیم و فسفر برای گیاه سورگوم، به عنوان کشت علوفه‌ای غالب در استان سیستان و بلوچستان تعیین شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی و عملیات زراعی

این پژوهش با هدف استفاده بهینه از منابع مطمئن آب شور با هدف حفظ توأمان مسایل اقتصادی و زیست محیطی در فصل زراعی ۱۳۹۳ در زمینیبه مساحت ۳۰۰ مترمربع واقع در جنوب شهرستان زابل با چهار تیمار و سه تکرار در غالب یک طرح بلوک کامل تصادفی روی گیاه سورگوم انجام شد.منطقه مطالعاتی دارای اقلیم گرم و خشک بوده و خاک آن دارای بافت لوم تا لوم سیلتیمی‌باشد. خصوصیات فیزیکی خاک تا عمق ۱۰۰ سانتی‌متری در جدول (۱) ارایه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی خاک در محدوده عمقی ۱۰۰-۰ سانتی‌متری

عمق (cm)	بافت	شن (٪)	رس (٪)	سیلت (٪)	چگالی ظاهری	ظرفیت زراعی (٪)	نقطه پژمردگی (٪)
۲۰-۰	لوم	۴۵	۱۱	۴۴	۱/۳۵	۳۰	۱۲
۴۰-۲۰	لوم سیلتی	۳۷	۹	۵۴	۱/۴۰	۳۵	۱۳
۶۰-۴۰	لوم سیلتی	۲۳	۱۱	۶۶	۱/۴۲	۳۶	۱۴
۱۰۰-۶۰	لوم سیلتی	۲۱	۱۳	۶۶	۱/۴۲	۳۶	۱۴

بذر سورگوم رقم اسپیدفید در اوایل اردیبشهت ماه با فواصل ۶۰×۱۰ سانتی‌متر کاشت و طول دوره رشد آن به طور تقریبی چهار ماه بود. با تعیین نیاز کودی قبل از کاشت بر اساس آزمون خاک، کود فسفر به میزان۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از نوع سوپر فسفات تریپل در زمان کاشت و کودهای نیتروژن (اوره) و پتاسیم (سولفات پتاسیم) به‌ترتیب به میزان ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در دو تقسیط در روزهای ۱۵ و ۴۰ روز بعد از کاشت به زمین داده شد. در طول فصل رشد، آبیاری در تمام تیمارها بر اساس عمق آب آبیاری تعیین شده در تیمار شاهدو با شیوه جوی و پشته‌ای انجام شد.

تیمارهای آبیاری

تیمارهای آبیاری شامل چهار تیمار با سه تکرار بود که هر تیمار با تکرارهایش تقریبا مساحتی معادل ۷۵ متر مربع را اشغال کردند. در تیمار شاهد (FF)، آبیاری کامل بر اساس نیاز گیاه در کل فصل رشد با آب شیرین صورت گرفت. تیمارهای آب شور شامل سه تیمار آبیاری یک در میان ثابت با آب شور و غیر شور (FFS)، آبیاری یک در میان متناوب با آب شور و غیر شور (AFS) و آبیاری کامل با آب شور (SS) در طول دوره اعمال تیمار بود.

تفاوت تیمار FFS و AFS در این بود که در تیمار FFS در هر نوبت آبیاری به طور ثابت جوی‌ها یکی در میان به آب شور و غیرشور اختصاص داده شد، لکن در تیمار AFS محل جوی‌های آب شور و شیرین به صورت تناوبی تعویض می‌شد. به این مفهوم که اگر در یک جوی در یک نوبت آبیاری آب شور جریان داشت، در نوبت بعدی آبیاری در آن جوی آب غیرشور جریان داشت. در تیمارهای FF و SS نیز در تمام نوبت‌های آبیاری، در تمام جوی‌ها به ترتیب آب غیرشور و آب شور جریان داشت.

زمان اعمال تیمارهای آبیاری از ٤٧ روز بعد از کاشت تا انتهای فصل رشد بود. این بازه در پژوهش حاضر به عنوان دوره‌ی تنش (٤٧ تا ١١٥ روز بعد از کاشت) معرفی شد. در طول دوره‌ی اعمال تیمار، آب مورد نیاز از چاه‌های موجود در منطقه مطالعاتی با هدایت الکتریکی ۱/۵ دسی زیمنس بر متر (آب غیر شور) و شش دسی زیمنس بر متر (آب شور) تأمین شد.

تعیین میزان تبخیر-تعرق گیاه

به منظور تعیین میزان تبخیر-تعرق، نمونه‌های خاک قبل از هرنوبت آبیاری، از تمام تیمارها، در محدوده-های عمقی ۲۰ سانتی‌متری تا عمق موثر توسعه ریشه‌ها برداشت شد. سپس میزان نفوذ عمقی با استفاده از رابطه ذیل برآورد شد (کاراندیش و همکاران، ۱۳۹۱):

$$DP = I_n - \sum_{i=1}^{k}(\theta_{FCi} - \theta_{BIi}) \times Z_i \qquad (۱)$$

که در آن:

DP :آب خارج‌شده از پایین محدوده ریشه (mm)، I_n: عمق آب آبیاری (mm)، θ_{FC_i}: ظرفیت زراعی حجمی (٪) در لایه i ام و θ_{BI} :میزان رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری (درصد) در لایه iام و k: تعداد لایه‌های خاک تا عمق مورد نظر جهت محاسبه نفوذ عمقی و z_i ضخامت هر لایه می‌باشد. میزان نفوذ عمقی برای تمام تیمارها با استفاده از مقادیر رطوبت اندازه‌گیری شده قبل از آبیاری در آنها محاسبه شد. سپس میزان تبخیر-تعرق در هر تیمار با استفاده از رابطه بیلان رطوبت به شرح زیر محاسبه شد (آلن و همکاران، ۱۹۹۸):

$$In + P = DP \pm \Delta S - RF_i + RF_o + CR + ET \qquad (۲)$$

که در آن:

In: عمق آب آبیاری، P: میزان بارندگی، DP: میزان نفوذ عمقی، ΔS: میزان تغییرات در رطوبت اولیه خاک در دوره مورد نظر، RF_i: میزان رواناب سطحی ورودی، RF_o: میزان رواناب سطحی خروجی و CR :میزان صعود مویینه است.نظر به اینکه در این پژوهش، جوی‌ها با انتهای بسته بودند، لذا رواناب خروجی سطحی برابر با صفر بود.همچنین، آرایش کرت‌ها به گونه‌ای است که از رواناب سطحی ورودی (RF_i) نیز جلوگیری می‌شود.بررسی اولیه در منطقه مطالعاتی نشان می‌دهد که سطح ایستابی در منطقه عمیق‌تر از ۲۰۰ سانتی‌متر است.بر اساس نشریه فائو ٥٦ (آلن و همکاران، ۱۹۹۸)، چنانچه عمق سطح ایستابی بیشتر از یک متر پایین‌تر از سطح ریشه باشد، می‌توان از مقدار صعود مویینگی در آن صرف‌نظر کرد (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). به این ترتیب، با محاسبه DP بر اساس رابطه (۱)، تنها پارامتر مجهول تبخیر–تعرق بوده که قابل محاسبه است.

نمونه‌برداری گیاهی

نمونه‌های گیاهی در طول فصل رشد در روزهای ٤٧، ٥٧، ٦٥، ٨٠، ٩٨ و ۱۱۵ روز بعد از کاشت برداشت و میزان وزن خشک کل اندام هوایی و شاخص سطح برگ در آن‌ها تعیین شد. در انتهای فصل رشد (۱۱۵ روز بعد از کاشت)، به منظور تعیین عملکرد بیولوژیک، با برداشتن کل نمونه‌های گیاه در سطحی با وسعت یک متر مربع، وزن خشک کل اندام هوایی با قرار دادن نمونه‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۷۲ ساعت، به دست آمد.

سپس در دو بازه زمانی دوره اعمال تیمار (٤٧ تا ۱۱۵ روز بعد از کاشت) و کل فصل رشد، کارآیی مصرف آب به صورت نسبت میزان ماده خشک کل اندام هوایی بر میزان آب مصرفی محاسبه شد. علاوه بر پارامترهای یاد شده، در هریک از تکرارها، میزان کل نیتروژن، فسفر و پتاسیم تجمع یافته در اندام هوایی به ترتیب با استفاده از دستگاه کجلدال، روش اولسن و دستگاه فلیم فتومتر تعیین شد. بر اساس میزان کود مصرفی، کارآیی مصرف کود به صورت نسبت تجمع عنصر مورد نظر در اندام هوایی در انتهای فصل رشد و میزان کود داده شده به زمین برآورد شد. همچنین، نمونه‌های خاک از تمام تیمارها در محدوده‌های ۲۰ سانتی‌متری از سطح خاک تا عمق ۸۰ سانتی‌متری برای تعیین میزان هدایت الکتریکی عصاره اشباع در ابتدا و انتهای فصل رشد برداشت شد. داده‌های به دست آمده در این پژوهش با استفاده از برنامه نرم افزار آماریSAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج و بحث

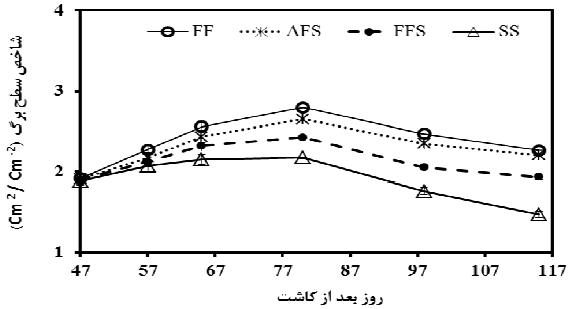
شاخص سطح برگ و نیتروژن برگ

شکل (۱) روند تغییرات شاخص سطح برگ را در طول دوره‌ی اعمال تیمار نشان می‌دهد. اختلاف بین مقادیر شاخص سطح برگ در تیمار AFS و FF تنها در بازه ٥٧–٤٧ روز بعد از کاشت زیاد بوده و با افزایش سطح برگ در طی دوره اعمال تیمار، این اختلاف کاهش یافت. با این وجود در تمام تاریخ‌های نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری از نظر میزان شاخص سطح برگ بین این دو تیمار وجود نداشت. اعمال تیمار SS بیش‌ترین تأثیرمنفی را بر کاهش شاخص سطح برگ داشت.

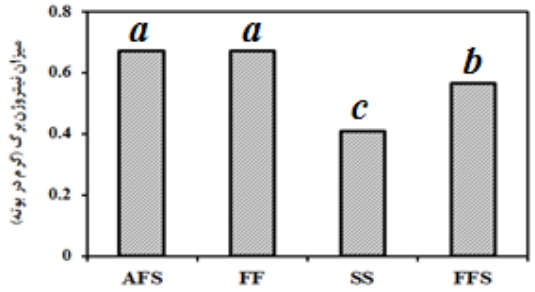
علی‌رغم وجود تغییرات محسوس‌تر در تیمار SS، اعمال تیمار FFS نیز باعث کاهش معنی‌دار شاخص سطح برگ در مقایسه با تیمار شاهد شد. کم‌ترین و بیش‌ترین تاثیر روی آهنگ توسعه‌برگدر تیمارهای SS و FFS به ترتیب در بازه‌های زمانی ۸۰–٦٥ و ۹۸–۸۰ روز بعد از کاشت مشاهده شد.

به عبارت دیگر، اعمال تنش شوری در بازه زمانی رسیدن شاخص سطح برگ به حداکثر بیش‌ترین تأثیرمنفی را داشته و با آغاز سیر نزولی آن، این اختلاف به طور محسوسی کاهش یافت. شکل (۱) نشان می‌دهد اعمال تیمارهای مختلف تاثیری بر زمان حداکثر شاخص سطح برگ نداشته و تنها میزان آن را تحت تاثیر قرار داد.در تمام تیمارها زمان رسیدن شاخص سطح برگ به

حداکثر خود در ۸۰ روز بعد از کاشت بوده و مقدار آن در تیمارهای FF، AFS، FFS و SS به ترتیب برابر با ۲/۷۹، ۲/٦٥، ۲/٤۳ و ۲/۱۷ بود. میزان شاخص سطح برگ در آخرین تاریخ نمونه‌برداری در تیمارهای FF و AFS حدود ۱۳ تا ۳٦ درصد بیش‌تر از مقدار متناظر آن در تیمارهای SS و FFS بوده که دلیل آن را می‌توان به کاهش دوام سطح برگ و خشک شدن برگ‌ها در تیمارهای شدیدتر آب شور نسبت داد.



شکل ۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول دوره‌ی اعمال تیمار (۴۷ تا ۱۱۵ روز بعد از کاشت)



شکل ۲- میزان نیتروژن برگ در انتهای فصل رشد در تیمارهای مختلف

سطح برگ، یکی از حساس‌ترین اندام هوایی به شوری بوده (پاریدا و همکاران، ۲۰۰۵) و کاهش آن با افزایش سطح شوری آب آبیاری در مطالعات دیگری نیز گزارش شده است (هوآنگ و همکاران، ۲۰۱۲). تنش اسمزی ناشی از شوری، با افزایش آستانه فشار آماس لازم برای رشد سلول‌های برگ (کروزر و همکاران، ۲۰۰۱) و کاهش فضای بین‌سلولی (گلدانی و لطیفی، ۱۳۷٦) از یک‌سو 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 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 شریف‌آبادی، ۱۳۸۰). با این وجود، فراهم آوردن شرایط مساعد با اعمال آب غیر شور در بخشی از ریشه، توانسته است تا حد زیادی این اثرات منفی را در تیمارهای FFS و AFS در مقایسه با تیمار SS کاهش دهد. همچنین بوجود آمدن امکان آبشویی مداوم نمک‌های تجمع‌یافته در محدوده توسعه ریشه در تیمار AFS به دلیل جابجایی مرتب آب شور و شیرین در دو سمت ریشه، نتایج بهتری را در مقایسه با تیمار FFS فراهم آورده است.

به نحوی که در انتهای فصل رشد میزان شاخص سطح برگ در تیمارهای AFS و FFS به ترتیب ۵۰ و ۳۲ درصد بالاتر مقدار آن در تیمار SS است که این نتیجه، بالاتر بودن طول دوره سبزینگی گیاه را نشان می‌دهد.بالاتر بودن معنی‌دار میزان نیتروژن موجود در برگ در تیمار AFS در مقایسه با تیمارهای FFS و SS نیز موید بالاتر بودن میزان کلروفیل وشادابی برگ در این تیمار است شکل (۲). ارتباط معنی‌دار بین میزان کلروفیل و محتوی

نیتروژن آن در مطالعات گذشته نیز گزاش شده است (رودریگوئز و همکاران، ۲۰۰۰، گیانکوئینتو و همکاران، ۲۰۰۳).

تبخیر-تعرق، عملکرد بیولوژیک و کارایی مصرف آب

یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش سطح برگ در تیمارهای FFS و SS را می‌توان به کاهش پتانسیل آماس سلول‌های آن در نتیجه کاهش جذب آب در شرایط تنش شوری نسبت داد (سانچز و همکاران، ۲۰۰۵، لئونه و همکاران، ۲۰۰۷، وان و همکاران، ۲۰۰۷، چن و همکاران، ۲۰۰۹). نتایج تجزیه واریانس نشان داد اعمال تیمارهای آبیاری تأثیرمعنی‌داری در سطح پنج درصد بر میزان عمق آب جذب‌شده به‌وسیله گیاه داشت جدول (۲).

مجموع عمق آب مصرفی(تبخیر-تعرق) به‌وسیله گیاه در کل فصل رشد برای تیمارهای AFS،FF، FFS و SS به ترتیب برابر با ۹۰۱/۲، ۸٤٤/٤، ۸۱۹/۷ و ۷۹۰/۳ میلی‌متر بوده و مقدار آن در طول دوره تنش(٤۷ تا ۱۱۵ روز بعد از کاشت) در تیمارهای AFS، FFS و SS به ترتیب، ۷/٦، ۱۰/۸ و ۱٤/۸ درصد کم‌تر از تیمار شاهد بود جدول (۳). اگرچه اعمال تیمارهای تنش میزان آب جذب‌شده به‌وسیله گیاه در طول دوره‌ی اعمال تیمار را در حد معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد کاهش داد، لکن تناوب آب شور و شیرین در هر نوبت آبیاری در تیمار AFS باعث افزایش معنی‌دار آن در تیمار AFS در مقایسه با تیمارهای FFS و SS در هر دو بازه‌ی زمانی مورد بررسی شد جدول (۳). میزان جذب آب در تیمار AFS در محدوده زمانی ٤۷ تا ۱۱۵ روز بعد از کاشت به ترتیب، ۳/۷ و ۸/٤ درصد بیش‌تر از مقدار آن در تیمارهای FFS و SS بود.

همچنین، میزان جذب آب در طول دوره‌ی تنش در تیمار FFS در حد معنی‌داری و به میزان ٤/۵ درصد بیش‌تر از مقدار آن در تیمار SS بود. افزایش تنش اسمزی ناشی از حضور نمک در محلول آب خاک در هر دوسوی ریشه در تیمار SS باعث کاهش آب قابل دسترس برای ریشه و جذب آب می‌شود. لذا، بهبود شرایط جذب در تیمارهای AFS و FFS در مقایسه با تیمار SS را می‌توان به محدودتر بودن تنش اسمزی در خاک نسبت داد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس برای خصوصیات عملکرد بیولوژیک، عمق آب مصرفی و کارآیی مصرف آب

منبع خطا	درجه	میانگین مربعات خطا					
		دوره‌ی اعمال تیمار (۴۷ تا ۱۱۵ روز بعد از کاشت)			کل فصل رشد		
		TB	WU	WUE	TB	WU	WUE
تیمار		۴/۸۶۴*	۶۶۴۴/۴۴*	۶/۹۵*	۴/۸۶۴*	۶۶۴۴/۴۴*	۴/۰۲*
بلوک		۰/۰۱۶ns	۴۷۴۵/۴۹*	۰/۰۳۴ns	۰/۰۱۶ns	۷۰۳۷/۱۱*	۰/۰۲۳ns
خطا		۰/۰۲۱	۵/۵۴	۰/۰۵۱	۰/۰۲۱	۵/۵۴	۰/۰۳۴
ضریب تغییرات		۳/۴۲	۰/۳۴	۳/۶۵	۲/۱۶	۰/۲۸	۲/۳۰
مجذور همبستگی		۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۸

* معنی‌داری در سطح پنج درصد ، ** معنی‌داری در سطح یک درصد، ns تفاوت غیرمعنی‌دار

TB عملکرد بیولوژیک ($kg\ ha^{-1}$)، WU عمق آب مصرفی (mm) و WUE کارایی مصرف آب ($kg\ mm^{-1}\ ha^{-1}$)

جدول۳- میانگین عملکرد بیولوژیک، عمق آب مصرفی و کارآیی مصرف آب در طول دوره اعمال تیمار و در کل فصل رشد

تیمار	دوره‌ی اعمال تیمار (۴۷ تا ۱۱۵ روز بعد از کاشت)			کل فصل رشد		
	*TB	WU	WUE	TB	WU	WUE
FF	۵/۳۹a	۷۵۱/۲a	۷/۱۷a	۷/۸۹a	۹۰۱/۲a	۸/۷۵a
AFS	۵/۲۰a	۶۹۴/۴b	۷/۴۸a	۷/۷۰a	۸۴۴/۴b	۹/۱۱a
FFS	۳/۸۴b	۶۶۹/۷c	۵/۷۳b	۶/۳۴b	۸۱۹/۷c	۷/۷۳b
SS	۲/۶۷c	۶۴۰/۳d	۴/۱۶c	۵/۱۷c	۷۹۰/۳d	۶/۵۴c

* TB عملکرد بیولوژیک($Mg\ ha^{-1}$) ($kg\ ha^{-1}$)، WU عمق آب مصرفی (mm) و WUE کارایی مصرف آب ($kg\ mm^{-1}\ ha^{-1}$)

اهمیت کاهش جذب آب در آن است که این مسأله، به دلیل کاهش آماس سلول‌های گیاهی باعث محدود کردن تقسیم سلولی و جلوگیری از حجیم شدن آن‌ها می‌شود (والنتیا و همکاران، ۱۹۹۲). به این ترتیب سطح برگ و متعاقباًمیزان ماده خشک کاهش خواهد یافت (کانگ و همکاران، ۲۰۱۰، فیضی و همکاران، ۲۰۱۰، وان و همکاران، ۲۰۱۰،). جدول (۳) نشان‌دهنده کاهش معنی-دار در میزان بیوماس کل در تیمارهای SS و FFS در هر دو بازه‌ی مورد بررسی است.

یکی از دلایل کاهش عملکرد بیولوژیکی را می-توان به کاهش فتوسنتز در نتیجه‌ی تنش حاصل از تجمع نمک در محدوده ریشه نسبت دادکه این مساله می‌تواند در نتیجه کاهش ورود دی‌اکسید کربن به دلیل کاهش هدایت روزنه و همچنین کاهش سطح برگ باشد (نتوندو 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 فرآورده-های 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 بیش-تری صرف کند که این امر مستلزم افزایش پتانسیل اسمزی در سلول‌های گیاهی با تجمع مواد قندی در آن است. تجمع مواد آلی ساخته‌شده در سلول‌های ریشه به منظور تنظیم اسمزی و مقابله با اثرات مخرب شوری در جذب آب، انتقال آن به سایر اندام‌های هوایی و متعاقباًرشد رویشی را محدود ساخته و در نهایت منتج به کاهش بیوماس کل خواهد شد (امداد و همکاران، ۱۳۷۹).

اهمیت جذب آب در حفظ میزان عملکرد بیولوژیک را می‌توان با مقایسه تیمارهای AFS و FF دریافت. نتایج این پژوهش نشان داد جذب مطلوب آب به‌وسیله گیاه در نتیجه‌ی کاهش پتانسیل اسمزی در اثر آبشویی نمک‌های تجمع‌یافته در محدوده ریشه در تیمار AFS میزان بیوماس کل در طول دوره اعمال تیمار را به-ترتیب به میزان ۳۵/٤ و ۹٤/۸ درصد و در کل فصل رشد به میزان ۲۱/٦ و ٤۸/۹درصد در مقایسه با تیمارهای FFS و SS افزایش داد. علاوه بر آن، عدم اختلاف معنی‌دار بین میزان جذب آب و بیوماس کل در تیمارهای FF و AFS باعث افزایش۳۰/٥٤ و ۷۹/۸درصد در میزان کارآیی مصرف آب در تیمار AFS در مقایسه با تیمارهای FFS و SSدر طول دوره اعمال تیمار (٤۷ تا ۱۱٥ روز بعد از کاشت) شد جدول (۳). میزان کارایی مصرف آب در تیمارهای FF، AFS، FFS و SS در کل فصل رشد به ترتیب برابر با۸/۷٥، ۹/۱۱، ۷/۷۳ و ٦/٥٤کیلوگرم بر میلی-متر عمق آب در هکتار بود. همچنین صرفنظر از تیمار شاهد، کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار آن در طول دوره‌ی اعمال تیمار به ترتیب به تیمارهایSS و AFS تعلق داشت.

میزان عناصر غذایی اصلی در اندام هوایی گیاه و کارایی مصرف کود

یکی دیگر از دلایل کاهش بیوماس کل، برهم خوردن تعادل تغذیه‌ای گیاه از طریق رقابت در دسترسی به عناصر غذایی مهم می‌باشد (پذیرا و همایی، ۲۰۰۳).کاهش کارآیی عناصر غذایی در شرایط تنش شوری در برخی پژوهش‌های گذشته نیز گزارش شده است (گیمنو و همکاران، ۲۰۰۹). مقایسه میانگین میزان نیترژن، پتاسیم و فسفر تجمع یافته در کل اندام هوایی در انتهای فصل رشد حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای منتخب است جدول (٤).

بر اساس شکل (۳)، میزان نیتروژن کل اندام هوایی در تیمارهای SS (۹٦/۹kg/ha) و FFS (۱۲٤/۳kg/ha) در حد معنی‌داری(یک درصد) کم‌تر از مقدار آن در تیمار شاهد (۱٦۰/۹kg/ha) بود، لیکن بین مقدار آن در تیمار AFS(۱٥۰/۳kg/ha) و FF اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین، تغییر شیوه استفاده از آب شور در تیمار AFS میزان کارایی مصرف کودرا در

مقایسه با تیمارهای SS و FFS به ترتیب ۵۵ و ۲۰ درصد افزایش داد شکل (۳).

در برخی از پژوهش‌های پیشین، نیتروژن با عنوان مهم‌ترین ماده غذایی متأثراز تنش شوری معرفی شده و یافته‌های آن‌ها حاکی از کاهش جذب آن در نتیجه استعمال آب شور می‌باشد (ساتو و همکاران، ۲۰۰٦، سایرام و تیاگی، ۲۰۰٤). بر این اساس، مهم‌ترین دلایل کاهش جذب نیتروژن در تیمار SS را می‌توان به کاهش میزان تراوایی ریشه، کاهش معدنی شدن نیتروژن به دلیل کاهش فعالیت‌های میکروبی خاک، کاهش سرعت نیتریفیکاسیون و همچنین رقابت شدید یون کلر موجود در آب شور با نیترات و یون سدیم با آمونیوم برای تصاحب جایگاه‌هایی در غشای پلاسمایی نسبت داد (کافکافی، ۱۹۹۲).

برخی محققان معتقدند که افزایش سطح کود نیتروژن می‌تواند به دلیل کاهش اثرات سمی ناشی از تجمع کلر در سلول‌های گیاهی و حفظ بیلان عناصر غذایی اثرات نامطلوب تنش شوری را تا حدی از بین برده و باعث افزایش رشد رویشی، گسترش سطح فتوسنتزکننده و همچنین دوام سطح برگ شود. در چنین شرایطی ظرفیت فتوسنتزی گیاه حفظ شده و توان تولید در مقایسه با شرایط تنش افزایش می‌یابد. از سویی دیگر، رشد رویشی بیش‌تر به گیاه این امکان را می‌دهد تا در مراحل پایانی رشد، مواد فتوسنتزی ذخیره‌شده را به‌وسیله فرایند انتقال مجدد به دانه‌ها منتقل کند (کامارا-زاپاتا و همکاران، ۲۰۰٤، هو و شمیدهالتر، ۲۰۰۵، گیمنو و همکاران، ۲۰۰۹، کافکافی و همکاران، ۱۹۹۲) با این-وجود، نتایج مطلوب به‌دست آمده در تیمار AFS نشان می‌دهد که با اعمال یک مدیریت صحیح در استفاده از منابع آب شور، می‌توان با سطح کود یکسان، به نتایج مطلوب‌تری با حفظ توامان منافع اقتصادی و زیست-محیطی در مقایسه با روش یادشده دست یافت.

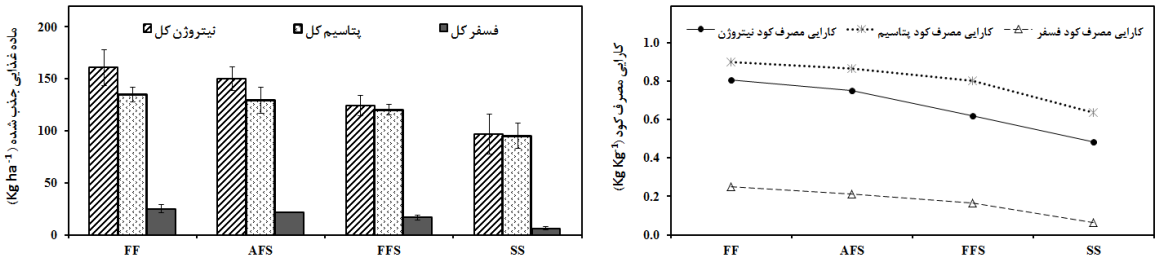
در حقیقت، تناوب آب شور و شیرین در این تیمار باعث شستوی املاح تجمع‌یافته در محدوده ریشه به‌وسیله آب شور، به‌ویژه یون‌های کلر و سدیم شده و شرایط مساعدتری را برای جذب نیتروژن در مقایسه با تیمار SS فراهم می‌کند. همچنین، با پذیرفتن ۲۲/۵ درصد کاهش در میزان کارایی مصرف کود نیتروژن در تیمار FFS در مقایسه با تیمار شاهد، می‌توان نتایج مطلوب‌تری را در تیمار FFS در مقایسه با تیمار SS بدست آورد.

جدول ۴- جدول تجزیه واریانس برای میزان نیتروژن، پتاسیم و فسفر در کل اندام هوایی در انتهای فصل رشد

منبع خطا	میانگین مربعات خطا		
	TN	TK	TP
تیمار	۲۴۵۸/۰۹**	۹۲۳/۲۳*	۱۹۶/۴۸**
تکرار	۵۱۷/۶۸^{ns}	۱۷۵/۵۲^{ns}	۲۰/۹۹^{ns}
خطا	۸۱۲/۹۴۹۳۰	۵۷۱/۱۴۴۲۲۵	۱۵/۷۸۲۱۳۰۶
ضریب تغییرات	۲۱/۴۲	۱۹/۹۱	۲۲/۸۸
مجذور همبستگی	۰/۶۴	۰/۴۸	۰/۸۷

* معنی‌داری در سطح پنج درصد، ** معنی‌داری در سطح یک درصد، ns تفاوت غیرمعنی‌دار

TN نیتروژن کل اندام هوایی ($Kg\ ha^{-1}$)، TK پتاسیم کل اندام هوایی ($Kg\ ha^{-1}$)، TP فسفر کل اندام هوایی ($Kg\ ha^{-1}$)



شکل ۳- میزان عناصر غذایی جذب شده در کل اندام هوایی در تیمارهای مختلف و کارایی مصرف کود

نتایج آنالیز واریانس همچنین تاثیر معنی دار(در سطح پنج در صد)تیمارهای آبیاری بر جذب پتاسیم را نشان می‌دهد جدول(٤). میزان پتاسیم کل تجمع یافته در کل اندام هوایی در تیمارهای FF، AFS، FFS و SS به ترتیب برابر با ١٣٤/٨، ١٢٩/٦، ١٢٠/٤ و ٩٥/٣ کیلوگرم در هکتار بود شکل (٣). علیرغم کاهش معنی‌دار جذب پتاسیم در تیمارهای FFS و SS در مقایسه با تیمار FF، تنش شوری تاثیر کم‌تری بر این ماده غذایی در مقایسه با نیتروژن داشت. به نحوی که میزان کارایی مصرف کود پتاسیم در تیمار AFS به ترتیب ٨ و ٣٦ درصد بیش‌تر از مقدار آن در تیمارهای FFS و SS بود شکل (٣). کاهش جذب پتاسیم به‌وسیله سورگوم در نتیجه‌ی استعمال آب شور در مطالعات کلارک و همکاران (١٩٩٩) نیز گزارش شده است.

پتاسیم عنصر سیتوپلاسمی ضروری برای رشد گیاه بوده و کاهش جذب آن، به دلیل کاهش پایداری آنزیم‌ها و سنتز پروتئین‌ها، زمینه کاهش وزن کل اندام هوایی را فراهم می‌آورد (ساتو و همکاران، ٢٠٠٦). حضور یون سدیم در آب شور مهم‌ترین عامل محدودکننده جذب این ماده غذایی است (جانزن، ١٩٨٨) که دلیل آن را می‌توان به رقابت آن با عنصر پتاسیم و اثرات آنتگونیستی در مکان‌های جذب ریشه، اثرات سمی آن در سیستوپلاسم و اختلال در فعالیت‌های آنزیمی و اثرات منفی آن بر انتقال پتاسیم در آوندهای چوبی نسبت داد (گرونوالد و همکاران، ١٩٩٠).

در تیمار AFS، تعدیل نسبت سدیم به پتاسیم در محیط ریشه در مقایسه با سایر تیمارهای آب شور به دلیل آبیاری متناوب با آب شور و شیرین می‌تواند دلیل اصلی بهبود جذب پتاسیم باشد (ساتو و همکاران، ٢٠٠٦).همچنین وجود شرایط مساعد جذب در یک سوی ریشه در تیمار FFS باعث افزایش جذب این ماده غذایی در مقایسه با تیمار SS شد.

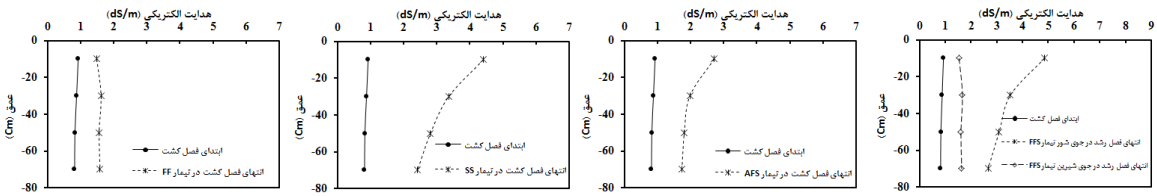
بر اساس جدول (٤) و شکل (٣)، اعمال تیمارهایFFS و SS میزان فسفر کل اندام هوایی را به ترتیب ٣٢/٧ و ٧٤/٧ درصد در مقایسه با تیمار شاهد کاهش داد که این مقدار در سطح یک درصد معنی‌دار بود.اما مدیریت صحیح آب شور در تیمار AFS ، سطح فسفر در گیاه را حفظ کرده و مانع کاهش معنی‌دار کارایی مصرف کود در مقایسه با تیمار FF شد. همچنین، علیرغم افزایش قابل توجه در کارایی مصرف کود فسفر در تیمار FFS در مقایسه با تیمار SS، میزان آن در تیمار FFS حدود ١٩/١ درصد کم‌تر از تیمار AFS بود. فراهمی فسفر در خاک در شرایط تنش شوری غالبا به دلیل اثرات شدید یونی، جذب سطحی و حلالیت اندک فسفر کاهش می‌یابد (پوستینی و ابوطالبی، ١٣٨٠) که خود می‌تواند کاهش رشد گیاه و بیوماس کل در نتیجه‌ی کاهش جذب این ماده غذایی را به همراه داشته باشد. در برخی مطالعات حتی تا ٥٠ درصد کاهش در میزان جذب فسفر در نتیجه-ی استعمال آب شور گزارش شده است (شارپلی و همکاران، ١٩٩٢).

تغییرات هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک

علاوه بر شاخصه‌های کیفی و کمی محصول، 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 زیست‌محیطی است که می‌تواند علاوه بر کاهش میزان عملکرد محصول، با تخریب حاصلخیزی خاک، کشاورزی پایدار را با مشکل مواجه سازد. لذا، روند تغییرات هدایت الکتریکی در عصاره‌ی اشباع خاک در محدوده‌های عمقی ٢٠ سانتی‌متری تا عمق ٨٠ سانتی‌متر از سطح خاک در طول فصل کشت مورد بررسی قرار گرفت.

شکل (٤) نشان می‌دهد در تمام تیمارها بیشترین تغییرات این پارامتر در محدوده عمقی ٢٠-٠ سانتی‌متری بوده که دلیل آن را می‌توان به جذب بیشتر رطوبت به وسیله گیاه از این عمق نسبت داد. همچنین کم‌ترین مقدار تجمع نمک در لایه ٨٠-٦٠ سانتی‌متری در تمام تیمارها

مشاهده شد. اگرچه میزان هدایت الکتریکی در انتهای فصل کشت در تمام محدوده‌های عمقی در تیمار AFS تا حدی بیش‌تر از مقدار متناظر آن در تیمار شاهد بود، لیکن شستشوی مداوم نمک‌ها در هر نوبت آبیاری شرایط بهتری را در این تیمار در مقایسه با تیمارهای SS و FFS فراهم آورده است. لذا اعمال تیمار AFS می‌تواند مخاطرات زیست‌محیطی کم‌تری را در مقایسه با تیمارهای FFS و SS به همراه داشته باشد.



شکل ۴- تغییرات هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک(ECe) در محدوده ریشه در تیمارهای مختلف

نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف معرفی روش آبیاری مناسب برای گیاه سورگوم، به عنوان کشت غالب علوفه‌ای در استان سیستان و بلوچستان، با رعایت ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی طی یک فصل زراعی در منطقه مطالعاتی انجام شد.نتایج این پژوهش، تأثیر مثبت مدیریت صحیح آبیاری با آب شور در تیمار آبیاری آبیاری یک در میان متناوب با آب شور و غیر شوررا از نظر میزان بیوماس کل تولیدی، جذب آب و عناصر غذایی مهم شامل نیتروژن، پتاسیم و فسفر و کاهش میزان نمک تجمع‌یافته در محدوده‌ی ریشه در انتهای فصل رشد در مقایسه با سایر تیمارهای تنش را نشان می‌دهد. تیمار آبیاری یک در میان ثابت با آب شور و غیرشور نیز در رتبه بعدی قرار دارد. لذا، نظر به محدودیت شدید منابع آبغیر شورو کاربرد وسیع و معمول آب شور با روش آبیاری شیاری در منطقه مطالعاتی، استفاده از این روش مدیریتی برای آبیاری سورگوم در راستای حفظ منافع اقتصادی و نیل به یک کشاورزی پایدار توصیه می‌شود.

فهرست منابع

۱. امداد، م، ر. و فرداد، ح. ۱۳۷۹. اثر تنش شوری (NaCl) و رطوبتی بر عملکرد ذرت. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۱ (۳): ٦٤١-٦٥٤.

۲. حیدری شریف‌آبادی، ح. ۱۳۸۰. گیاه و شوری. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع، تهران. ۱۹۹ صفحه.

۳. بنایی، م. ح، مومنی، ع.، بایبوردی، م و ملکوتی، ج. ۱۳۸۳. خاک‌های ایران: تحولات نوین در شناسایی، مدیریت و بهره‌برداری. انتشارات سنا.

4. Ben-Gal, A., Ityel, E., Dudley, L., Cohen, S., Yermiyahu, U., Presnov, E., Zigmond, L., Shani, U., 2008. Effect of irrigation water salinity on transpiration and on leaching requirements: a case study for bell peppers. Agricultural.Water Management, 95: 587–597.

5. Chen M., Kang Y., Wan S. and Liu S. 2009. Drip irrigation with saline water for oleic sunflower (Helianthus annuus L.): Agric. Water Manage. 96: 1766–1772.

6. Clark, D.R., C.J. Green, V.G.Allen and C. P. Brown. 1999. Influence of salinity in irrigation water on forage sorghum and soil chemical properties. Journal of plant Nutrition,22(12):1905-1920.

7. Croser, C., S. Renault, J. Franklin and J. Zwiazek. 2001. The effect salinity on the emergence and seedling growth of *piceamorian, picceaglausa and pinusbanksiana*. Environ. Poll. 115:6-16.
8. Feizi, M., Hajabbasi, M. A., Mostafazadeh-fard, B. 2010. Saline irrigation water management strategies for better yield of safflower (Carthamustinctorius L.) in an arid region: Australian Journal of Crop Science (AJCS) 4(6): 408-414.
9. Gheysari, M., Mirlatifi, S.M., Homaee, M., Asadi, M.E., Hoogenboom, G., 2009.Nitrate Leaching in a Silage Maize Field under Different Irrigation and Nitrogen Fertilizer Rates.*Agricultueal.Water Management. 96(6),: 946-954.*
10. Gianquinto, G., Sambo, P and F. Pimpini. 2003. The use of SPAD-502 chlorophyllmeter for dynamically optimising the nitrogen supply in potato crop. *first results ActaHorticulturae,* 627: 225-230.
11. Gronewald, J.W, Suhayda, C.G., Tal, M. and Shannon, M.C. 1990. Reduction in plasma memberane ATPase activity of tomato roots by salt stress. Plant Sci. 66:145-153.
12. Hu, Y.C., Schmidhalter, U., 2005. Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plants. J. Plant Nutr. Soil Sci. 168, 541–549.
13. Huang C.H., Zong L., Buonanno M., Xue X., Wang T., Tedeschi A. 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.
14. Janzen, H, H. 1988. Comparison of barley growth in naturally and artificially salinized soil. Canadian Journal of Soil Science 68:795-798.
15. Kafkafi, U., Siddiqi, M. Y. Ritchie, R. J. Glass, A.D.M, and Ruth, T.J. (1992).Reduction of nitrate (13NO3) influxand nitrogen (13N) translocation by tomato and melon varieties after short exposure to calcium and potassium chloride salt. J. P*lant Nutr.* 15:959-975.
16. Kaman, H., Çetin, M., Kirda, C., 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.*
17. Kang Y., Chen M., Wan S. 2010. Effects of drip irrigation with saline water on waxy maize (Zea mays L. var. ceratinaKulesh) in North China Plain: Agric. Water Manage. 97: 1303–1309.
18. Lamsal, K., G.N. Paudyal and M. Saeed. 1999. Model for assessing impact of salinity on soil water availability and crop yield. Agr. Water Manage. 41: 57-70.
19. Leone A. P., Menenti M., Buondonno A., Letizia A., Maffei C., Sorrentino G. 2007. A field experiment on spectrometry of crop response to soil salinity: Agric. Water Manage. 89: 39-48.
20. Morgan, C.L.S., J.M. Norman, R.P. Wolkowski, B. Lowery, G.D. Morgan, and R. Schuler. 2001. Two Approaches to Mapping Plant Available Water: EM-38 Measurements and Inverse Yield Modeling [CD-ROM]. In: P.C. Robert et al. (ed.) Precision Agriculture. Proc. Int. Conf., 5th, Minneapolis, MN. 16–19 July 2000. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.Maggio, 2004.
21. Netondo, G.F., Onyango, J.C., Beck, E., 2004. Sorghum and salinity: II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress.*Crop Science. 44: 806–811.*
22. Parida, A. K. and A. B. Das. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. Ecotoxicol. Environ. Safety 60:324-349.

23. Pazira, E. and Homaee, M. 2003. Saltaffected resources in Iranian extension and reclamation. Proceeding of Agriculture and Saving Water for Sustainable Land and Water Resources Application, Yanglink, China
24. Rodriguez, I. R. and L. M. Grady. 2000. Using a chlorophyll meter to determine the chlorophyll concentration nitrogen concentration and visual quality of St. Austinne grass. *Horticulture Science,* 35: 751-754.
25. Sairam, P. K. and Tyagi, A. (2004). Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. A review.Current Science. 86:407-421.
26. Sanchez A., Romero-Aranda R., Cuartero J. 2005. Plant water uptake and water use efficiency of greenhouse tomato cultivars irrigated with saline water: Agric. Water Manage. 78: 54-66.
27. Sato S, Sakaguchi. S, Furukawa. H., Ikeda. H. 2006. Effect of NaCl application to hydroponic nutrient solution on fruit characteristics of tomato (Lycopersiconesculentum mill.).Science Horticulture.109,248-253.
28. Seilsepour, M., andMajidRashidi., 2008. Modeling of soil sodium adsorption ratio based on soil electrical conductivity.*ARPN Journal of Agricultural and Biological Science.3(5):27-31.*
29. Shani, U., Ben-Gal, A., 2005. Long-term response of grapevines to salinity: *osmotic effects and ion toxicity. Am. J. Enol. Vitic. 56 (2): 148–154.*
30. Sharpley, A. N., Meisinger, J ,J., Power, J. F., and Suarez, D. L. (1992)Root *extraction of nutrients associated with long-term soil management. In:* stewart, B. (ed), Advances in Soil Science ,vol. 19. Springer, PP.151-217.
31. Skaggs, T.H., Poss, J.A., Shouse, P.J., Grieve, C.M., 2006. Irrigating forage crops with saline waters: 1. Volumetriclysimeter studies. *Vadose Zone J. 5: 815–823.*
32. Sumner M.E. 1993. Sodic soils: new perspectives. *Australian Journal of Soil Research. 31: 683-750.*
33. Szabolcs, I. 1989. Salt-affected soils. *CRC Press, Inc. Boca Raton, Fla., 274 p.*
34. Tripler, E., Ben-Gal, A., Shani, U., 2007.Consequence of salinity and excess boron on growth, evapotranspiration and ion uptake in date palm *(Phoenix dactylifera L., cv. Medjool).Plant Soil. 297: 147–155.*
35. Valentia, G. S., Melone, L., Oris, O and Riveros, F.. 1992. *Annals of Botany, 70, 399.*
36. Wan S., Kang Y., Wang D., Liu S., Feng L. 2007. Effect of drip irrigation with saline water on tomato (Lycopersiconesculentum Mill) yield and water use in semi-humid area: Agric. Water Manage. 90: 63–74.
37. Wan S., Kang Y., Wang D., Liu S. 2010. Effect of saline water on cucumber (Cucumissativus L.) yield and water use under drip irrigation in North China: Agric. Water Manage. 98: 105–113.