مدیریت آب و آبیاری
دوره ۹ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۸
صفحه‌های ۱۴-۱

بررسی میزان جذب آب و عملکرد ذرت علوفه‌ای در شرایط مختلف تلفیق آب شور و غیر شور

مریم مرزی[۱]، فرهاد میرزایی[۲*]، عبدالمجید لیاقت[۳]
۱. دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲. دانشیار، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۳. استاد، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۲/۲۸

چکیده
با توجه به مسأله کمبود آب و افزایش تقاضا برای مصرف آب و وجود حجم بالایی از منابع آب شور و لب‌شور در کنار منابع آب با کیفیت، مدیریت تلفیق آب شور و غیر شور برای تولید محصولات کشاورزی به‌عنوان راهکاری برای حفظ آب در شرایط کم‌آبی مطرح می‌باشد. در این مطالعه، تأثیر اعمال تنش شوری موضعی ریشه بر میزان جذب آب و عملکرد ذرت علوفه‌ای به‌صورت لایسیمتری و در گلخانه بررسی شد. آزمایش با پنج تیمار آبیاری شامل ۱- بدون تنش شوری یا شاهد (کاربرد آب با کیفیت)، تنش شوری در تمام محیط ریشه، ۲- اختلاط آب شور و غیر شور، ۳- آبیاری دوره‌ای با آب با کیفیت و شور، تنش شوری در نصف محیط ریشه (با وجود تیغه نازک جداکننده)، ۴- شوری موضعی ثابت ریشه و ۵- شوری موضعی متناوب ریشه، در سه تکرار در قالب طرح کامل تصادفی انجام شد. نتایج نشان داد که تفاوت در میزان جذب تجمعی آب در سطح آماری ۱ درصد، میزان سطح و حجم ریشه در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار بود. در تیمار اختلاط، بیش‌ترین جذب تجمعی آب (۳۳۳/۸ میلی‌متر) و بیوماس تر (۴۵/۷ تن در هکتار) و کم‌ترین تنش شوری (K_s=۰/۸۹) مشاهده شد. در تیمار شوری موضعی متناوب ریشه، کم‌ترین میزان جذب تجمعی (۲۴۴/۰ میلی‌متر) و بیوماس تر و خشک (۳۴/۹ و ۱۱/۳ تن در هکتار) و بیش‌ترین تنش شوری (K_s=۰/۶۵) مشاهده شد. با توجه به کمبود منابع آب و پایین آمدن کیفیت آب موجود در شرایط خاص به‌جای تنش خشکی، می‌توان از تنش شوری با استفاده از منابع آب شور (زه‌آب تولیدشده در پروژه‌ها و طرح‌های آبیاری و زهکشی) موجود در کنار منابع آب با کیفیت، استفاده کرد.

کلیدواژه‌ها: آبیاری موضعی ثابت و متناوب، تلفیق آب شور و غیر شور، جذب تجمعی، ذرت، لایسیمتر.

Investigation of water absorption and yield of silage corn in different conditions of saline and non saline water

Maryam Marzi[1], Farhad Mirzaei[2*], Abdolmajid Liaghat[3]
1. Ph.D. Student in Irrigation and Drainage, Department of Irrigation and Drainage Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
2. Associate Professor in Irrigation and Drainage, Department of Irrigation and Drainage Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
3. Associate Professor in Irrigation and Drainage, Department of Irrigation and Drainage Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
Received: February 23, 2019 Accepted: May 18, 2019

Abstract
Regarding the problem of water scarcity and increasing demand for water and water supply problems and the high volume of saline water sources along with fresh water resources, the management of salt and sweet water for agricultural production as a way to preserve water In conditions of water shortage. In this study was evaluated the effect of Partial Root-Zone Salinity Stress on the water uptake in silage corn in lysimeter in a greenhouse. The experiment with five treatments including: 1-No stress, control; Salinity stress in all root, 2- Mix, 3- Interval, Salinity stress in half of the root (despite the thin blade),4-Fixed Partial Root-zone Salinity-stress, 5- Alternative Partial Root-zone Salinity-sress in three replications in a complete randomized design. The results showed that the cumulative uptake, root area and root volume were significant at 5% level. In the Mix treatment, the highest accumulation (333.8 mm) and wet biomass (45.7 t/ha) and lowest salinity stress coefficient (Ks=0.89) were observed. In the Alternative Partial Root-zone Salinity-sress treatment, the lowest cumulative uptake (244.0 mm) and wet and dry biomass (34. 9 and 11. 3 ton/ha) and the highest salinity stress coefficient (K_S=0.65) were observed. Due to the lack of water resources and the lowering of the quality of water in certain conditions, instead of drought stress, It is possible to use salinity stresses using saline water sources (Drainage water produced in irrigation and drainage projects and projects) along with quality water sources.

Keywords: Conjunction Saline and Non saline water, Corn, Cumulative uptaker, Fixed and Alternative Partial Irrigation, Lysymete.

* نویسنده مسئول
Email: fmirzaei@ut.ac.ir

مقدمه

تخصیص بهینه منابع آب به مصارف مختلف مخصوصاً کشاورزی، و امنیت غذایی از مهم‌ترین چالش‌های مطرح در دنیا است. ذرت از نظر تولید بعد از گندم و برنج، سومین محصول در میان غلات است. ذرت در ایران نیز جزو محصولات عمده قرار دارد و توسعه کشت آن از نظر تأمین غذای دام و طیور از اهمیت زیادی برخوردار است. در شرایطی که کشور به‌شدت از لحاظ کمبود منابع آب با کیفیت رنج می‌برد و در درازمدت این مسأله به‌صورتبه‌صورت جدی مطرح است، یکی از مؤثرترین راهکارهای مقابله با بحران آب و افزایش کمی و کیفی تولیدات بخش کشاورزی، توجه جدی به کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری آب کشاورزی است (۴).

کشور ایران از نظر اقلیمی از جمله کشورهای با اقلیم خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. با در نظر گرفتن شرایط منابع آبی و خاکی کشور، عملکرد محصولات زراعی از تنش‌های شوری و خشکی متأثر می‌باشد. کمبود آب و شوری خاک در مناطق خشک دو عامل مهم محدودکننده تولیدات کشاورزی هستند. تأثیر توأم تنش شوری و کم‌آبی بر روی جذب آب و به تبع آن بر روی عملکرد محصولات در یک مکان خاص به نوع گیاه، تناوب آبیاری، خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک، اقلیم و کیفیت آب آبیاری وابسته است (۱۶). شوری و تنش آبی، جذب آب و مواد غذایی را کاهش می‌دهند. در مناطق خشک و نیمه‌خشک، معمولاً شوری و تنش کمبود آب بر گیاهان تأثیرگذار است (۱۴، ۸، ۵ و ۲۷). با توجه به سهم عظیم مصرف آب در کشاورزی ایران، انتخاب و به‌کارگیری هر راهکاری در بهینه‌سازی مصرف آب شایان توجه است.

کم‌آبیاری عبارت است از یک تکنیک فنی و مهندسی جهت تأمین آب مورد نیاز گیاهان فاریاب، به‌طوری‌که حداکثر استفاده از واحد حجم آب (در شرایط کمبود منابع) و یا از واحد اراضی (در شرایط محدودیت زمین) به‌دست آید و حداکثر سود حاصل شود (۱۹). از روش‌های نوین آبیاری می‌توان به روش‌های کم‌آبیاری تنظیم شده (RDI)[1] و خشکی موضعی ریشه (PRD)[2] اشاره نمود (۹، ۲۶ و ۲۹).

خشکی موضعی ریشه، روشی جدید در آبیاری است که باعث بهبود راندمان مصرف آب شده و در عین حال، اثر کاهشی چندانی بر عملکرد ندارد (۲۸). در مزرعه با روش آبیاری شیاری و جوی‌پشته‌ای می‌توان این روش را در عمل اجرا نمود. با این روش، کاهش مصرف آب تا یک‌سوم در هر آبیاری امکان‌پذیر است. آبیاری سریع‌تر انجام می‌گیرد و هزینه‌های دستمزد آبیاری پایین می‌آید و کل آب مصرفی در فصل رشد کاهش می‌یابد. سطح خیس شده خاک خیلی کم‌تر است و لذا اتلاف از طریق تبخیر نیز کاهش می‌یابد. این امر می‌تواند عامل اساسی در کاهش مصرف آب باشد (۲۵). در تیمار آبیاری متناوب با آب شور (۱۰/۵ دسی زیمنس بر متر) و آب غیر شور عملکرد ذرت به مراتب بیش‌تر از تیمار آبیاری با آب شور می‌باشد (۲۴). استفاده تناوبی یک‌درمیان از آب شور و غیر شور (۱۲ و ۰/۶ دسی زیمنس بر متر) در عملکرد محصول گندم بهتر از اختلاط آنهاست (۲۳). در خشکی موضعی متناوب ریشه طی یک سیکل زمانی، با تعویض بخش‌های مرطوب و خشک، بهترین توزیع آب در محیط ریشه درخت انگور ایجاد می شود و بدون کاهش قابل‌توجه در میزان محصول، باعث افزایش بازده آبیاری می‌گردد (۱۳ ، ۱۵ و ۳۱).

مطالعات نشان داده است که وجود هر یک از تنش‌های شوری و خشکی، جذب آب را توسط گیاه کاهش می‌دهند و وجود هر دو با هم، این کاهش را تشدید می‌کنند (۸). استفاده از آب‌های شور، مستلزم رعایت مدیریت‌های خاصی در مزرعه می‌باشند. یکی از

1. Regulated deficit irrigation
2. Partial Root-zone Drying

راهکارهای کاهش اثرات شوری آب در مناطق خشک، ترکیب آب شور و غیر شور و کشت گیاهانی مقاوم برای تولید عملکرد مناسب اقتصادی است. آبیاری با آب شور باعث افزایش میزان شوری خاک و آب زهکشی‌شده از زیر منطقه توسعه ریشه‌ها و همچنین سمیت ناشی از تجمع کلر و سدیم در گیاه و کاهش تبخیر و تعرق و در نتیجه کاهش عملکرد گیاه می‌گردد (۲۲).

منابع آب شور و غیر شور ممکن است به‌طور توأمان در دسترس کشاورز قرار گیرند که در این شرایط، مدیریت صحیح این دو منبع آب آبیاری باعث بهبود بهره‌وری آب خواهند شد. از مدیریت‌های مهم در استفاده از آب شور و غیر شور، کاربرد تلفیقی می‌باشد. استفاده تلفیقی را می‌توان به‌صورتبه‌صورت توسعه و مدیریت هماهنگ با منابع آب با کیفیت‌های مختلف تعریف کرد، به‌گونه‌ای که عملکرد محصولات در کل سیستم و طی یک دوره خاص، از مجموع عملکرد تک‌تک محصولات هنگام کاربرد منابع آب به‌صورتبه‌صورت مجزا بیش‌تر شود. همچنین با توجه به نوع گیاه و مرحله رشد آن و تحمل به شوری در هر مرحله گیاهی، آب‌های غیر شور و شور ممکن است به‌صورتبه‌صورت دوره‌ای نیز مصرف شوند (۱۱).

توزیع ریشه بر جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاه مؤثر است. بنابراین تشخیص عوامل محدودکننده رشد ریشه و اطلاع از چگونگی توسعه و تشخیص نوع عکس العمل آن در پاسخ به تغییرات محیطی امری ضروری در راستای افزایش جذب آب و عناصر غذایی از خاک و به‌دنبال آن، افزایش عملکرد محصول محسوب می‌گردد (۲۰ و ۲۱). سه نظریه آبیاری دوره‌ای (آبیاری دوره اولیه رشد که نسبت به شوری حساس است با آب غیر شور و بقیه مراحل رشد با آب شور)، یک‌درمیان (آبیاری با آب شور و غیر شور به‌صورت یک‌درمیان) و مخلوط آب شور و غیر شور توسط لیاقت و اسماعیلی مطالعه شده است. در این روش نصف آب مورد نیاز ابتدا با آب شور و نصف دیگر با آب غیر شور تأمین می‌شود. با این مدیریت آبیاری، خاک ابتدا با آب شور مرطوب شده و درز و شکاف‌های آن بسته می‌شود و نفوذ عمقی از آب شور صورت می‌گیرد، سپس نصف دیگر آب مورد نیاز با آب با کیفیت به گیاه داده می‌شود (۷).

در این تحقیق تیمارهای مدیریتی تلفیق آب شور و غیر شور، شامل اختلاط، تلفیق دوره‌ای، تلفیق موضعی ثابت ریشه (آبیاری نصف ریشه با آب شور و نصف دیگر با آب غیر شور به‌طور ثابت در طول دوره رشد) و تلفیق موضعی متناوب ریشه (آبیاری نصف ریشه با آب شور و نصف دیگر با آب غیر شور و جابه‌جایی آب شور و غیر شور در آبیاری بعدی) بر میزان جذب آب توسط ذرت علوفه‌ای مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در سال ۱۳۹۷-۱۳۹۶ (تیرماه تا آبان‌ماه ۹۶) روی گیاه ذرت علوفه‌ای (رقم سینگل کراس ۷۰۴) (با آستانه تحمل به شوری خاک و آب آبیاری ۱/۷ و ۱/۱ دسی‌زیمنس بر متر) در گلخانه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام شد. موقعیت جغرافیایی محل آزمایش ۵۰ درجه و ۵۹ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۳۷ متر است. در منطقه مورد مطالعه، در طی دوره کشت، به‌ترتیب بالاترین، متوسط و پایین‌ترین دما (۳۱/۱، ۲۳/۵ و ۱۵/۹ درجه سانتی‌گراد)، رطوبت (۵۹/۰، ۳۵/۳ و ۱۷/۳ درصد) است. بافت خاک سیلتی کلی لوم است. چگالی ظاهری خاک ۱/۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب و رطوبت خاک در ظرفیت زراعی ۲۴/۸ درصد وزنی می‌باشد. بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در لایسیمترها

بافت	چگالی ظاهری (گرم بر سانتی‌مترمکعب)	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	Ec (ds/m)	pH	آنیون‌ها (meq/lit)		کاتیون‌ها (meq/lit)		
							HCO-3	Cl^-	Mg^{++} Ca^{++}	Ca^{++}	Na^+
سیلتی کلی لوم	۱/۳	۱۹/۵	۵۱/۹	۲۸/۶	۰/۵۶	۷/۸۱	۸/۸۲	۵/۶۶	۳/۱۸	۱۸/۳۱	۲/۷۶

نحوه انجام آزمایش

از خاک زراعی مزرعه آموزشی پردیس کشاورزی دانشگاه تهران، ۳۵ کیسه خاک به گلخانه منتقل و از الک (۶ میلی‌متر برای جداکردن کلوخه‌ها و سنگ‌های بزرگ) رد شد (شکل ۱). لایسیمترهایی، معادل با حجم خاک اشغال شده توسط هر بوته ذرت در مزرعه، به‌ترتیب با قطر ۴۰ و ارتفاع ۷۰ سانتی‌متر آماده‌سازی شد. از تیغه عمودی نازک (از جنس پلکسی گلاس شفاف به قطر ۴ میلی‌متر)، برای جداکردن کامل خاک دو سمت لایسیمتر و جلوگیری از انتقال آب با شوری‌های مختلف بین دو سمت ریشه در تیمارهای شوری موضعی ریشه استفاده شد. جهت خروج زه‌آب در هر طرف تیغه در ته لایسیمتر سوراخی ایجاد شد. تیغه در کارگاه طوری برش داده شد که دقیقاً منطبق بر اندازه‌های داخل لایسیمتر باشد. محل اتصال تیغه به دیواره داخلی لایسیمتر با چسب آکواریوم به خوبی آب‌بندی شد که آب از یک قسمت به قسمت دیگر انتقال پیدا نکند. گلدان نشا در قسمت وسط و بالای تیغه قرار داده شد تا تقسیم ریشه در دو طرف تیغه به‌طور طبیعی و یکنواخت صورت گیرد. شکل (۲) نمونه‌ای از قرارگیری گلدان نشا در وسط تیغه جداکننده در لایسیمتر را نشان می‌دهد.

(الف)

(ب)

(ج)

(د)

شکل ۱. الف) الک خاک بعد از انتقال از زمین به گلخانه، ب) آب‌بندی تیغه جداکننده و تعبیه زهکش، ج) آرایش تیمارها و د) قرارگیری گلدان نشا در وسط تیغه جداکننده

(ب)

(الف)

شکل ۲. الف) نمونه‌ای از انتقال نشا به لایسیمتر، ب) تیمارهای آزمایشی

تیمارهای آزمایش

آزمایش با پنج تیمار، ۱- شاهد: آبیاری تمام محیط ریشه (بدون تیغه جداکننده) با آب با کیفیت (۱ دسی‌زیمنس بر متر) و دو تیمار آبیاری تمام محیط ریشه (بدون تیغه جداکننده) با تلفیق آب شور و غیر شور شامل: ۲- تیمار اختلاط: آبیاری تمام محیط ریشه با مخلوط آب شور و غیر شور (۴ دسی‌زیمنس بر متر) ۳- تیمار دوره‌ای: آبیاری تمام محیط ریشه، در نصف دوره رشد گیاه با آب غیر شور و بقیه دوره رشد با آب شور (۷ دسی‌زیمنس بر متر) و دو تیمار آبیاری نصف محیط ریشه (با تیغه جداکننده) با تلفیق موضعی آب شور و غیر شور در دو سمت ریشه، شامل: ۴- تیمار شوری موضعی ثابت ریشه (FPRS)[1]: آبیاری نصف محیط ریشه با آب شور و نصف دیگر محیط ریشه با آب غیر شور به‌طور ثابت و ۵- تیمار شوری موضعی متناوب ریشه (APRS)[2]: آبیاری نصف محیط ریشه با آب شور و نصف دیگر محیط ریشه با آب غیر شور و جابه‌جایی آب شور و غیر شور در آبیاری بعدی، در قالب طرح کامل تصادفی در سه تکرار انجام گردید.

پارامترهای اندازه‌گیری‌شده

درصد رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری در هر تیمار با دستگاه TDR[3] اندازه‌گیری شد. از تفاضل درصد رطوبت، قبل از آبیاری و رطوبت ظرفیت زراعی و ضرب آن در مساحت سطح خاک و ارتفاع ریشه گیاه ذرت کامل (۵۶ سانتی‌متر)، حجم آب آبیاری در تیمار شاهد محاسبه شد و معیار آبیاری در سایر تیمارها قرار گرفت. فواصل آبیاری با توجه به حداکثر تبخیر و تعرق و نیاز آبی گیاه ذرت به‌صورت هر هفت روز یک‌بار تعیین شد. حجم آب ورودی در همه تیمارها یکسان در نظر گرفته شد، با این تفاوت که در تیمارهای تلفیق آب شور و غیر شور، نصف حجم آبیاری با آب غیر شور و نصف دیگر با آب شور (۷dS/m) آبیاری شد. برای تخمین تبخیر در گلخانه، بشر یک لیتری در سطح باز گلخانه قرار داده شده و به‌صورت هفتگی قرائت صورت گرفت که بسته به دما و رطوبت هوا، ۱۰۰ تا ۳۰۰ سی‌سی در هفته ثبت شد. میزان جذب توسط ریشه (برحسب میلی‌متر) در فاصله بین دو آبیاری در این تحقیق از رابطه (۱) محاسبه و میزان جذب تجمعی (میلی‌متر) در کل دوره رشد گیاه ذرت، برای هر یک از تیمارهای مدیریتی محاسبه شد (۶).

رابطه (۱) $\text{میزان جذب} = (\boldsymbol{\theta}\text{FC}-\boldsymbol{\theta}\text{i}) \times \text{Drz}$

که در آن Drz: عمق خاک، $\boldsymbol{\theta}\text{FC}-\boldsymbol{\theta}\text{i}$: تفاضل درصد رطوبت خاک قبل از آبیاری و نقطه ظرفیت زراعی می‌باشد.

ضریب تنش شوری، پس از محاسبه میزان جذب، از

1. Fixed Partial Root-Zone Salinity-Stress
2. Alternative Partial Root-Zone Salinity-Stress
3. Time Domain Reflectometry

تقسیم میزان جذب در تیمار موردنظر نسبت به میزان جذب تیمار شاهد محاسبه شد (۱۰). عملکرد یا بیوماس تر و خشک قسمت هوایی گیاه با استفاده از وزن کردن قسمت هوایی گیاه بعد از برداشت و خشک‌شدن آن در آون در دمای ۷۰ درجه به‌دست آمد. اجزای عملکرد شامل خصوصیات قسمت هوایی گیاه (ارتفاع ساقه) در طول دوره رشد و خصوصیات ریشه (حجم، سطح، طول و وزن) در پایان کشت و بعد از برداشت قسمت هوایی گیاه، با بریدن لایسیمترها و شستن خاک اطراف ریشه‌ها در هر تیمار تعیین شد (شکل ۳).

(الف)

(ب)

شکل ۳. ریشه پس از شسته شدن در حالت:
الف) بدون تیغه، ۲) با تیغه جداکننده

خصوصیات ریشه‌ها شامل: طول بلندترین ریشه با خط‌کش بر حسب سانتی‌متر، بیوماس (وزن کل) ریشه با ترازو برحسب گرم، حجم ریشه‌ها از تفاضل سطح آب در استوانه مدرج برحسب سی‌سی، طول ریشه‌ها با استفاده از رابطه (۲) و مساحت سطح ریشه‌ها به‌روش اتکینسون با استفاده از رابطه (۳) برحسب سانتی‌متر مربع تعیین شد (۶). داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS تحلیل شدند و میانگین‌ها با آزمون LSD مقایسه شدند.

$L=۰/۸۹\times M$ رابطه (۲)

$A = ۰/۵ \wedge \{\pi LV\} \times ۲$ رابطه (۳)

که در این روابط L، طول ریشه‌ها (سانتی‌متر) و M وزن خشک ریشه‌ها (میلی‌گرم)، A سطح ریشه‌ها (سانتی‌متر مربع)،V حجم ریشه‌ها (سی‌سی) می‌باشد.

نتایج و بحث

میزان جذب تجمعی

جدول (۲) نتایج تجزیه واریانس میزان جذب تجمعی در کل دوره رشد (از زمان اعمال تیمارهای شوری) را نشان می‌دهد. میزان جذب تجمعی در کل دوره رشد، در تیمارهای مختلف از نظر آماری در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد. جدول (۳) نتایج مقایسه میانگین جذب تجمعی در کل دوره رشد را نشان می‌دهد. تیمار شاهد (۳۷۴/۸ میلی‌متر)، بیش‌ترین مقدار جذب تجمعی و تیمار شوری موضعی متناوب ریشه (۲۴۴/۰ میلی‌متر)، کم‌ترین مقدار را به خود اختصاص دادند و سه تیمار تلفیقی: مخلوط (۳۳۳/۸ میلی‌متر)، شوری موضعی ثابت ریشه (۳۲۸/۰ میلی‌متر) و دوره‌ای (۲۹۶/۵ میلی‌متر) در بین مقادیر حداکثر و حداقل قرار گرفتند. با توجه به این‌که جذب آب توسط ریشه برابر با میزان تعرق گیاه می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت که در هنگام استفاده تلفیقی از آب شور و با کیفیت، بدون کاهش چشم‌گیر عملکرد محصول، می‌توان از این سه روش تلفیق استفاده کرد و این به مثابه صرفه‌جویی در مقدار آب با کیفیت است.

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس میزان کل جذب تجمعی

منبع تغییرات	درجه آزادی	جذب تجمعی (میلی‌متر)
تکرار	۲	۲۱/۸۶ ns
تیمار	۴	۳۶۳/۴۱**
خطا	۸	۸/۳ ns

جدول ۳. نتایج مقایسه میانگین میزان کل جذب تجمعی

تیمار	تکرار	جذب تجمعی (میلی‌متر)
شاهد	۳	a۳۷۴/۸
مخلوط	۳	b۳۳۳/۸
دوره‌ای	۳	c۲۹۶/۵
شوری موضعی ثابت ریشه	۳	b۳۲۸/۰
شوری موضعی متناوب ریشه	۳	d۲۴۴/۰

ضریب تنش شوری (Ks)

ضریب تنش شوری از تقسیم تبخیر و تعرق تیمار تنش به تبخیر و تعرق تیمار شاهد (بدون اعمال تنش شوری) به دست می‌آید. ضریب تنش شوری، ضریبی بین صفر و یک است، که مقدار یک بیانگر جذب ۱۰۰ درصد در شرایط بدون تنش و مقدار صفر بیانگر جذب صفر در شرایط تنش شوری شدید می‌باشد (۱۰). مقادیر ضریب تنش شوری در تیمار شاهد برابر با یک و در تیمارهای مدیریتی تلفیق آب شور و غیر شور، به‌ترتیب نزولی مربوط به تیمار مخلوط (۰/۸۹)، شوری موضعی ثابت ریشه (۰/۸۸)، شوری موضعی متناوب ریشه (۰/۶۵) می‌باشند. از بین روش‌های تلفیق آب شور و غیر شور، مقدار Ks در تیمار شوری موضعی متناوب ریشه کم‌ترین مقدار (بیش‌ترین تنش وارده به گیاه) و در تیمار مخلوط بیش‌ترین مقدار (کم‌ترین تنش) را به خود اختصاص داد. با توجه به حساسیت زیاد اکثر گیاهان زراعی نسبت به شوری در مراحل حساس رشد مانند گلدهی و ظهور بلال (مقاومت به شوری کم)، دو تیمار تلفیق مخلوط و شوری موضعی ثابت ریشه نسبت به تیمار تلفیق دوره‌ای وضعیت بهتری دارند.

اجزای عملکرد گیاه ذرت

جدول (۴) نتایج تجزیه واریانس برخی از پارامترهای عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که تفاوت طول بلندترین ریشه، حجم و سطح ریشه‌ها در تیمارهای مختلف مدیریتی تلفیق در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار بوده و بیوماس تر و خشک قسمت هوایی گیاه، ارتفاع گیاه، تعداد ریشه، بیوماس تر و خشک ریشه از نظر آماری معنی‌دار نشدند. حسن لی و همکاران، نشان دادند که علی‌رغم استفاده از آب غیرشور به میزان ۵۰٪ در تیمارهای کاربرد یک‌درمیان آب شور و غیر شور در آبیاری، کاهش عملکرد ذرت معنی‌دار نبوده است (۳). یازار و همکاران، واکنش عملکرد ذرت به شوری آب آبیاری با سطوح (۰/۵، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) در شرایط خشک و نیمه‌خشک را در ترکیه بررسی کردند. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری در عملکرد دانه، مقدار ماده خشک، کارایی آب مصرفی، وزن هزار دانه و شاخص برداشت در این سطوح شوری وجود ندارد (۳۰). این یافته با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. جدول (۵) نتایج مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد مربوط به تیمارهای مدیریتی تلفیق آب شور و غیر شور را نشان می‌دهد.

بیوماس تر قسمت هوایی گیاه در تیمار شاهد، ۴۷/۷ تن در هکتار به‌دست آمد. بیوماس تر در تیمارهای مدیریتی تلفیق به‌ترتیب نزولی مربوط به تیمار مخلوط (۴۵/۷ تن در هکتار)، دوره‌ای (۴۲/۷ تن در هکتار)، شوری موضعی ثابت (۳۹/۹ تن در هکتار) و متناوب ریشه (۳۴/۹ تن در هکتار) می‌باشند که نسبت به تیمار شاهد ۴ ،۱۰، ۱۶ و ۲۷ درصد کاهش را نشان دادند. از بین روش‌های تلفیق، روش مخلوط، بیوماس تر بیش‌تری را تولید کرد و کم‌ترین مقدار بیوماس تر در تیمارهایی که از تیغه جداکننده برای جداکردن ریشه استفاده شد (تیمارهای شوری موضعی ریشه) به‌دست آمد.

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد (قسمت هوایی گیاه و خصوصیات ریشه)

منبع تغییرات	درجه آزادی	بیوماس تر (گرم)	بیوماس خشک (گرم)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	طول بلندترین ریشه (سانتی‌متر)	حجم ریشه (سی‌سی)	سطح ریشه‌ها (سانتی‌مترمربع)	تعداد ریشه	بیوماس تر ریشه (گرم)	بیوماس خشک (گرم)
تکرار	۲	۱۵۰۲۴/۸ns	۵۳۶۱/۹ns	۸۶/۸ns	۴۳/۷۲ns	۵۳۹/۱ns	۱۱۰۱۲۷۱۶/۹ns	۴۵/۸ns	۱۸۵۶/۵ns	۱۳۳۷/۰*
تیمار	۴	۱۳۹۳/۷ns	۶۳۳۳/۱ns	۳۲۱/۴ns	۴۰۱/۲*	۱۲۶۱/۵*	۱۲۱۴۴۷۴۵/۴*	۳۵/۱ns	۶۶۵۹/۶ns	۹۳۰/۹۱ns
خطا	۸	۶۵۰۹/۳ns	۴۲۲۵/۳ns	۳۲۸/۵ns	۱۱۲/۴ns	۳۲۷/۸ns	۳۲۵۵۴۲۹/۷ ns	۳۳/۸ns	۵۵۲۷/۵ns	۳۰۵/۲ ns

جدول ۵. نتایج مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد (قسمت هوایی گیاه و خصوصیات ریشه)

تیمار	تکرار	بیوماس تر هوایی گیاه (تن در هکتار)	بیوماس خشک هوایی گیاه (تن در هکتار)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	طول بلندترین ریشه (سانتی‌متر)	حجم ریشه‌ها (سی‌سی)	سطح ریشه‌ها (سانتی‌متر مربع)	تعداد ریشه	بیوماس تر (گرم)	بیوماس خشک (گرم)
Control	۳	۴۷/۷a	۱۹/۸a	۲۴۸/۳a	۱۰۹/۰a	۸۶/۷a	۷۴۹۹/۰a	۳۱/۳a	۲۷۸/۸a	۵۹/۱a
MIX	۳	۴۵/۷ab	۱۶/۳a	۲۵۳/۷a	۱۰۷/۳a	۵۵/۰b	۵۱۶۰/۱ab	۲۹/۷a	۱۹۰/۴a	۴۵/۶ab
دوره‌ای	۳	۴۲/۷ab	۱۳/۶a	۲۵۲/۰a	۱۰۳/۳ab	۵۶/۷ab	۴۶۷۹/۰ab	۲۴/۳a	۱۸۴/۵a	۳۵/۱ab
FPRS	۳	۳۹/۹ab	۱۸/۱a	۲۴۲/۳a	۸۴/۶۷b	۶۰/۰ab	۴۳۱۳/۰ab	۳۰/۳a	۱۶۶/۶a	۲۸/۳ab
APRS	۳	۳۴/۹b	۱۱/۳a	۲۴۲/۰a	۸۷/۰b	۳۰/۵b	۱۸۴۷/۰b	۲۴/۰a	۹۸/۶a	۱۰/۰b

از بین روش‌های شوری موضعی ثابت و متناوب ریشه، شوری موضعی متناوب ریشه مقدار بیوماس تر کم‌تری را به خود اختصاص داد. در تیمار متناوب، تنش شوری به هر دو سمت ریشه‌های گیاه وارد شد که باعث کاهش وزن تر کل قسمت هوایی گیاه گردید. کانگ و همکاران اثرات آبیاری با آب شور را بر ذرت مومی در شمال چین بررسی کردند. نتایج نشان داد که به‌ازای هر دسی‌زیمنس بر متر افزایش شوری آب آبیاری، ارتفاع، وزن خشک و وزن تر ذرت مومی در زمان تنک‌کردن به میزان دو درصد کاهش یافت (۱۸).

بیوماس خشک قسمت هوایی گیاه در تیمار شاهد، ۱۹/۸ تن در هکتار به‌دست آمد. بیوماس خشک در تیمارهای مدیریتی تلفیق به‌ترتیب نزولی مربوط به تیمار شوری موضعی ثابت ریشه (۱۸/۱ تن در هکتار)، مخلوط (۱۶/۳ تن در هکتار)، دوره‌ای (۱۳/۶ تن در هکتار) و شوری موضعی متناوب ریشه (۱۱/۳ تن در هکتار) می‌باشند که نسبت به تیمار شاهد ۹، ۱۸، ۳۱ و ۴۳ درصد کاهش را نشان دادند. با توجه به این که هدف در این تحقیق، تولید ذرت علوفه‌ای است، لذا می‌توان در شرایطی که کیفیت آب مناسب نیست، با قبول درصد جزئی کاهش در میزان بیوماس خشک قسمت هوایی گیاه، از روش شوری موضعی ثابت ریشه، برای تغذیه دام استفاده نمود. همچنین در تحقیقات مشابه مانند لیاقت و اسماعیلی، مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای اختلاط و یک‌درمیان آبیاری با آب شور و غیر شور، در میزان ماده خشک برای محصول ذرت دانه‌ای وجود نداشت (۷). حسن پور درویشی و همکاران نشان دادند که در گیاه سورگوم، تیمار آبیاری نیم درمیان (در هر نوبت آبیاری، نیمی از آبیاری با آب شور (۷/۳ دسی‌زیمنس بر متر) و نیمی دیگر بلافاصله پس از نفوذ نیمه اول با آب غیر شور آبیاری شد) با استفاده از آب شور و غیر شور، کارایی مصرف آب بهتری نسبت به تیمارهای یک درمیان و مخلوط داشتند (۲).

از بین روش‌های تلفیق آب شور و غیر شور، ارتفاع گیاه در تیمار شوری موضعی ثابت و متناوب ریشه (۲۴۲ سانتی‌متر) کم‌ترین مقدار و در تیمار مخلوط (۲۵۳/۳ سانتی‌متر) و دوره‌ای (۲۵۲ سانتی‌متر) بود. باسیل و کافکا مشاهده نمودند که با افزایش شوری در منطقه ریشه گیاه گلرنگ، رشد ریشه و ارتفاع گیاه کاهش یافت (۱۲). فیضی و همکاران نیز با بررسی گیاه گلرنگ در مناطق خشک با سه شوری ۳/۴، ۸/۸ و ۱۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر، به کاهش ارتفاع ۶۱/۹، ۴۶/۹ و ۲۳/۲ سانتی‌متر با افزایش شوری آب آبیاری اشاره کردند (۱۷)، که در این تحقیق نیز ارتفاع گیاه نسبت به تیمار شاهد در تیمارهای شوری موضعی ثابت و متناوب ریشه کاهش نشان داد.

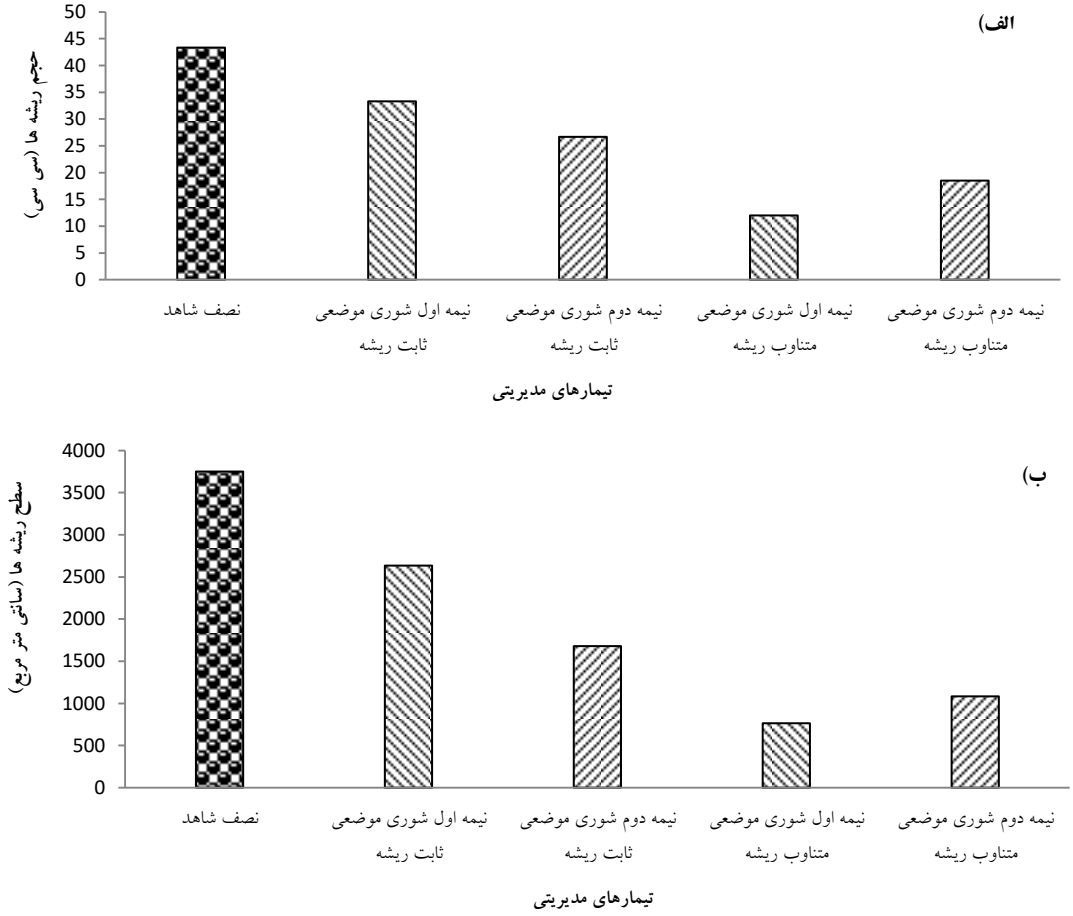
تعداد ریشه‌ها در تیمار شاهد (۳۱/۳ عدد) و در تیمارهای مدیریتی، شوری موضعی ثابت ریشه (۳۰/۳ عدد)، مخلوط (۲۹/۷ عدد)، دوره‌ای (۲۴/۳ عدد) و شوری موضعی متناوب ریشه (۲۴ عدد) به‌ترتیب ۳، ۵، ۲۲و ۲۳ درصد کاهش را نشان داد. شکل (۴) تعداد ریشه‌ها در دو نیمه تیمارهای شوری موضعی ثابت و متناوب ریشه در مقایسه با نصف تعداد ریشه در تیمار شاهد را نشان می‌دهد. نصف تعداد ریشه در تیمار شاهد (۱۵/۷ عدد) و تعداد ریشه در دو نیمه تیمار شوری موضعی ثابت ریشه (۱۷/۳ و ۱۳ عدد) به‌ترتیب ۵۷ و ۴۳ درصد کل تعداد ریشه در تیمار شوری موضعی ثابت ریشه را به‌خود اختصاص دادند. همچنین تعداد ریشه در دو نیمه تیمار شوری موضعی متناوب ریشه (۱۲/۵ و ۱۱/۵ عدد) (تقریباً در دو نیمه به‌صورت مساوی) به‌ترتیب ۵۲ و ۴۸ درصد کل تعداد ریشه در تیمار شوری موضعی متناوب ریشه را به خود اختصاص دادند.

طول بلندترین ریشه، در تیمارهای مدیریتی مخلوط (۱۰۷/۳ سانتی‌متر)، دوره‌ای (۱۰۳/۳ سانتی‌متر)، شوری موضعی متناوب (۸۷ سانتی‌متر) و ثابت ریشه (۸۴/۷ سانتی‌متر) به‌ترتیب ۲، ۵، ۲۰ و ۲۲ درصد کاهش را نسبت به تیمار شاهد (۱۰۹ سانتی‌متر) نشان دادند. در تیمارهای مدیریتی شوری موضعی ثابت و متناوب ریشه، شوری بیش‌ترین تأثیر را در کاهش طول ریشه نسبت به سایر تیمارهای تلفیق آب شور و غیر شور نشان داد.

شکل ۴. مقایسه نصف تعداد ریشه‌ها در تیمار شاهد با تعداد ریشه‌ها در دو نیمه تیمارهای موضعی ثابت و متناوب ریشه

حجم ریشه‌ها در تیمارهای مدیریتی شوری موضعی ثابت (۶۰ سی‌سی)، دوره‌ای (۵۶/۷ سی‌سی)، مخلوط (۵۵ سی‌سی) و شوری موضعی متناوب ریشه (۳۰/۵ سی‌سی)، به‌ترتیب ۳۱، ۳۵، ۳۷ و ۶۵ درصد کاهش را نسبت به تیمار شاهد (۸۶/۷ سی‌سی) نشان دادند. حجم ریشه‌ها در تیمار مخلوط و شوری موضعی متناوب ریشه از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند و مقادیر آنها نسبت به سایر تیمارهای مدیریتی، کم‌تر برآورد شد. از لحاظ فیزیولوژیکی، ماهیت هر دو تیمار (مخلوط و شوری موضعی متناوب ریشه) یکی بود، چراکه تیمار شوری متناوب ریشه به نوعی اختلاط آب شور و غیر شور ولی با فاصله زمانی است.

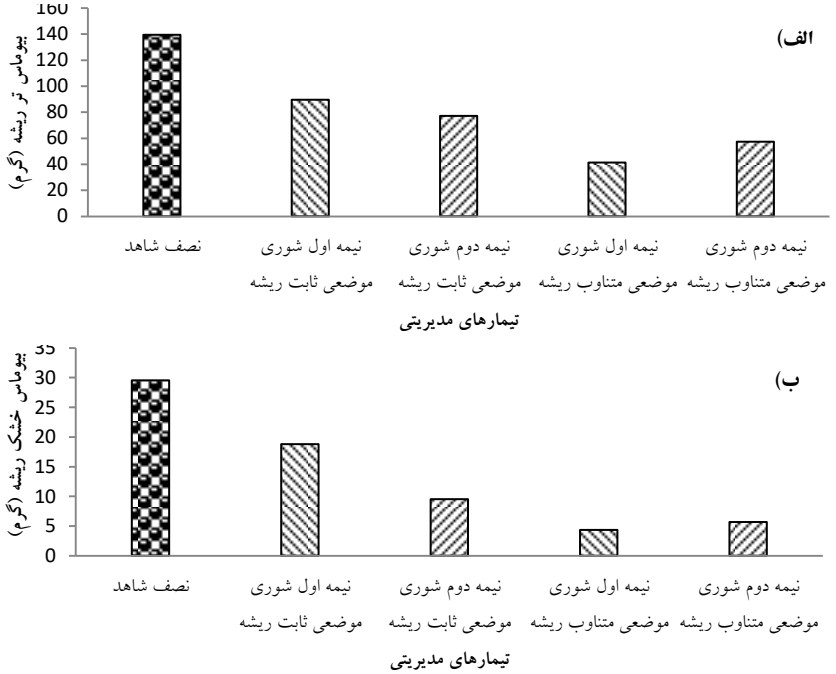
شکل (۵- الف) حجم ریشه‌ها در دو نیمه تیمارهای شوری موضعی ثابت و متناوب ریشه در مقایسه با نصف حجم ریشه در تیمار شاهد را نشان می‌دهد. نصف حجم ریشه در تیمار شاهد (۴۳/۳ سی‌سی) و حجم ریشه در دو نیمه تیمار شوری موضعی ثابت ریشه (۳۳/۳ و ۲۶/۷ سی‌سی) به‌ترتیب ۵۶ و ۴۴ درصد کل تعداد ریشه در تیمار شوری موضعی ثابت ریشه را به‌خود اختصاص دادند. همچنین حجم ریشه در دو نیمه تیمار شوری موضعی متناوب ریشه (۱۲ و ۱۸/۵ سی‌سی) به‌ترتیب ۳۹ و ۶۱ درصد کل تعداد ریشه در تیمار شوری موضعی متناوب ریشه را به خود اختصاص دادند.



شکل ۵. مقایسه نصف حجم و سطح ریشه‌ها در تیمار شاهد با حجم و سطح ریشه‌ها در دو نیمه تیمارهای موضعی ثابت و متناوب ریشه

سطح ریشه‌ها در تیمارهای مدیریتی مخلوط (۰/۵۱۶ متر مربع)، دوره‌ای (۰/۴۶۸ متر مربع)، شوری موضعی ثابت ریشه (۰/۴۳۱ متر مربع)، و شوری موضعی متناوب ریشه (۰/۱۸۵ متر مربع)، به‌ترتیب ۳۱، ۳۸، ۴۲ و ۷۵ درصد کاهش را نسبت به تیمار شاهد (۰/۷۵ متر مربع) نشان دادند. شکل (۵- ب) سطح ریشه‌ها در دو نیمه تیمارهای شوری موضعی ثابت و متناوب ریشه در مقایسه با نصف سطح ریشه‌ها در تیمار شاهد را نشان می‌دهد. نصف سطح ریشه‌ها در تیمار شاهد (۰/۳۷۵ متر مربع) و سطح ریشه‌ها در دو نیمه تیمار شوری موضعی ثابت ریشه (۰/۲۶۳ و ۰/۱۶۸ مترمربع) به‌ترتیب ۶۱ و ۳۹ درصد کل سطح ریشه‌ها در تیمار شوری موضعی ثابت ریشه را به‌خود اختصاص دادند. همچنین سطح ریشه‌ها در دو نیمه تیمار شوری موضعی متناوب ریشه (۰/۰۷۶ و ۰/۱۰۸ متر مربع) به‌ترتیب ۴۱ و ۵۹ درصد کل سطح ریشه‌ها در تیمار شوری موضعی متناوب ریشه را به‌خود اختصاص دادند.

بیوماس تر ریشه، در تیمارهای مدیریتی مخلوط (۱۹۰/۴ گرم)، دوره‌ای (۱۸۴/۵ گرم)، شوری موضعی ثابت (۱۶۶/۶ گرم) و متناوب ریشه (۹۸/۶ گرم) به‌ترتیب ۳۲، ۳۴، ۴۰ و ۶۵ درصد کاهش را نسبت به تیمار شاهد (۲۷۸/۸ گرم) نشان داد. شکل (۶- الف) بیوماس تر ریشه‌ها در دو نیمه تیمارهای شوری موضعی ثابت و متناوب ریشه در مقایسه با نصف بیوماس تر ریشه‌ها در تیمار شاهد را نشان می‌دهد. نصف بیوماس تر ریشه‌ها در تیمار شاهد (۱۳۹/۴ گرم) و بیوماس تر ریشه‌ها در دو نیمه تیمار شوری موضعی ثابت ریشه (۸۹/۵۲ و ۷۷/۱۱ گرم) به‌ترتیب ۵۴ و ۴۶ درصد کل بیوماس تر ریشه‌ها در تیمار شوری موضعی ثابت ریشه را به‌خود اختصاص دادند همچنین بیوماس تر ریشه، در دو نیمه تیمار شوری موضعی متناوب ریشه (۴۱/۳ و ۵۷/۳ گرم) به ترتیب ۴۲ و ۵۸ درصد کل بیوماس تر ریشه‌ها در تیمار شوری موضعی متناوب ریشه بود.



شکل ۶. مقایسه نصف بیوماس تر و خشک ریشه (گرم) در تیمار شاهد با بیوماس تر و خشک ریشه در دو نیمه تیمارهای موضعی ثابت و متناوب ریشه

بیوماس خشک ریشه در تیمارهای مدیریتی مخلوط (۴۵/۶ گرم)، دوره‌ای (۳۵/۱ گرم)، شوری موضعی ثابت (۲۸/۳ گرم) و متناوب ریشه (۱۰ گرم) به‌ترتیب ۲۳، ۴۱، ۵۲ و ۸۳ درصد کاهش را نسبت به تیمار شاهد (۵۹/۱ گرم) نشان داد. شکل (۶- ب) بیوماس خشک ریشه در دو نیمه تیمارهای شوری موضعی ثابت و متناوب ریشه در مقایسه با نصف بیوماس خشک ریشه در تیمار شاهد را نشان می‌دهد. نصف بیوماس خشک ریشه در تیمار شاهد (۲۹/۶ گرم) و بیوماس خشک ریشه در دو نیمه تیمار شوری موضعی ثابت ریشه (۱۸/۸ و ۹/۵۳ گرم) به‌ترتیب ۶۶ و ۳۴ درصد کل بیوماس خشک ریشه در تیمار شوری موضعی ثابت ریشه را به خود اختصاص داد. همچنین بیوماس خشک ریشه در دو نیمه تیمار شوری موضعی متناوب ریشه (۴/۳۵ و ۵/۶۸ گرم) به‌ترتیب ۴۳ و ۵۷ درصد کل بیوماس خشک ریشه در تیمار شوری موضعی متناوب ریشه بود. امداد و فرداد، اثر تنش شوری و رطوبت و اثر متقابل این دو را بر عملکرد ذرت در پنج سطح شوری (۰/۵، ۲، ۴، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) و تنش رطوبتی با دورهای آبیاری ثابت (۴ ،۶، ۹ و ۱۴ روز) و با تخلیه رطوبتی (۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درصد آب قابل‌استفاده) بررسی کردند. نتایج نشان داد که تنش شوری و تنش خشکی هر دو موجب کاهش سطح برگ، وزن خشک و ارتفاع گیاه شدند (۱).

نتیجه‌گیری

با توجه به مسأله کمبود آب و وجود حجم بالایی از منابع آب شور در کنار منابع آب با کیفیت، تیمارهای آبیاری در این تحقیق به‌صورت: ۱- بدون تنش شوری، ۲- تنش شوری (اختلاط آب شور و غیر شور) در تمام محیط ریشه به‌صورتبه‌صورت آبیاری مخلوط و دوره‌ای، ۳- تنش شوری در نصف محیط ریشه (با وجود تیغه نازک جداکننده) به‌صورتبه‌صورت شوری موضعی ثابت و متناوب ریشه مرتب شدند. از نظر میزان جذب آب در بین دو آبیاری و میزان جذب تجمعی در کل دوره رشد، از بین روش‌های مدیریتی آبیاری تلفیقی با آب شور و غیر شور، تیمارهای مخلوط، شوری موضعی ثابت ریشه، دوره‌ای و شوری موضعی متناوب ریشه به‌ترتیب انتخاب‌های مناسبی هستند. نتایج حجم ریشه و میزان جذب با یکدیگر همخوانی دارد. مقادیر ضریب تنش شوری در تیمار مخلوط بیش‌ترین و در تیمار شوری موضعی متناوب ریشه کم‌ترین مقدار (بیش‌ترین تنش) را به‌خود اختصاص داد. در تیمار شوری موضعی ثابت ریشه (تنش شوری فقط به یک سمت به گیاه وارد شد) درصد ریشه در دو نیمه لایسیمتر نسبت به کل لایسیمتر به‌ترتیب، در صفات: تعداد (۵۷ و ۴۳ درصد کل)، حجم (۵۶ و۴۴ در صد کل)، سطح (۶۱ و ۳۹ درصد کل)، بیوماس تر (۵۴ و ۴۶ درصد کل) و خشک ریشه (۶۶ و ۳۴ درصد کل) بود. سمتی که فقط با آب با کیفیت آبیاری شد، در مقایسه با سمت دیگری که فقط با آب شور آبیاری شد، تعداد، حجم، سطح و بیوماس تر و خشک ریشه بیش‌تری نشان داد. در تیمار شوری موضعی متناوب ریشه (تنش شوری در هر دو سمت به گیاه وارد شد) در دو نیمه ریشه، تعداد ریشه (۵۲ و ۴۸ درصد کل) تقریباً یکسان ولی حجم (۳۹ و۶۱ در صد کل)، سطح (۴۱ و ۵۹ درصد کل) و بیوماس تر (۴۲ و ۵۸ درصد کل) و خشک ریشه (۴۳ و ۵۷ درصد کل) متفاوت بود. ازآن‌جایی‌که میزان جذب آب توسط گیاه، با خصوصیات ریشه ارتباط مستقیم دارد. در سمتی از ریشه که تعداد، حجم و سطح بیش‌تری مشاهده شد میزان جذب در همان نیمه به همان نسبت بیش‌تر بود. دلیل مشاهده کم‌ترین تعداد، حجم، سطح و بیوماس تر و خشک ریشه در تیمار شوری موضعی متناوب به‌دلیل اعمال تنش شوری به هر دو سمت ریشه و ایجاد محدودیت برای رشد ریشه و قسمت هوایی گیاه ذرت می‌باشد. در مناطقی که آب شور و غیر شور در کنار یکدیگر وجود دارد می‌توان به‌جای تنش

خشکی از تنش شوری (با روش‌های تلفیق ارائه‌شده) استفاده کرد.

منابع

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

۲. حسن‌پور درویشی ح.، نورالوندی ت. و فرشیدی م (۱۳۹۰) بررسی تأثیر آبیاری با روش تلفیق آب شور و شیرین بر کارایی مصرف آب سورگوم. زراعت و اصلاح نباتات. ۷(۴):۱۱-۱.

۳. حسن‌لی م.، پارسی نژاد م. و ابراهیمیان ح (۱۳۹۵) تأثیر مدیریت آبیاری با آب شور بر اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای. مجموعه مقالات سومین کنفرانس ملی مدیریت آب و خاک کشاورزی. دانشگاه تهران. کرج.

۴. خالدی، ه (۱۳۸۲) شناخت و بهره‌وری آب کشاورزی به منظور تأمین امنیت آبی و غذایی کشور. مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زه‌کشی ایران، تهران، صفحات ۶۷۴-۶۵۷.

۵. شهبازی، م. و کیانی، ع (۱۳۷۷) تعیین آستانه تحمل به شوری ارقام تجاری کلزا. پنجمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نبات ایران. کرج ۲۸۷-۲۸۶.

۶. علیزاده ا (۱۳۸۰) رابطه آب و خاک و گیاه. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه امام رضا(ع)، ۳۵۳ ص.

۷. لیاقت، ع. م. و اسمعیلی، ش (۱۳۸۲) تأثیر تلفیق آب شور و شیرین روی عملکرد و غلظت نمک در منطقه توسعهٔ ریشهٔ ذرت، مجلهٔ علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۰(۲): ۱۵۹-۱۷۰.

۸. همایی م (۱۳۸۱) واکنش گیاهان به شوری. تهران: نشریه شماره ۸، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

9. Adiku S, Lafontaine GK and Bajazet HOT (2001) Patterns of root growth and water uptake of a maize–cowpea mixture grown under greenhouse conditions. Plant and Soil. 235(1): 85-94.
10. Allen, RG, Pereira LS and Martin MR (1998) Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, Rome, 300 p.
11. Aslam M and Prathapar SA (2006) Strategies to mitigate secondary salinization in the Indus Basin of Pakistan: A selective review. Colombo Sri Lanka.
12. Bassil ES and Kaffka SR (2002) Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to saline soils and irrigation: I. Consumptive water use. Agricultural Water Management 54(1): 67-80.
13. De La Hera ML, Romero P, Plaza EG and Martinez A (2007) Is partial root zone drying an effective irrigation technique to improve water use efficiency and fruit quality in field grown wine grapes under semiarid condition. Agricultural Water Managent 87(3): 261-274.
14. Dehshiri A, Ahmadi M and Tahmasebi Z (2001) Response of canola cultivars to water stress. Agricultural Sciences 32(3): 649-659.
15. Dry PR, Stoll M, Loveys B, Stewart D and McCarthy G (2000) Partial root-zone drying. Effects on root distribution and commercial application of a new irrigation technique. Australian & New Zealand Wine Industry. 15(2): 74-76.
16. Dudley LM and Shani U (2003) Modeling plant response to drought and salt stress: Reformulation of the root-sink term. Vadose Zone 2(4): 751-758.
17. Feizi M, Hajabbasi MA, Mostafazadeh-fard B (2010) Saline irrigation water management strategies for better yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in an arid region. Crop Science 4(6): 408-414.
18. Kang Y, Chen M and Wan S (2010) Effects of drip irrigation with saline water on waxy maize (*Zea mays* L. var. ceratina Kulesh) in North China Plain. Agricultural Water Management 97(9): 1303-1309.
19. Kiziloglu FM, Shahin U, Tunc T and Diler S (2006) The effect of deficit irrigation on potato evapotranpiration and tuber yield under cool season and semiarid climatic conditions. Agronomy 5(2): 284-288.
20. Laboski CAM, Dowdy RH, Allmars RR and Lamb JA (1998) Soil Strength and water content influences on corn root Distribution in a sandy soil. Plant and Soil 203(2): 239-247.
21. Martin JH, Leonard WH and Stamp DC (1976) Principles of field crops roduction. Macmillan New York.
22. Mostafazadeh-Fard B, Mansouri H, Mousavi S F and Feizi M (2009) Effect of different levels of irrigation water salinity and leaching on yield and yield components of wheat in an arid region. Irrigation and Drainage Engineering 135 (1): 32-38.
23. Nresh RK, Minhans PS, Goyal AK, Chauhan CPS and Gupua RK (1993) Conjunctive use of saline and non-saline waters (II). Field Comparisons of cyclic uses and mixing for wheat. Agricultural Water Management 23(2): 139-148.

24. Pasternak DY, Malach De and Boroyic I (1985) Irrigation with brackish water under desert conditions. Phusiological and yield response of maize (*Zea mays*) to continuous irrigation with brackish water and to alternating brackish-fresh-brackish water irrigation. Water Managemnt 10(2): 47-60.
25. Rodrigues ML, Santos TP, Rodrigues AP, de Souza CR, Lopes CM, Maroco JP, Pereira JS and Chaves MM (2008) Hydraulic and chemical signalling in the regulation of stomatal conductance and plant water use in field grapevines growing under deficit irrigation. Functional Plant Biology 35(7): 565-579.
26. Shahnazari A, Fulai L, Andersen MN, Jacobsen SE and Jensen CR (2007) Effects of partial root-zone drying on yield, tuber size and water use efficiency on potato under field conditions. Field Crops 100(1): 117-124.
27. Shani U and Dudley LM (2001) Field studies of crop response to water and salt stress. Soil Science 65(5): 1522-1528.
28. Spreer M, Nagle W, Neidhart S, Carle R, Ongprasert S and Muller J (2007) Effect of regulated deficit irrigation and partial rootzone drying on the quality of mango fruits (*Mangifera indica* L., cv. 'Chok Anan'). Agricultural Water Management 88(1-3): 173-180.
29. Wright GC and Smith CJ (1987) Soybeans root distribution under wet soil culture on a red-brown earth. Plant and Soil 103(1): 129-133.
30. Yazar A, Hamdy A, Gencel B and Metin SS (2003) Sustainable use of highly saline water for irrigation of crops under arid and semi-arid conditions: new strategies Corn yield response to saline irrigation water applied with a trickle system under Mediterranean climatic conditions: In Turkey. Regional Action Programme (RAP): Water Resources Management and Water Saving in Irrigated Agriculture (WASIA PROJECT). Bari: CIHEAM 44(2): 123-135.
31. Zhou Q, Kang S, Li F and Zhang L (2008) Comparison of dynamic and static APRI-models to simulate soil water dynamic in vineyard over the growing season under alternate partial root zone drip irrigation. Agricultural Water Management 95: 767-775.