نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۵، ص. ۱۶۰۶-۱۵۹۵

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 5, Nov.-Dec. 2016, p. 1595-1606

اثر مدیریت‌های مختلف آبیاری یک درمیان با آب شور – غیرشور بر روی عملکرد ذرت و توزیع رطوبت و شوری در نیمرخ خاک

علیرضا کیانی[1*] - افشین مساوات[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۲۱

چکیده

تاثیر روش‌های مختلف آبیاری یکدرمیان با آب شور بر روی عملکرد ذرت، توزیع شوری و رطوبت در نیمرخ خاک در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل: T_1 و T_2 به ترتیب ۱۰۰ و ۵۰ درصد آب مورد نیاز گیاه با آب غیرشور، T_3 و T_4 آبیاری با آب غیر شور– شور به ترتیب بصورت متناوب و ثابت، T_5 و T_6 کم آبیاری با آب غیرشور و آبیاری یک درمیان به ترتیب بصورت ثابت و متناوب و T_7 آبیاری کامل با آب شور بود. شوری آب آبیاری در تیمارهای غیرشور و شور به ترتیب ۱/۵ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر بود. تیمارهای کم‌آبیاری (T_2، T_5 و T_6) و همچنین تیمارهای آبیاری با آب شور یک درمیان (T_3 و T_4) از نظر عملکرد نسبت به هم اختلاف معنی‌داری نداشته بطوری‌که عملکرد در تیمارهای T_3 و T_4 با ۵۰ درصد ذخیره آب شیرین نسبت به تیمار T_1 به ترتیب در حدود ۷ و ۱ درصد کاهش داشت. مقایسه توزیع رطوبت در تیمارهای کم‌آبیاری نشان داد که بیشترین رطوبت در سطح و عمق خاک به ترتیب مربوط به تیمارهای T_6 و T_2 بود. بررسی دو ساله‌ی توزیع شوری در نیمرخ خاک در تیمارهای T_3 و T_4 نشان داد که امکان کاربرد آب شور برای تولید ذرت وجود دارد ولی برای حفظ پایداری، زهکشی و آبشویی خاک مورد نیاز است.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، شوری، کم‌آبیاری

مقدمه

ذرت بعد از گندم و برنج سومین گیاه غله‌ای مهم جهان برای تغذیه‌ی انسان و دام شناخته شده و به عنوان یک گیاه حساس به شوری (۱۰) و خشکی (۲) طبقه بندی شده است. به دلیل اهمیت تولید ذرت در دنیا، افزایش تولید ذرت تحت شرایط تنش‌های محیطی یک چالش بزرگ برای دانشمندان کشاورزی است (۱۱). در منابع روش‌های مختلف کم آبیاری و استفاده از آب شور که برای افزایش تولیدات کشاورزی نتایج رضایت بخشی داده‌اند، مورد بررسی قرار گرفته و هر روز دامنه‌ی آن وسیع‌تر می‌گردد (۱، ۵، ۷ و۱۳). به هنگام استفاده از آب شور علاوه بر عملکرد گیاه، بررسی توزیع نمک در خاک به منظور حفظ پایداری از ضروریات است. بطور کلی در این زمینه سه راهبرد مدیریتی وجود دارد: کنترل و ابقاء شوری خاک در حد مجاز، اصلاح ارقام مقاوم به شوری و تمهیدات مدیریتی در داخل مزرعه برای حفظ عملکرد قابل قبول. آبیاری قطره‌ای به دلیل وارد کردن آب با دبی کم و با فراوانی زیاد، قادر است پتانسیل ماتریک خاک در منطقه ریشه گیاه را بالا نگه داشته و از کاهش پتانسیل اسمزی خاک در اثر آبیاری با آب شور جلوگیری نماید و به همین دلیل نسبت به روش‌های دیگر سودمندی بیشتری در هنگام استفاده با آب شور را دارد (۱۵). اثر شوری آب آبیاری (۰/۴ تا ۱۰/۹ دسی زیمنس بر متر) در روش آبیاری قطره‌ای روی گیاه ذرت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که آب آبیاری تا شوری ۸/۶ اثر معنی‌داری روی ظهور ذرت نداشته و کارایی مصرف آب آبیاری را افزایش داد. بطور متوسط ۲۶۵ میلی‌متر باران در طول دوره رشد از اثرات منفی شوری آبیاری آب بر رشد، عملکرد و شوری خاک کاسته است. پس از سه سال آبیاری با شوری ۴ دسی زیمنس بر متر مقدار شوری تا عمق

۱- استاد بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان
(*- نویسنده مسئول: Email: Akiani71@Yahoo.com)
۲- مربی بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان

۱۲۰ سانتی‌متر خاک تقریباً متعادل مانده است (۳). روند تغییرات سالانه شوری در اثر آبیاری با آب شور(۵ تا ۱۴ $dS\ m^{-1}$) بر روی گندم نشان داد که شوری در همه عمق‌ها در ابتدای فصل رشد کاهش و سپس در زمان‌های آبیاری افزایش یافت. بیشترین افزایش شوری در نیمرخ خاک در زمان برداشت و فصل تابستان بدلیل کاهش نزولات و افزایش تبخیر بود. اما مجموع باران‌های پاییزه و زمستانه (متوسط ۲۲۰ mm) باعث شد تا شوری در خاک در طول زمان کاهش یابد ولی مقایسه زمان‌های کاشت نشان داد که شوری در زمان کاشت گندم روند افزایشی دارد (۶ و ۸).

سپاسخواه و خواجه عبداللهی (۱۴) روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان با دوره‌های مختلف آبیاری را روی ذرت مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که تیمار آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب با دور آبیاری ۴ روزه اقتصادی‌ترین روش از لحاظ مصرف آب و عملکرد دانه ذرت بود. کاشیانی و همکاران (۴) عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین را تحت مدیریت‌های مختلف آبیاری و تراکم کشت مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داده است که اثر مدیریت‌های مختلف آبیاری بر روی عملکرد و اجزای آن تاثیر معنی‌داری داشته است. بین دو تیمار آبیاری یکدرمیان نیمه متغیر (از زمان کاشت تا هفته‌ی ششم، شیارها یک‌درمیان و در بقیه‌ی دوران رشد بصورت کامل آبیاری شدند) و کامل از نظر عملکرد و اجزای آن تفاوت آماری مشاهده نشد ولی میزان مصرف آب در تیمار آبیاری یکدرمیان نیمه متغیر حدود ۳۰ درصد آبیاری کامل بود. کاهش سطح خیس شده در آبیاری متناوب نسبت به آبیاری کامل باعث می‌شود تا مقدار افت آب در اثر تبخیر و نفوذ عمقی کاهش یافته و به دلیل اینکه عملکرد تحت تاثیر قرار نمی‌گیرد، کارایی مصرف آب افزایش می‌یابد. لیاقت و اسماعیلی (۹)، روش‌های مختلف تلفیق آب شور (۷/۳ $dS\ m^{-1}$) و غیرشور (۰/۷ $dS\ m^{-1}$) روی عملکرد ذرت، توزیع و غلظت نمک در منطقه ریشه را در شرایط لایسیمتری مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که میزان نمک عصاره اشباع خاک در منطقه ریشه در تیمار تلفیق متناوب نیم در میان نسبت به تیمارهای تلفیق متناوب یک درمیان و مخلوط، کمتر و در تیمارهای تلفیق متناوب یک در میان و مخلوط تقریبا برابر بود.

جمع‌بندی بررسی منابع از راهبردهای مختلف مدیریتی برای استفاده بهینه از منابع محدود آب نشان از نتایج رضایت بخش در تولید و پایداری دارد و کنکاش در این زمینه به دلیل نیاز بشر به تولید بیشتر با آب کمتر جهت دستیابی به روش‌های جدید از الویت‌های مهم قرن حاضر است. این پژوهش با هدف مقایسه‌ی روش‌های کم‌آبیاری و کاربرد آب شور- غیرشور در مجاورت هم روی تولید و تاکید روی توزیع رطوبت و شوری در نیمرخ خاک پیشنهاد شده است.

روش اجرا

این طرح در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان (طول ۵۴ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی و عرض ۳۶ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی) با ۵/۵ متر ارتفاع از سطح دریا و میانگین سالانه بارندگی در حدود ۴۵۰-۴۰۰ میلی‌متر در طی دو سال روی گیاه ذرت با ۷ تیمار آزمایشی بصورت بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از : آبیاری کامل با آب غیرشور (T_1)، کم‌آبیاری با آب غیرشور در تمام ردیف‌های کشت بر اساس ۵۰ درصد آبیاری کامل (T_2)، آبیاری کامل یک در میان با آب غیرشور– شور در ردیف‌های مجاور بصورت متناوب در طی فصل (T_3)، آبیاری کامل یک درمیان با آب غیرشور- شور در ردیف‌های مجاور بصورت ثابت (T_4)، کم‌آبیاری با آب غیرشور و آبیاری یک‌درمیان ردیف‌ها بصورت ثابت (T_5)، کم‌آبیاری با آب غیرشور و آبیاری یک‌درمیان ردیف‌ها بصورت متناوب (T_6) و آبیاری کامل با آب شور (T_7). در تیمارهای کم آبیاری T_5 و T_6 تنها دو شیار از چهار شیار و در بقیه‌ی تیمارها همه‌ی چهار شیار آبیاری می‌شوند. در تیمارهای T_3 و T_4 همه چهار شیار آبیاری می‌شوند ولی شیارها بصورت یک‌درمیان از آب غیر شور و شور آبیاری می‌شوند. در نتیجه از چها شیار در تیمارهای T_3 و T_4 دو تا از شیارها بصورت یک‌درمیان با آب شیرین و دو تا از شیارهای باقی مانده نیز بصورت یک‌درمیان با آب شور آبیاری شدند. به عبارت دیگر در این تیمارها، شیارهایی که در تیمارهای T_5 و T_6 آبیاری نمی‌شدند با آب شور کامل شدند. ذرت در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ به ترتیب در تاریخ‌های ۹۱/۴/۱۱ و ۹۲/۴/۱۳ کاشته و در تاریخ‌های ۹۱/۸/۱۷ و ۹۲/۸/۱۸ برداشت شد. برای سبز شدن در همه تیمارها از آب غیرشور استفاده شده و تیمارهای آبیاری پس از سبز شدن گیاه با روش آبیاری قطره‌ای نواری انجام شد. ابعاد کرت‌ها ۳ متر در۲۰ متر و فواصل بین کرت‌ها ۲ متر در نظر گرفته شد. در این آزمایش سه نوع منبع آب با کیفیت مختلف شامل آب غیرشور چاه (۱/۵ $dS\ m^{-1}$)، آب زهکش (۲۰ تا ۳۵ $dS\ m^{-1}$ از زهکش‌های شمال آق‌قلا به محل حمل گردید) و آب شور تیمارها (۸ $dS\ m^{-1}$) حاصل از اختلاط دو نوع آب به نسبت‌های مختلف که توسط شوری سنج قابل حمل کنترل می‌شد، وجود داشت. بطور متوسط رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی به ترتیب برابر با ۲۴/۵، ۱۲ درصد و جرم مخصوص ظاهری برابر ۱/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب و بافت خاک لوم و لوم سیلتی بود. بر اساس آزمون خاک در زمان کاشت، مقادیر ۲۰۰، ۳۰۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب از کودهای اوره، فسفات آمونیوم و پتاس و همچنین دو مرحله‌ی دیگر (۵ تا ۷ برگی و ۱۰ تا ۱۲ برگی) از کود اوره به صورت سرک به ازای ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. برای بررسی تغییرات زمانی رطوبت و شوری عصاره اشباع خاک تحت تاثیر تیمارهای مختلف آبیاری، قبل از هر آبیاری نمونه‌های

خاک از نیمرخ آن تا عمق ۶۰ سانتی‌متری به ازای هر ۳۰ سانتی‌متر از سطح خاک برداشت شد. همزمان با اندازه‌گیری‌های اشاره شده برخی از پارامترهای مربوط به گیاه (ارتفاع گیاه، اجزای عملکرد و عملکرد دانه) و اقلیمی در طی دو سال اندازه‌گیری شدند.

در سال‌های اول و دوم پس از سبز شدن ذرت به ترتیب ۷ و ۹ بار آبیاری به فواصل تقریبی یک هفته که تخلیه رطوبت خاک در حدود ۴۵ تا ۵۵ درصد آب قابل دسترس می‌رسید انجام شد. عمق آب آبیاری مزرعه آزمایشی بر اساس اندازه‌گیری رطوبت خاک و محاسبه کمبود رطوبت خاک در تیمار بدون تنش (T_1) به شرح زیر برآورد شد:

$$In = \frac{SMD}{1-Lr} \quad (۱)$$

$$SMD = (\theta_{FC} - \theta_i).Bd.Dr \quad (۲)$$

در روابط بالا، In و SMD به ترتیب عمق خالص آبیاری و کمبود رطوبت خاک بر حسب mm، Lr لزوم آبشویی بر حسب درصد که برای تیمار شور در نظر گرفته می‌شود، θ_{FC} و θ_i به ترتیب رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی و قبل از آبیاری بر حسب درصد وزنی، Bd جرم مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب و Dr عمق توسعه ریشه گیاه بر حسب mm.

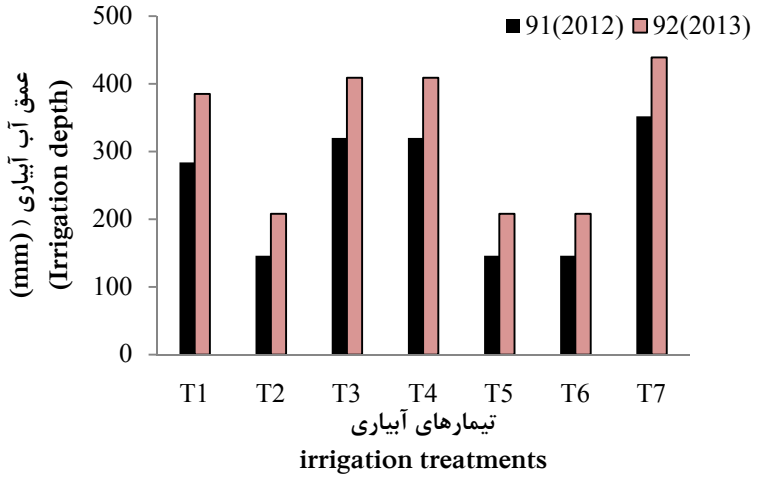
نتایج و بحث

آب کاربردی و تحلیل عملکرد

بطور طبیعی بخشی از آب مورد نیاز گیاهان در شرایط استان گلستان بسته به شرایط اقلیمی بوسیله باران تامین می‌شود. مجموع آب آبیاری فصلی به تفکیک دو سال در شکل ۱ ارایه شده است. مجموع بارندگی در طی فصل رشد ذرت در سال‌های زراعی ۹۱ و ۹۲ به ترتیب ۱۹۵ و ۱۰۲ میلی‌متر ثبت شده است. توزیع زمانی مقادیر آب آبیاری و باران در طی فصل رشد ذرت به تفکیک سال‌های ۹۱ و ۹۲ به ترتیب در شکل‌های ۲ و ۳ ارایه شده است.

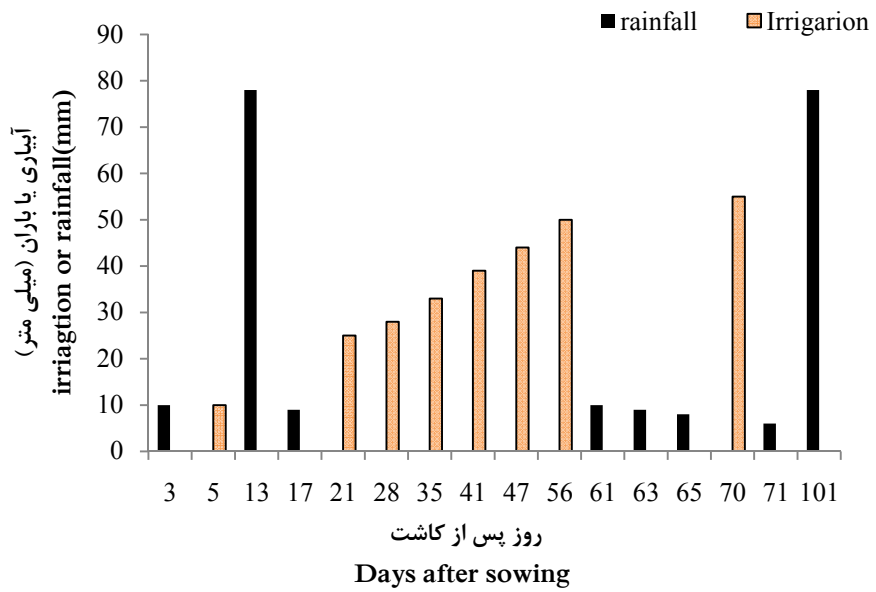
نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد و اجزای آن و مقایسه میانگین عملکرد ذرت بین تیمارهای مختلف به ترتیب در جدول ۱ و شکل ۴ ارایه شده است.

اگر چه مجموع شرایط آب و هوایی در سال دوم نسبت به سال اول خشک‌تر بود، ولی تامین آب و تعدد آبیاری در سال دوم (شکل ۳) ضمن تعدیل شرایط خشکی در داخل مزرعه، باعث افزایش عملکرد شده است. عمده خصوصیات مورد بررسی از نظر مقایسه میانگین اختلافی نداشته و در یک کلاس قرار دارند. بطور طبیعی در صورتیکه عوامل غیرقابل کنترل اقلیمی و موثر در تولید خصوصاً بارندگی، در هر منطقه کمتر باشد یا شدت آن کم باشد، می‌توان با اعمال مدیریت مناسب براساس شناخت گیاه به عملکرد پتانسیل نزدیک شد. در سال ۹۱ سهم بارش در کل آب کاربردی (مجموع بارش و آبیاری) در تیمار آبیاری کامل در حدود ۴۱ درصد و در تیمارهای کم‌آبیاری در حدود ۵۷ درصد و در سال دوم سهم بارش در تیمارهای اشاره شده به ترتیب معادل ۲۱ و ۳۲ درصد بود (شکل‌های ۲ و ۳). بنابراین کاهش سهم بارش در سال دوم نسبت به سال اول شرایط را برای اعمال مدیریت دلخواه آبیاری فراهم ساخته و در نتیجه منجر به افزایش عملکرد سال دوم نسبت به سال اول شده است. اویس (۱۲) نشان داد در مناطقی که بارش سالانه کم باشد اثربخشی آبیاری به مراتب بیشتر از مناطقی است که میزان بارندگی آن زیادتر است. مقایسه‌ی میانگین عملکرد ذرت (شکل ۴) نشان داد که بین تیمارهای کم آبیاری (T_2، T_5 و T_6) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. به عبارت دیگر نوع مدیریت کم‌آبیاری (کاهش بخشی از آب مورد نیاز گیاه از همه شیارها، آبیاری یک‌درمیان بصورت ثابت یا متغیر) تاثیری بر عملکرد ذرت نداشت.



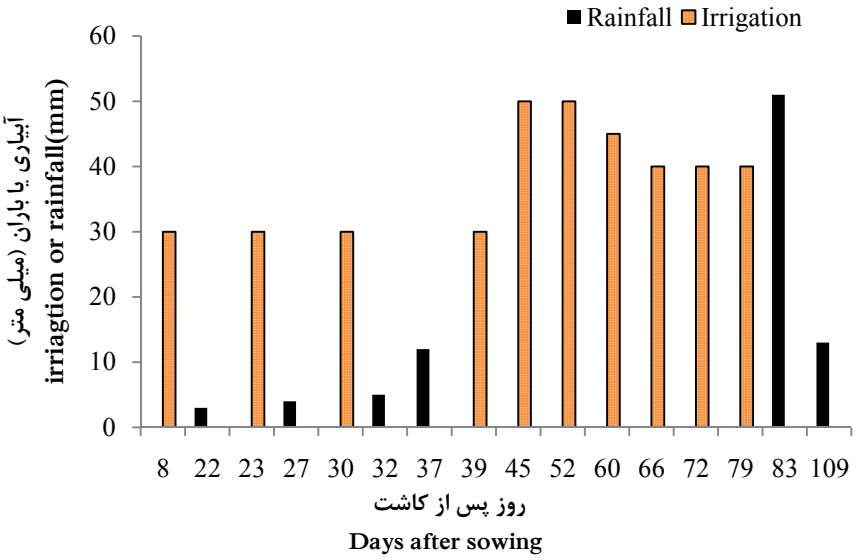
شکل ۱- مقادیر فصلی آب آبیاری بکار رفته برای ذرت به تفکیک دو سال زراعی

Figure 1- Seasonal applied water during two growing season of maize



شکل ۲- تعداد و مقدار آب آبیاری و توزیع باران در فصل رشد ذرت در سال ۱۳۹۱

Figure 2-Amount and irrigation events and rainfall distribution during the maize growth stages in 2012



شکل۳ - تعداد و مقدار آب آبیاری و توزیع باران در فصل رشد ذرت در سال ۱۳۹۲

Figure 3- Amount and irrigation events and rainfall distribution during the maize growth stages in 2013

همچنین میانگین عملکرد ذرت در دو نوع مدیریت آبیاری کامل با آب شور- غیرشور (T_3 و T_4) نیز اختلاف معنی‌داری نداشتند. مقدار آب غیرشور مصرف شده در تیمارهای T_3 و T_4 همانند تیمارهای کم‌آبیاری بود ولی آب مورد نیاز گیاه بوسیله‌ی آب شور تامین شد. مقایسه‌ی تیمارهای T_3 و T_4 (نیمی از آب مورد نیاز آن بوسیله‌ی آب شیرین و نیمی دیگر از آب شور استفاده شد) با تیمار آبیاری کامل T_1 (تماماً از آب شیرین استفاده شد) حکایت از این مطلب دارد که تیمارهای T_3 و T_4 می‌توانند گزینه‌ی برتر انتخاب شوند. در شکل ۲ ملاحظه می‌شود که اختلاف عملکرد بین تیمارهای T_1 و T_4 غیرمعنی‌دار است و کاهش عملکرد در تیمار T_3 نسبت به T_1 نیز ناچیز و در حد ۷ درصد است. به عبارت دیگر با صرفه‌جویی ۵۰ درصد از آب شیرین و جایگزینی آن با آب شور بطوریکه نیاز آبی گیاه تامین گردد، حداکثر ۷ درصد از عملکرد ذرت کاهش یافته است. بررسی کاشیانی و همکاران (۴) نشان داده است که آبیاری یک‌درمیان نیمه متغیر و کامل روی ذرت از نظر عملکرد و اجزای آن تفاوت آماری مشاهده نشده ولی میزان مصرف آب در تیمار آبیاری یکدرمیان نیمه متغیر

حدود ۳۰ درصد آبیاری کامل بود.

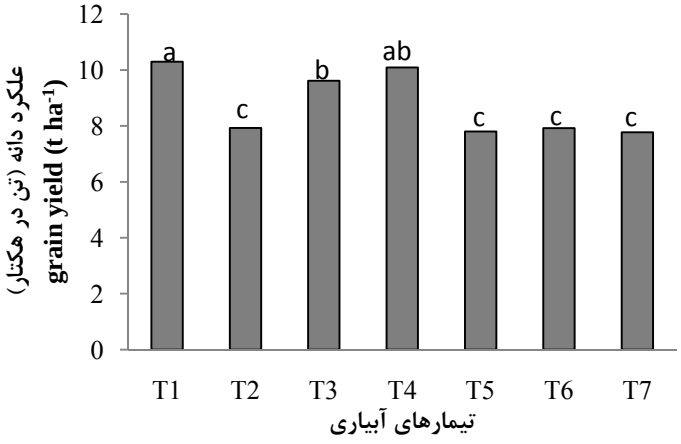
جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب بر پایه میانگین مربعات برخی صفات ذرت

Table 1- Combined variance analysis of the some characteristics of corn based on mean squares

منبع تغییرات sources of avriation	درجه آزادی degree of freedom	تعداد ردیف دانه number of grain rows	تعداد دانه در ردیف nomber of grain per rows	عمق دانه grain deep (mm)	وزن هزار دانه 1000 seed (g) weight	عملکرد دانه grain yield (kg ha^{-1})
سال year	1	482.9^{ns}	13.06**	1.83^{ns}	106485^{ns}	18035300**
خطا error	4	2.85	26.3	0.361	640	1075270
تیمار treatment	6	0.76 ^{ns}	15.35^{ns}	0.415^{ns}	486.7^{ns}	8858700**
تیمار*سال treatment*year	6	0.487 ^{ns}	9.33^{ns}	0.345 ^{ns}	358.02 ^{ns}	628520 ^{ns}
خطا error	24	1.44	12.71	0.489	618	1.52
CV	-	3.8	13	5.8	22	12.3

ns= غیر معنی‌دار و ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

ns and ** respectively are; non significant and significant at 1% level



شکل ٤- مقایسه میانگین مرکب عملکرد دانه ذرت در تیمارهای مختلف آبیاری (وجود یک حرف مشابه در بین تیمارها به منزله‌ی عدم معنی‌داری آن‌ها است)

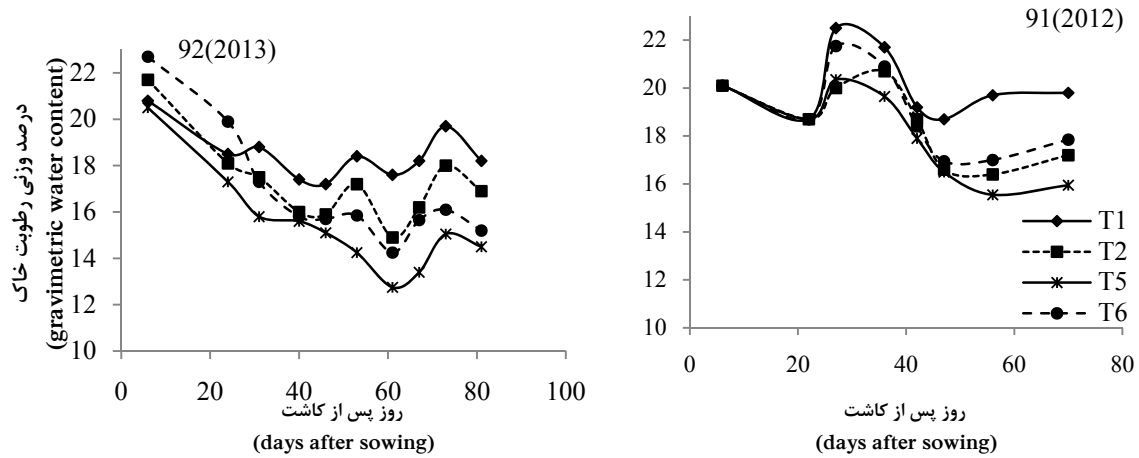
Figure 4- Mean comparison of the maize grain yield under different treatments (numbers followed by the same letter between treatments are not significantly differences)

مقایسه رطوبت خاک در تیمارهای کم‌آبیاری

تغییرات رطوبت خاک در لایه سطحی (شکل ۵) نشان می‌دهد که در ابتدای رشد گیاه تفاوت‌های رطوبت بین تیمارهای مختلف کم و با گذشت زمان بدلیل اینکه عمده عوامل موثر در تغییرات رطوبت خاک شامل آبیاری، تبخیر، نفوذ و درجه حرارت در سطح خاک اتفاق می‌افتد، بیشتر شد. پس از اعمال چند آبیاری مشخص شده است که بیشترین رطوبت در تیمار آبیاری کامل (T_1) و کمترین در تیمار کم آبیاری ثابت (T_5) به دست آمد (شکل ۵).

در سال ۱۳۹۱، تقریباً در حدود ۵۰ تا ۷۰ روز پس از آبیاری یعنی از آبیاری پنجم به بعد، مقایسه تیمارهای کم‌آبیاری (T_2، T_5 و T_6) نشان می‌دهد که کمترین مقدار رطوبت مربوط به تیمار T_5 و بیشترین مقدار رطوبت مربوط به تیمار T_6 بود. در تیمار کم آبیاری T_2 همه ردیف‌های آن، آب دریافت کرده‌اند ولی در دو تیمار دیگر در هر آبیاری یکی از ردیف‌ها آب دریافت کردند. خاک لایه سطحی از نوع

لوم دارای حدود ۴۶ درصد سیلت بوده که باعث شده است تا توزیع آب در آبیاری قطره‌ای علاوه بر نفوذ عمقی به سمت جوانب نیز حرکت کند. به عبارت دیگر، در این شرایط حرکت آب در دو جهت اشاره شده بوسیله دو عامل پتانسیل ثقل و ماتریک کنترل می‌گردد.



شکل ۵- تغییرات رطوبت خاک در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری بصورت تابعی از فصل رشد در تیمارهای غیرشور (پارامترهای T در متن توضیح داده شدند)

Figure 5- Soil moisture variation in depth 0-30 cm, as a function of growth stage in non-saline treatments

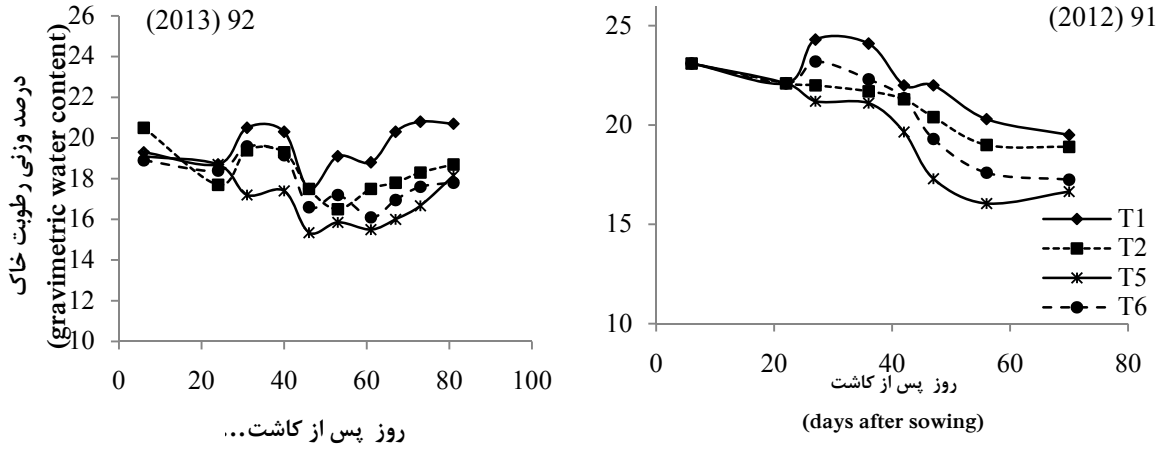
در صورتیکه همه شیارها به یک نسبت آبیاری شوند، اگرچه خاک کمتر از ظرفیت خود آب دریافت کند، تبادل رطوبت و یا به عبارتی پتانسیل حرکتی آب که عامل آن همان پتانسیل ماتریک خاک است، به سمت جوانب کمتر از حالتی است که شیارها یک‌درمیان خشک و مرطوب شوند. یعنی در حالتی که همه شیارها یکسان آب دریافت کنند چه آبیاری کامل و چه کم‌آبیاری عامل اصلی حرکت ثقل بوده و گرادیان حرکتی آب به سمت عمق خاک است و به دلیل یکسان بودن تقریبی پتانسیل ماتریک در شیارهای مجاور، موجب حرکت به سمت جوانب نخواهد بود. بنابراین با توزیع جانبی بیشتر رطوبت در تیمار آبیاری یکدرمیان ثابت (T_5) که یکی از شیارها در تمام فصل رشد خشک بوده، نسبت به تیمارهای T_2 و T_6، بطور میانگین رطوبت کمتری در لایه سطحی خاک وجود داشت.

نتایج تغییرات توزیع رطوبت در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری در تیمارهای غیرشور در مقایسه با تیمار T_1 در شکل ۶ به تفکیک دو سال ارایه شده است. بطور کلی در تیمارهای غیرشور توزیع رطوبت در عمق ۶۰ سانتی‌متری خاک نشان می‌دهد که بیشترین رطوبت مربوط به تیمار T_1 و کمترین رطوبت مربوط به تیمارهای T_5 و T_6 است. در تیمارهای T_5 و T_6 توزیع توامان افقی و عمودی رطوبت در سطح خاک باعث شده است که آب کمتری به اعماق پایین‌تر حرکت کند. بخشی از آب خاک بدلیل خشک بودن شیارهای کناری، به جوانب حرکت نموده، در نتیجه سهم نفوذ عمقی برای تیمارهای فوق کمتر شده و رطوبت‌ها نیز در این تیمارها کمتر از رطوبت‌های دیگر تیمارهای مورد بررسی در شرایط غیرشور شده است. بطور کلی روند تغییرات رطوبت در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری خاک نسبت به عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری از دامنه‌ی نوسان کمتری برخوردار است. مقایسه آب نفوذ یافته تا عمق ۶۰ سانتی‌متری بین تیمارهای کم آبیاری حکایت از این مطلب دارد که رطوبت در تیمار T_2 بیشتر از دو تیمار دیگر (T_5 و T_6) است.

مقایسه رطوبت خاک در تیمارهای شور

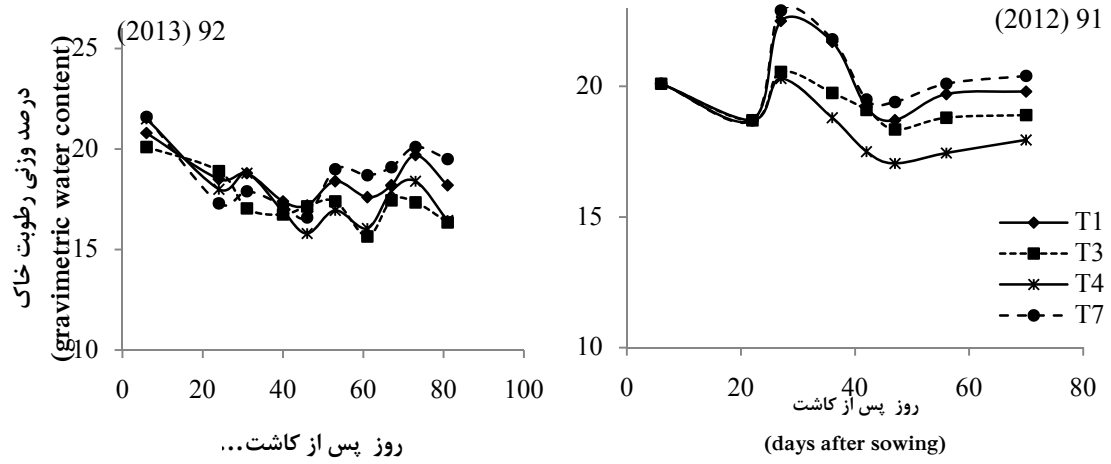
توزیع رطوبت خاک در عمق ۳۰- ۰ سانتی‌متری در تیمارهای شور (شکل ۷) نشان می‌دهد که رطوبت در دو تیمار T_1 و T_7 بالاتر از بقیه تیمارها قرار دارند. کمترین رطوبت خصوصاً از اواسط فصل رشد مربوط به تیمارهای T_3 و T_4 است. در بازه‌های اواسط و انتهایی فصل رشد، تیمار T_7 بالاترین رطوبت را بخود اختصاص داد، به دلیل اینکه هم حجم آب بیشتری دریافت نمود و هم اینکه در محیط شور خروج آب بواسطه تبخیر و یا جذب توسط گیاه، با آهنگ کمتری نسبت به محیط غیرشور اتفاق می‌افتد. شوری در محیط خاک عامل کاهش جذب آب توسط گیاه شده و در نتیجه در مقایسه با محیط غیرشور رطوبت بیشتری در خاک باقی می‌ماند (۵). دو تیمار T_3 و T_4 علاوه بر پتانسیل ثقلی که برای همه تیمارها وجود دارد، حرکت رطوبت خاک تحت تاثیر دو عامل پتانسیل ماتریک و اسمزی که در اثر آبیاری یک‌درمیان با آب شور– غیرشور ایجاد شده‌اند، نیز قرار داشته و بطور طبیعی آب از نقطه‌ای با شوری کمتر به سمت نقاط با شوری بیشتر حرکت می‌کند. این تبادل رطوبتی در خاک باعث شده است تا رطوبت موجود در خاک در سطح وسیع‌تری توزیع شده و در نتیجه رطوبت

باقی مانده در خاک نسبت به دو تیمار دیگر کمتر شده است.



شکل ٦- تغییرات رطوبت خاک در عمق ٦٠-٣٠ سانتی‌متری بصورت تابعی از فصل رشد در تیمارهای غیرشور

Figure 6- Soil moisture variation in depth 30-60 cm, as a function of growth stage in non-saline treatments



شکل۷- تغییرات رطوبت خاک در عمق ۳۰ سانتی‌متری بصورت تابعی از فصل رشد در تیمارهای شور در مقایسه با تیمار غیرشور

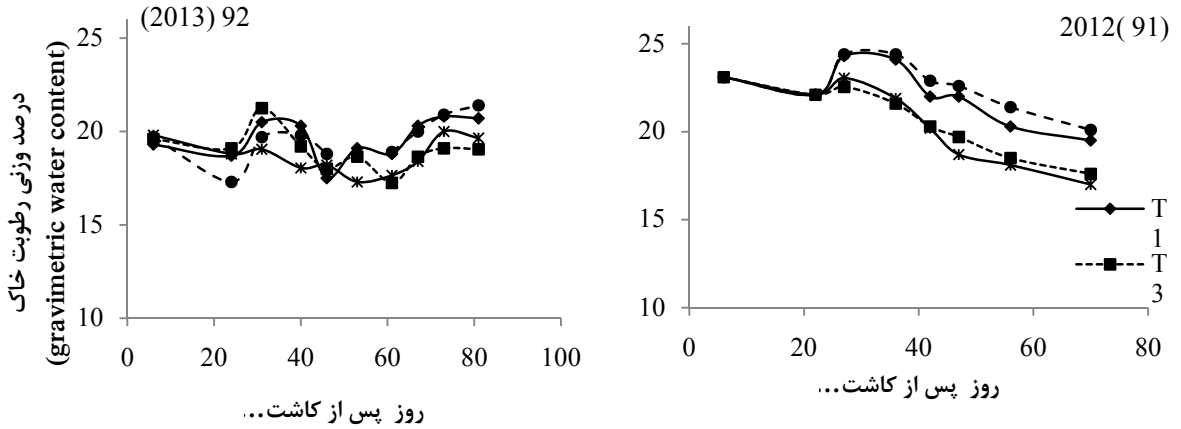
Figure 7- Soil moisture variation in depth 0-30 cm, as a function of growth stage in saline treatments compare to non-saline treatments

تغییرات رطوبت خاک در تیمارهای شور در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری (شکل ۸) نشان می‌دهد دو تیمار T_1 و T_7 نسبت به دو تیمار T_3 و T_4 رطوبت بیشتری در عمق خاک دارند. از آنجا که آب نفوذ یافته کمتر تحت تاثیر تلفات ناشی از تبخیر قرار دارند، بیشتر حفظ می‌گردند. بطوری‌که متوسط رطوبت خاک تیمارها در عمق‌های ۳۰- ۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری در سال اول به ترتیب در حدود ۱۹ و ۲۱ درصد وزنی و در سال دوم به ترتیب ۱۸/۵ و ۱۹/۶ درصد وزنی اندازه‌گیری شده است.

تغییرات زمانی شوری در نیمرخ خاک

بطور کلی توزیع شوری خاک نشان می‌دهد که بالاترین مقدار کمّی و همچنین آهنگ افزایشی شوری مربوط به تیمار T_7 و کمترین آن مربوط به تیمار T_1 است. در سال ۱۳۹۱، تغییرات شوری در لایه سطحی خاک برای تیمارهای شور نشان می‌دهد که تا حدود ۵۰ روز پس از کاشت شوری خاک با آهنگ سریع رشد نموده بطوریکه دراین زمان شوری لایه سطحی خاک در تیمارهای T_3، T_4 و T_7 به ترتیب ۲/۷، ۳/۹ و ۵/۴ دسی‌زیمنس بر متر افزایش داشت (شکل۹). پس از آن علیرغم اینکه سه آبیاری دیگر با آب شور انجام شد، ولی تغییرات شوری خاک به جزء اندکی افزایش در تیمار T_7، در دو تیمار شور دیگر روند کاهشی داشت. به دلیل اینکه در فاصله بین آبیاری پنجم تا هفتم یعنی در بازه زمانی ۵۰ تا ۷۵ روز پس از کاشت (شهریور) در

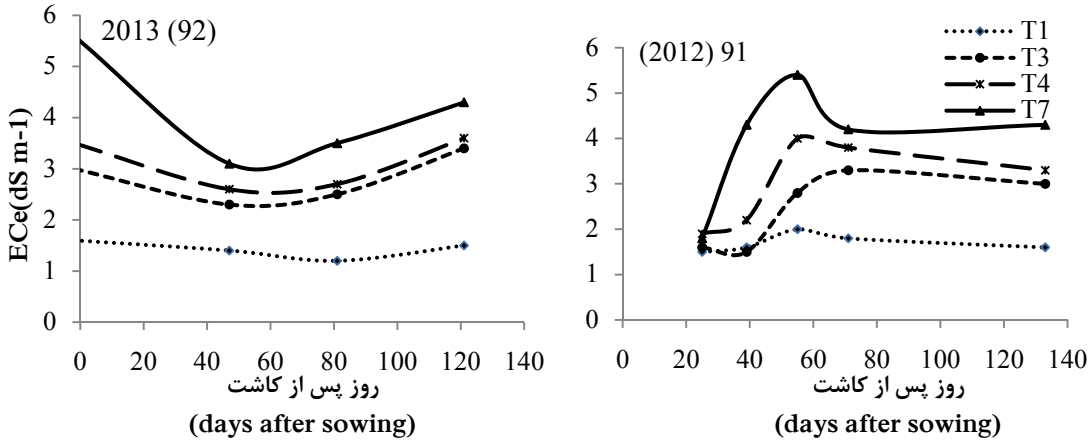
حدود ۴۰ میلی‌متر و در بازه زمانی ۷۵ تا ۱۰۰ روز پس از کاشت (مهر) در حدود ۸۵ میلی‌متر باران نازل شده که عامل کاهش شوری در لایه سطحی خاک شد (شکل۲).



شکل ۸-تغییرات رطوبت خاک در عمق ٦٠- ۳۰ سانتی‌متری بصورت تابعی از فصل رشد در تیمارهای شور در مقایسه با تیمار غیرشور

Figure 8- Soil moisture variation in depth 30-60 cm, as a function of growth stage in saline treatments compare to non-saline treatments

در سال دوم روند تغییرات شوری در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک نشان می‌دهد که در تیمار T_7 مقدار شوری در انتها فصل نسبت به شوری ابتدای فصل کاهش یافت. اما تغییرات درون فصلی حکایت از این مطلب دارد که از زمان کاشت تا حدود ۴۵ روز پس از کاشت (آبیاری چهارم) در هر سه تیمار شور، مقدار شوری خاک روندی کاهشی با آهنگ متفاوت داشت. آبیاری قبل از کاشت با روش سطحی و دو آبیاری پس از کاشت با روش بارانی به منظور ایجاد سبز یکنواخت عامل اساسی کاهش شوری خاک شد. در انتهای فصل شوری عصاره اشباع خاک در تیمارهای T_3 ، T_4و T_7 به ترتیب برابر ۳/۴، ۳/۶ و ۴/۳ دسی‌زیمنس بر متر رسید. به عبارت دیگر در انتهای فصل در تیمار T_7 کمتر از شوری ابتدای فصل و در دو تیمار T_3 و T_4 تفاوت بسیار اندک است.



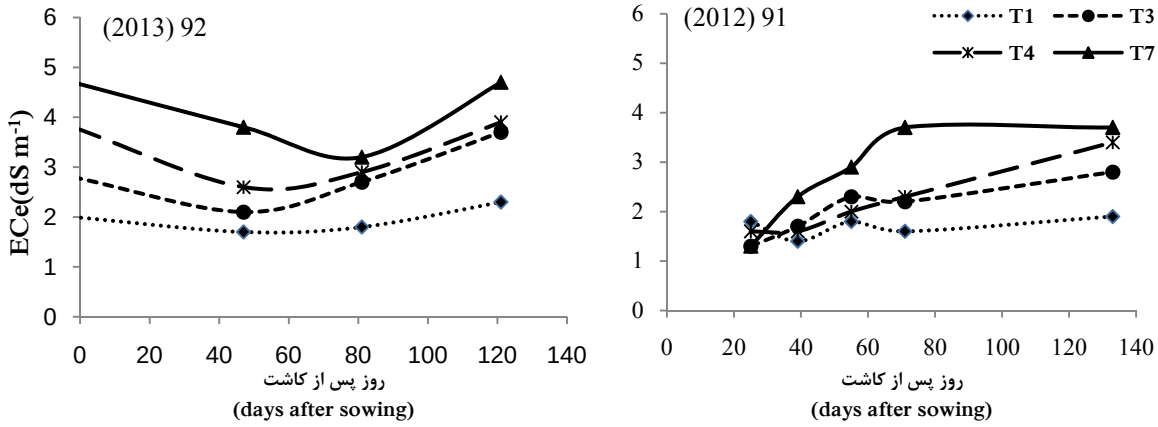
شکل۹- تغییرات زمانی شوری در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک در تیمارهای مختلف

Figure 9- Temporal variability in soil salinity of 0-30 cm depth under different treatments

سال ۱۳۹۲ نسبت به سال ۱۳۹۱، سالی خشک‌تر با بارندگی کمتر و تابش بیشتر بود. اما تغییرات شوری لایه سطحی خاک در انتهای فصل حتی در شورترین تیمار (T_7) پس از ۹ بار آبیاری، به ۴/۳ دسی‌زیمنس رسیده، در حالی‌که در سال ۹۱ در انتهای فصل در همین تیمار، شوری لایه سطحی خاک به ۴/۲ دسی‌زیمنس بر متر رسیده بود. در سال ۹۱ آبیاری در زمین با شوری ۱/۸ دسی‌زیمنس بر متر و در سال ۹۲ پس از یکسال آبیاری در زمین شورتر (۵/۷ دسی‌زیمنس بر متر) انجام شد. یک پدیده بارندگی با شدت زیاد (۵۱ میلی‌متر در

روز) در حدود ۸۴ روز پس از کاشت در سال دوم آهنگ رشد شوری را کاهش داد (شکل۳). بارندگی در خارج از فصل کشت ذرت در منطقه نیز یکی از عوامل تاثیرگذار در تعدیل افزایشی تجمع املاح در خاک است. پس از سه سال آبیاری با شوری ۴ دسی زیمنس بر متر با استفاده از آبیاری قطره‌ای روی گیاه ذرت نشان داده است که مقدار شوری تا عمق ۱۲۰ سانتی‌متر خاک تقریباً متعادل مانده است. به دلیل اینکه بطور متوسط ۲۶۵ میلی‌متر باران در طول دوره رشد از افزایش شوری خاک کاسته است (۵). در تیمارهای T_3 و T_4 شوری خاک در ابتدای فصل سال ۹۲ نسبت به انتهای فصل ۹۱ بسیار ناچیز بود. در سال ۹۱ در تیمار T_7 و در انتهای فصل شوری لایه سطحی خاک از ۱/۸ ابتدای فصل به ۴/۳ دسی زیمنس بر متر در انتهای فصل و در شروع فصل بعدی نیز به دلیل ۴۰۰ میلی‌متر بارندگی خارج از فصل در حد قابل قبولی رشد داشت (شکل ۹). با افزایش عمق (شکل ۱۰) پراکندگی و اختلاف شوری بین تیمارها کاهش یافت. در هر حال روند افزایشی شوری در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک علیرغم بارندگی درون و خارج فصل ذرت، وجود دارد. بنابراین برای حفظ پایداری کشاورزی برای کاربرد طولانی مدت از آب شور، بررسی نیمرخ خاک در ابتدای هر فصل رشد از نظر تغییرات شوری خاک ضرورت دارد.

شوری خاک در عمق پایین‌تر در زمان برداشت سال اول در همه تیمارهای شور نسبت به شروع فصل، با آهنگ بیشتری در مقایسه با سال بعد رشد داشت (شکل۱۰). بارندگی خارج از فصل و همچنین آبیاری با آب غیرشور برای سبز یکنواخت در اوایل رشد سال دوم به همراه یک پدیده بارندگی با شدت زیاد، باعث شده است تا آهنگ رشد شوری در انتهای فصل دوم کندتر از فصل اول باشد. تغییرات شوری در لایه ۶۰-۳۰ سانتی‌متری نشان می‌دهد که اگرچه در منطقه در خارج از فصل ذرت بارندگی وجود دارد ولی آبشویی کامل انجام نشده و نمک‌های شسته شده از لایه‌ی بالایی به سمت لایه پایینی هدایت می‌شوند. در یک جمع‌بندی نهایی بررسی دو ساله‌ی توزیع شوری در نیمرخ خاک در استان گلستان، نشان داده است که در تیمارهای مدیریت شده‌ی T_3 و T_4 امکان کاربرد آب شور (۸ $dS\ m^{-1}$) برای تولید ذرت وجود دارد ولی برای حفظ پایداری، زهکشی و آبشویی خاک مورد نیاز است.



شکل ۱۰- تغییرات زمانی شوری در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری خاک در تیمارهای مختلف

Figure 10- Temporal variability in soil salinity of 30-60 cm depth under different treatments

نتیجه‌گیری کلی

این پژوهش به مقایسه‌ی روش‌های کم‌آبیاری و استفاده از آب شور- غیرشور بصورت آبیاری یکدرمیان در شیارهای مجاور با استفاده از آبیاری قطره‌ای پرداخته است. جمع‌بندی نتایج حکایت از این مطلب دارد که تیمارهای کم‌آبیاری تعریف شده در این پژوهش (T_2، T_5 و T_6) و همچنین تیمارهای شور یکدرمیان (T_3 و T_4) از نظر عملکرد ذرت نسبت به هم اختلاف معنی‌داری ندارند ولی تیمارهای T_3 و T_4 که با اضافه کردن آب شور در تیمارهای کم آبیاری نیاز آبی گیاه را تامین می‌نمایند، در رقابت با تیمار با T_1 می‌توانند گزینه‌های برتر انتخاب شوند. در تیمارهایی که شیارها بصورت یک درمیان با آب شور-غیرشور آبیاری می‌گردند، عملکرد کاهش قابل توجه‌ای ننموده ولی در حدود ۵۰ درصد آب غیرشور صرفه‌جویی شد. مقایسه تیمارهای کم‌آبیاری (T_2، T_5 و T_6) با تیمارهای مدیریت شده آب شور- غیرشور (T_3 و T_4) نشان داده است که عملکرد ذرت در تیمارهای کم آبیاری در حدود ۲۲ درصد کاهش معنی‌داری نسبت به تیمارهای آب شور- غیرشور داشت. مقایسه توزیع رطوبت در تیمارهای کم‌آبیاری نشان داد در لایه سطحی، آبیاری یکدرمیان ثابت به دلیل توزیع جانبی بیشتر، رطوبت آن کمتر و در لایه عمیق‌تر در تیمار T_2 به دلیل مسلط بودن نفوذ عمقی، رطوبت بیشتر از بقیه بود. در دو تیمار T_3 و T_4 به دلیل وجود توامان دو پتانسیل ثقلی و اسمزی و ایجاد گرادیان حرکتی آب به سمت جوانب علاوه بر نفوذ به اعماق،

رطوبت موجود در خاک در سطح وسیع‌تری توزیع شده و در نتیجه رطوبت باقی مانده در خاک نسبت به تیمارهای آبیاری کامل T_7 و T_1 کمتر شد. نتایج بررسی توزیع شوری در نیمرخ خاک در طی دو سال حکایت از رشد تدریجی شوری عصاره اشباع خاک خصوصاً در لایه‌ی عمیق‌تر خاک دارد. بطور کلی پس از دو سال کاربرد آب با شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر برای گیاه ذرت در استان گلستان نشان داده است که اگرچه در منطقه در خارج از فصل ذرت بارندگی وجود دارد ولی آبشویی کامل انجام نشده و نمک‌های شسته شده از لایه‌ی بالایی به سمت لایه پایینی هدایت می‌شوند که البته با آبشویی اول فصل بسادگی قابل رفع می‌باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از صندوق حمایت از پژوهشگران کشور به خاطر حمایت مالی و از آقایان مهندس رحیم طبرسا و مهدی ادیبی به خاطر همکاری در اجرای این پژوهش قدردانی می‌نمایند.

منابع

1- Ayers R.S., and Westcot D.W. 1985. Water quality for agriculture. FAO. Irrigation Drainage . Paper No. 29, Rev.1.
2- Farre' I., Van Oijen M., Leffelaar P.A., and Faci J.M. 2000. Analysis of maize growth for different irrigation strategies in northeastern Spain. Eurpian Journal Agronomy. 12, 225–238.
3- Kang S. Z., Liang Y., Pan P. Shi, and Zhang J. 2010. Alternate furrow irrigation for maize production in an arid area. Agricultural Water Management, 45(3), 267-274.
4- Kashiani P., Saleh S., Osman M., and Habibi D. 2011. Sweet corn yield response to alternate furrow irrigation methods under different planting densities in a semi-arid climatic condition.African Journal of Agricultural Research. 6: 1032-1040.
5- Kiani A.R. and Abbasi F. 2009. Assessment of the water-salinity crop production function of wheat using experimental data of the Golestan province, Iran. Irrigation and Drainage 58: 445-455.
6- Kiani A.R. and Asadi M.E. 2008. Using saline water for wheat production and investigation of accumulation solute trend in soil profile. Pajouhesh & Sazandegi in Agronomy and Hulticulture, 80: 146-156.(in Persian with english abstract)
7- Kiani A.R. and Mirlatifi S.M. 2012. Effect of different quantities of supplemental irrigation and its salinity on yield and water use by winter wheat (Triticum aestivum). Irrigation and Drainage, 61: 89-98.
8- Kiani A.R., Mirlatifi M., Homaee M. and Cheraghi, A. 2004. Effect of different irrigation regimes and salinity on wheat yield in Gorgan region. Journal of Agricultural Scienc and Natural Recourses, Gorgan University, 11(1):79-89 (in Persian with english abstract).
9- Liaghat A.M. and Esmaili Sh. 2003. The effect of fresh and saline water conjunction on corn yield and salt concentration in the root zone: Journal of Agricultural Science and Nature Resources, 10(2), 159-170. (in Persian with english abstract)
10- Maas E.V. and Grattan S.R. 1999. Crop yields as affected by salinity. In: Skaggs, R.W., van Schilfgaarde, J. (Eds.), Agricultural Drainage. Agronomy Monograph, vol. 38. ASA, CSSA, SSSA, MadisonWI, pp: 55–108.
11- Ouda S.A.E., Mohamed S.G. and Khalil F.A. 2008. Modeling the effect of different stress conditions on maize productivity using yield-stress model. International Journal Natural and Engineering. Science. 2(1):57-62.
12- Oweis T. 1997. Supplemental irrigation: a highly efficient water- use practice. ICARDA, Aleppo, Syria, 16 p.
13- Rhoades J.D., Kandidah A., and Mashali A.M. 1992. The use of saline waters for crop production . FAO. Irrigation and Drainage. Paper No 48.
14- Sepaskhah A.R. and Khajehabollahi M.H. 2005.Alternate furrow irrigation with different irrigation intervals for maize. Plant Production. Science. 8: 592-600.
15- Shalhevet J. 1994. Using water of marginal quality for crop production: major issues. Agricultural Water Management, 25, 233–269.

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 5, Nov.-Dec. 2016, p. 1595-1606

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۵، ص. ۱۶۰۶-۱۵۹۵

Effect of Different Alternate Irrigation Strategies using Saline and Non-Saline Water on Corn Yield, Salinity and Moisture Distribution in Soil Profile

A.R. Kiani[1]*- A. Mosavat[2]

Received: 19-12-2014
Accepted: 10-05-2016

Introduction: Lack of water and deterioration in the quality of soil and water resources are considered to be the prime cause of reduced crop yield in arid and semi-arid regions 'More crop per drop' by trickle irrigation, deficit irrigation, and uncommon water are the best strategies for mitigating water crises. Different irrigation management strategies are needed to increase production in different areas. In areas where sufficient water is available, a full irrigation strategy could be a suitable option, while in areas where water is limited, deficit irrigation would be an appropriate method, and finally in areas where water resources are saline, management strategies for achieving sustainable production as well as economic yields would be suitable. Maize is the third most important grain crop in the world following wheat and rice and it is the main source of nutrition for humans and animals. Because of the importance of maize in the world, increasing maize production under environmental stresses is a big challenge for agricultural scientists. Different methods of irrigation and the use of saline water that had satisfactory results for increasing agricultural production have been studied by several investigators . The main objective of this study was to establish an efficient use of limited water resources as well as to explore the possibility of replacing saline water with fresh water using different management techniques.

Materials and Methods: A field experiment was conducted over two maize cropping seasons (2012–2013) in northern Iran (Gorgan Agricultural Research Station) to compare different alternate irrigation scenarios using saline water on corn yield, salinity and soil moisture distribution in a randomized complete block design with three replications. Treatments were: T_1 and T_2 = 100 and 50 % of crop water requirement with non-saline water, respectively; T_3 and T_4 = variable and fixed full irrigation with saline and non-saline water in every other row, respectively; T_5 and T_6= fixed and variable deficit irrigation with non-saline water in every other rows, respectively and T_7= full irrigation with saline water. To create the desired water salinity (8 dS/m), non-saline well water (1.5 dS/m) and drainage water (20–35 dS/m) were blended in different proportions. A T-tape drip irrigation system (20 m in length) was used in the field experiment.

Results and Discussion: In general, corn yield in 2013 was about 1270 kg ha^{-1} higher than in 2012. From the weather records it can be seen that the second year was drier than the first year**.** Yield analysis showed that deficit irrigation treatments (T_2, T_5 & T_6) and also alternate salinity treatments (T_3 & T_4) did not significantly difference. In other words, the deficit irrigation management had no effect on yield. Corn yield in T_3 and T_4 with 50% of saved fresh water was just reduced to 7 and 1 % of T_1, respectively. As a result, comparing treatments T_3 and T_4 with full irrigation have shown that treatments T_3 and T_4 are the best option. Comparison of moisture distribution in deficit irrigation treatments showed the highest water content in surface and deep layers was related to the treatments T_6 and T_2, respectively. The distribution of salinity in the soil profile for treatments T_3 and T_4 showed that after two years of irrigation with saline water, there is the possibility of use saline water for corn production, but drainage and leaching of soil will need to maintain sustainability.

Conclusion: Naturally, in water scarce areas that use some strategic management such as deficit irrigation or saline water use, there is available arable farmland to further develop the irrigated area, and thereby increase total production. According to the results of the two-years where there was a shortage of water to meet crop water requirement and saline water was not available, the use of deficit irrigation managements as described in this study can save fresh water resources and increase total production and farmer's income. If the region is facing a shortage of water resources and saline water is available nearby agricultural land, it is suggested to use alternate furrow irrigation with saline and non-saline water; with the crop water requirement being met by the saline water, the total output will be higher than using deficit irrigation management with non-saline water. Comparision of the distribution of moisture in deficit irrigation treatments showed that surface soil moisture was

1- Professor of Agricultural Engineering Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan
(*Corresponding Author Email: Akiani71@Yahoo.com)
2- Seed and Plant Improvement Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan

lower in the treatment of T_5 because it was more lateral distribution. In the deeper layers, soil moisture of the treatment T_2 was more than others, because it was the predominant infiltration. The two treatments T_3 and T_4 because of the combined matric and osmotic potential and the movement of water along the sides and deep percolation, resulting widely distributed in soil moisture and thus remaining lower moisture in the soil compare to full irrigation treatments. Consequently, this finding indicates that after two years of corn irrigation using saline (8 dS/m) and non-saline water in every other row (treatments T_3 and T_4) production can be increased, and in case of proper leaching and drainage management, agricultural sustainability will also preserve.

Keywords: Deficit Irrigation, Drip irrigation, Salinity