



مدیریت آب و آبیاری

دوره ۵ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴

صفحه‌های ۲۵-۱۱

اثر مدیریت آبیاری با آب شور بر شوری خاک در یک دوره تناوب زراعی

محمد فیضی*^۱، سعید سعادت^۲

۱. استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، ایران

۲. استادیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۱/۱۶

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۱۰/۲۱

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی تأثیر آب‌های شور بر برخی ویژگی‌های خاک، تحت سه تیمار شوری آب، شامل ۳/۴-۱/۶، ۹-۸ و ۱۲/۵- dSm^{-1} (شوری کم، متوسط و زیاد) و دو تیمار مدیریت آبیاری در چهار تکرار با تناوب زراعی گندم، آیش، چغندر قند و گلرنگ اجرا شد. نتایج نشان داد کاربرد مدیریت (۱) آب با شوری کم در اول فصل زراعی و آب با شوری متوسط یا زیاد در بقیه فصل، در مقایسه با مدیریت (۲) آبیاری یکنواخت با شوری متوسط یا زیاد در طول فصل، میزان ECE و SAR خاک را کاهش و عملکرد محصول را افزایش می‌دهد. عملکرد گندم، چغندر قند و گلرنگ بر اثر کاربرد مدیریت (۱) همراه با آب با شوری متوسط نسبت به مدیریت یکنواخت (۲) با شوری متوسط، به ترتیب ۲۶/۵، ۷/۴ و ۳۶/۴ درصد افزایش داشت. کاربرد مدیریت (۱) همراه با شوری آب زیاد، میزان عملکرد گندم را حدود ۹۴ درصد و گلرنگ را بیش از ۱۰۰ درصد نسبت به مدیریت یکنواخت (۲) با شوری زیاد افزایش داد؛ عملکرد چغندر قند نیز تقریباً بدون تغییر بود. تغییرات ECE و SAR نشان داد که مدیریت (۱) همراه با آب با شوری متوسط می‌تواند ضمن حفظ تعادل املاح خاک، شرایط را برای کشت گیاهان متحمل و نیمه‌متحمل به شوری از قبیل گندم، چغندر قند و گلرنگ فراهم آورد.

کلیدواژه‌ها: آبیاری اول فصل، تجمع املاح، شوری خاک، کیفیت آب، نسبت جذب سدیم.

مقدمه

آب‌های شور و لب‌شور از منابع مورد استفاده برای آبیاری محصولات کشاورزی‌اند؛ لیکن، مقدار زیاد نمک در این آب‌ها، کاربرد آن‌ها را برای دستیابی به کشاورزی پایدار بدون اعمال روش‌های مدیریتی مناسب امکان‌پذیر نخواهد کرد. بنابراین، اگر روش‌های مدیریتی مناسب و اصول استفاده از آب‌های شور در کشاورزی رعایت نشود، باعث شورشدن خاک و در پاره‌ای موارد، از بین رفتن زمین‌های زراعی می‌شود. مطالعات مختلفی در جهان و کشور در رابطه با تأثیر بلندمدت و کوتاه‌مدت کاربرد آب‌های شور بر خاک و گیاه انجام شده است. در تحقیقی، تأثیر شوری آب آبیاری در تناوب زراعی بر خاک و گیاه بررسی شد که نتایج نشان داد هرچند افزایش شوری آب آبیاری سبب افزایش شوری و نسبت جذب سدیم خاک شد، در فصولی از سال که بارندگی زیاد است، استفاده از آب‌هایی با شوری فراوان امکان‌پذیر است؛ بدون اینکه ضرر چندانی برای خاک داشته باشد (۱۵). در مطالعه دیگری بیان شد که افزایش محتوای نمک کلرورسدیم در آب آبیاری باعث افزایش شوری عصاره اشباع خاک در تمام عمق‌های مختلف پروفیل خاک می‌گردد. این افزایش در عمق ۷۵ سانتی‌متری خاک برای تمام تیمارهای شوری محسوس‌تر بود (۱۷). در پژوهشی دیگر با اعمال رژیم‌های مختلف آب‌های شور-سدیمی نشان دادند که تمامی رژیم‌های بررسی‌شده، در افزایش شوری و نسبت جذب سدیم خاک مؤثر بوده است. مقدار زیاد SAR خاک، زمینه تخریب ساختمان خاک، کم‌شدن نفوذپذیری، تأثیر ویژه یونی و کمبود تعدادی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان از قبیل پتاسیم، مس، آهن، منگنز و روی را ایجاد می‌کند (۱۲).

در ایران در بسیاری از مناطق مرکزی، جنوب، شرق و جنوب شرقی، منابع آب و خاک به درجات مختلف با مشکل شوری مواجه‌اند و در اغلب مکان‌ها مانند استان‌های

اصفهان و یزد، با اعمال مدیریت‌های مناسب آبیاری و زراعی، به نحو مطلوبی از این گونه منابع بهره‌برداری می‌شود. در منطقه اصفهان، تأثیر کاربرد سه شوری آب آبیاری دو، پنج و هشت دسی‌زیمنس بر متر بر شوری و سدیم یک خاک با بافت سنگین بررسی شد. نتایج این بررسی نشان داد پس از تناوب چهارساله گندم و چغندرقد، شوری عصاره اشباع (ECe) و درصد سدیم تبادل خاک در لایه ۶۰-۱۰ سانتی‌متر افزایش یافت (۲). در مطالعه دیگری، با توجه به نتایج تغییرات ECe در مدت چهار سال اعمال مدیریت‌های مختلف آب‌های شور، در خاکی با بافت سیلتی کلی لوم، بهترین تیمارها در حفظ تعادل املاح خاک به ترتیب مربوط به اعمال آبیاری با شوری حدود ۲/۹ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار مصرف متناوب آب با شوری ۲/۹ و ۶/۲ دسی‌زیمنس بر متر بود (۳). این در حالی بود که میزان شوری خاک در مقایسه با سال اول افزایش نشان داد؛ لیکن مقدار آن در جهت رسیدن به حالت تعادل با آب آبیاری بود (۳). در تحقیقات دیگری نیز به نتایج مشابهی در این زمینه اشاره شده است (۹-۷).

با توجه به اینکه حدود ۳۴ درصد مساحت اراضی کشور به درجات مختلف با مشکل شوری مواجه‌اند (۴) و از طرف دیگر، منابع آب در بیشتر این مناطق دارای مشکل شوری‌اند، بررسی در زمینه مدیریت بهره‌برداری از این قبیل منابع خاک و آب و تأثیر آن بر خاک و گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین، در این مقاله تأثیر میان‌مدت استفاده از آب‌های شور با مدیریت‌های مختلف کاربرد آب با شوری کم در اول فصل زراعی، آب متوسط یا شور در بقیه فصل زراعی و آبیاری با شوری‌های مختلف آب در طول فصل زراعی بر شوری و سدیم خاک در تناوب زراعی گندم، آیش، چغندرقد و گلرنگ برای مدت چهار سال بررسی شد.

مدیریت آب و آبیاری

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، سه تیمار کیفیت آب آبیاری به‌عنوان کرت اصلی بررسی شدند که عبارت‌اند از: ۱. آب با شوری کم S₁، به‌ترتیب در هر سال زراعی ۱/۷، ۱/۶ و ۳/۴ دسی‌زیمنس بر متر؛ ۲. آب با شوری متوسط S₂، ۹، ۸/۰ و ۸/۸ دسی‌زیمنس بر متر؛ ۳. آب با شوری زیاد S₃، ۱۲/۵، ۱۲/۳ و ۱۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر.

دو تیمار مدیریت آبیاری نیز در ایستگاه تحقیقات شوری رودشت اصفهان بررسی شدند: ۱. کاربرد آب با شوری کم S₁ در مرحله جوانه‌زدن و استقرار گیاه در یک یا دو نوبت آبیاری اولیه و پس از این مرحله، کاربرد سه شوری آب فوق تا پایان فصل زراعی (GU)؛ ۲. آبیاری یکنواخت با کیفیت‌های یادشده از ابتدا تا انتهای فصل زراعی (GQ) به‌عنوان کرت فرعی به صورت طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در قالب کرت‌های یک بار خردشده (اسپلیت پلات) در چهار تکرار. این بررسی در کرت‌های ثابت به مساحت ۱۲۵ مترمربع (۵×۲۵ متر) برای مدت چهار سال، در تناوب کشت گیاهان گندم، آیش، چغندر قند و گلرنگ انجام شد.

در این آزمایش، تیمار S₁ به‌عنوان آب با کیفیت مناسب (شوری کم) از آب رودخانه زاینده‌رود، تیمار S₂ از آب چاه سطحی موجود در محل آزمایش یا اختلاط آب رودخانه و زه‌آب و تیمار S₃ از زه‌آب موجود در ایستگاه تأمین شد. در مواقعی که میزان شوری آب آبیاری با مقادیر مطلوب فاصله داشت، از ترکیب آب‌های مختلف در محل اجرای طرح، آب با شوری مورد نظر تهیه شد. سپس به‌وسیله هدایت‌سنج صحرایی اندازه‌گیری و نمونه لازم تهیه شد. در آخر هم ویژگی‌های شیمیایی آن در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

با توجه به طبقه‌بندی آیرز و وستکات (۵)، آب استفاده‌شده در تیمار S₁ از نظر شوری، در دو سال اول زراعی در گروه متوسط و در سال سوم قدری زیادت‌تر و در گروه با محدودیت زیاد قرار گرفت. جذب سدیم (نفوذپذیری) نیز بدون محدودیت گزارش شده است. تیمار S₂ و S₃ از لحاظ شوری دارای محدودیت شدید برای آبیاری و از لحاظ نسبت جذب سدیم بدون محدودیت دسته‌بندی می‌شود.

جدول ۱. نتایج تجزیه شیمیایی آب‌های استفاده‌شده در سه سال زراعی

تیمار	سال زراعی	EC (dSm ⁻¹)	pH	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Na ⁺	SAR	
		میلی‌اکی‌والان بر لیتر (meqL ⁻¹)								
	اول	۱/۷	۷/۴	۳/۲	۱۱/۶	۷/۱	۶/۶	۱۱/۲	۶/۲	
S ₁	دوم	۱/۶	۷/۸	۲/۸	۱۰/۷	۳/۴	۸/۱	۹/۲	۴/۶	
	سوم	۳/۴	۷/۸	۴/۴	۲۵	۱۶	۱۴	۳۱	۱۱/۷	
	اول	۹	۷/۲	۴/۹	۶۸/۱	۳۱/۸	۳۲/۶	۶۶/۹	۱۶/۶	
S ₂	دوم	۸	۷/۸	۴/۶	۵۹/۲	۲۱/۵	۲۲/۶	۶۳/۷	۱۸/۹	
	سوم	۸/۸	۷/۶	۴/۹	۵۰	۴۱	۲۶	۶۹/۶	۱۹/۳	
	اول	۱۲/۵	۷/۴	۴/۶	۱۰۴/۳	۲۶/۲	۳۵	۱۰۱	۲۴/۱	
S ₃	دوم	۱۲/۳	۷/۸	۴/۹	۹۷/۷	۳۷/۳	۳۵/۷	۱۰۵/۲	۲۴/۹	
	سوم	۱۱/۲	۷/۷	۵/۲	۷۳	۵۲	۳۵	۹۵/۲	۲۲/۸	

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۵ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴

اساس حدود ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A واقع در ایستگاه کلیماتولوژی محل اجرا اعمال شد. به‌منظور تنظیم حجم آب ورودی به کرت‌ها از کتورهای حجمی استفاده شد. میزان آب کاربردی در هر نوبت آبیاری شامل میزان تبخیر و تعرق محاسبه‌شده، به انضمام سهم آب‌شویی اعمال گردید که بر اساس حدود ۷۵ درصد پتانسیل عملکرد (۵) محاسبه شد. در جدول ۲، میانگین میزان آب کاربردی به انضمام بارندگی و سهم آب‌شویی حاصل شده برای تیمارهای مختلف شوری آب آبیاری ارائه شده است. در پایان هر سال زراعی، عملکرد گیاهان این مطالعه اندازه‌گیری و ارائه گردید.

نمونه خاک در سال اول زراعی قبل از کاشت (OS)، در انتهای هر فصل هم‌زمان با برداشت (H) و در مرحله استقرار گیاه (ES) از اعماق مختلف ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری از هر کرت آزمایشی تهیه شد. نیز هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع، pH، آنیون‌های کلر، سولفات، بی‌کربنات، کربنات و کاتیون‌های کلسیم و منیزیم، سدیم و نسبت جذب سدیم آن‌ها تعیین شد. تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها با روش آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد توسط نرم‌افزار آماری SAS انجام گرفت. همچنین از نرم‌افزار Excel برای رسم نمودارها استفاده شد.

در سال اول زراعی، گندم پاییزه (رقم سپاهان) در اواخر آذر کشت و در نیمه اول تیر برداشت شد. در طول فصل زراعی، هفت نوبت آبیاری انجام شد که دو نوبت آن آب رودخانه برای تیمار مدیریت آبیاری GU مصرف شد. مقدار بارندگی در طول دوره رشد، ۸۷ میلی‌متر و در ۱۹ نوبت روی داد. سال دوم زراعی، چغندر قند هیبرید (P.29*MSC2) در نیمه اول اردیبهشت کشت و در آخر آذر برداشت شد. مقدار بارندگی در دوره رشد، فقط ۱۰ میلی‌متر بود که در یک نوبت روی داد. در این سال زراعی، یازده نوبت آبیاری شد که یک نوبت آن بر اساس تیمار مدیریت آبیاری GU از آب رودخانه استفاده شد. کشت گلرنگ (زنده‌رود) در سال سوم زراعی در آخر فروردین انجام و در نیمه اول مرداد برداشت شد و شش نوبت آبیاری انجام گردید که دو نوبت آن از آب رودخانه به‌عنوان تیمار مدیریت آبیاری GU استفاده شد. میزان بارندگی در طول دوره رشد، ۳ میلی‌متر و در یک نوبت روی داد.

در این بررسی، آبیاری‌ها بر اساس داده‌های تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A از طریق محاسبه میزان تبخیر، تعرق گیاه مرجع و اعمال ضریب گیاهی صورت گرفت. دور آبیاری متناسب با میزان تبخیر و رشد گیاه متغیر و بر

جدول ۲. مقدار آب مصرفی و سهم آب‌شویی تیمارهای شوری آب آبیاری و گیاهان مورد تناوب

صفت تیمار شوری	گندم		چغندر قند		گلرنگ	
	میزان آب کاربردی (میلی‌متر)	سهم آب‌شویی (%)	میزان آب کاربردی (میلی‌متر)	سهم آب‌شویی (%)	میزان آب کاربردی (میلی‌متر)	سهم آب‌شویی (%)
S ₁	۶۷۶	۱	۱۴۱۹	۱/۸	۸۰۸	۳
S ₂	۶۹۷	۴	۱۵۱۳	۸/۵	۸۵۲	۸/۷
S ₃	۷۱۵	۶/۷	۱۵۵۶	۱۱/۶	۸۹۶	۱۴/۳

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۵ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴

نتایج و بحث

سنگین (رُس) و میزان شوری به نسبت زیاد بود و هر سه عمق در دسته خاک‌های شور قرار می‌گیرند.

میانگین برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش، قبل از کشت سال اول زراعی، در جدول ۳ نشان داده شده است. خاک محل اجرای آزمایش دارای بافت

جدول ۳. برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک در ابتدای سال اول زراعی

SAR	Na ⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	pH	ECe (dSm ⁻¹)	عمق خاک (سانتی‌متر)
								میلی اکی والان بر لیتر
۷/۵	۳۵	۴۳/۶	۳۳/۷	۴۰/۳	۳/۶	۷/۶	۶/۸	۰-۳۰
۶/۳	۲۸/۵	۴۱/۴	۳۵/۴	۳۰	۳/۵	۷/۶	۶/۲	۳۰-۶۰
۸/۳	۳۶/۵	۳۹	۴۰	۳۰	۳/۵	۷/۷	۶/۵	۶۰-۹۰

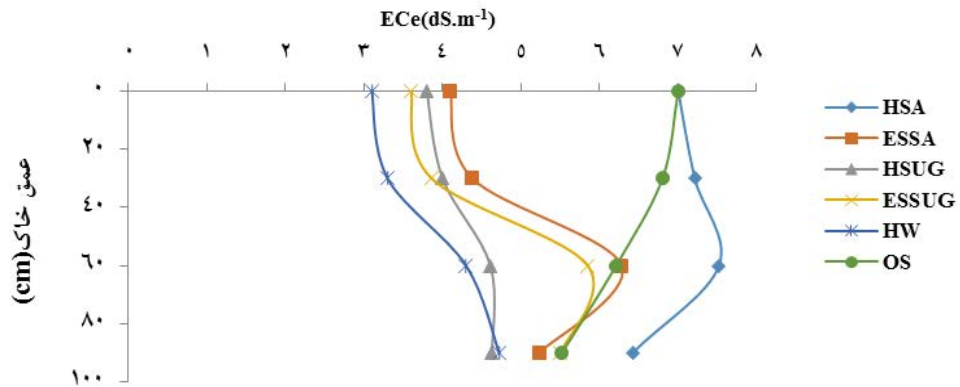
شوری عصاره اشباع خاک (ECe)

میانگین ECe در تیمارهای شوری آب آبیاری S₂ و S₃ در پایان فصل زراعی گندم (HW) نسبت به ECe اول فصل زراعی (OS) افزایش و در تیمار S₁ کاهش نشان داد. در سال دوم زراعی، تغییرات زیادی در ECe در مرحله استقرار گیاه چغندر قند (SSUG) نسبت به پایان فصل زراعی گندم (HW) مشاهده نشد. در تیمارهای S₂ و S₃ با توجه به شوری نسبتاً زیاد پایان فصل زراعی گندم، قدری کاهش شوری به ویژه در لایه ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک مشاهده شد. در تیمار S₁ شوری در لایه عمقی ۰-۶۰ و ۳۰-۹۰ سانتی‌متری افزایش نشان داد. مقایسه ECe در زمان استقرار گیاه چغندر قند با پایان فصل زراعی (HSUG) نشان داد که شوری خاک در تیمارهای S₂ و S₃ و اعماق مختلف خاک در پایان فصل زراعی افزایش یافته است. در تیمار S₁، میزان افزایش شوری در لایه سطحی خاک به مقداری ناچیز مشاهده شد و در لایه‌های عمقی، حدود یک واحد کاهش شوری خاک را به دنبال داشت.

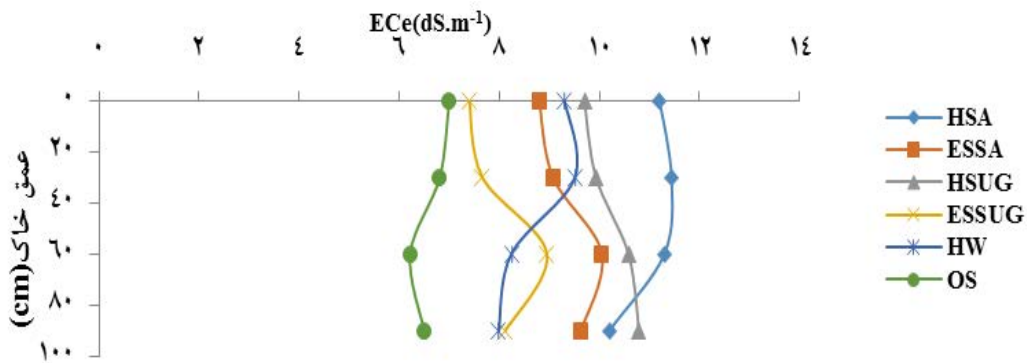
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای شوری آب آبیاری در زمان برداشت محصول گندم، در مرحله استقرار گیاه و پایان فصل زراعی چغندر قند و گلرنگ، تأثیر بسزایی (P<۰/۰۱) بر ECe اعماق ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری خاک داشته است. اعمال تیمار مدیریت آبیاری روی ECe در اعماق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری خاک در پایان فصل زراعی گندم، مرحله استقرار گیاه چغندر قند و پایان فصل زراعی گلرنگ، تأثیر بسیار معنی‌داری (P<۰/۰۱) داشته است. تیمار مدیریت آبیاری در مرحله استقرار گیاه گلرنگ و پایان فصل زراعی چغندر قند تأثیر بسیار معنی‌داری بر شوری خاک در عمق سطحی ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک نشان داده است. تأثیر تیمار مدیریت آبیاری بر ECe در عمق ۶۰-۹۰ سانتی‌متری خاک نیز معنی‌دار (P<۰/۰۵) بود.

میانگین ECe تیمارهای شوری آب آبیاری S₁، S₂ و S₃ در مراحل مختلف در طول سه سال زراعی گیاهان این مطالعه در لایه‌های مختلف خاک، در شکل ۱ تا ۳ ارائه شده است.

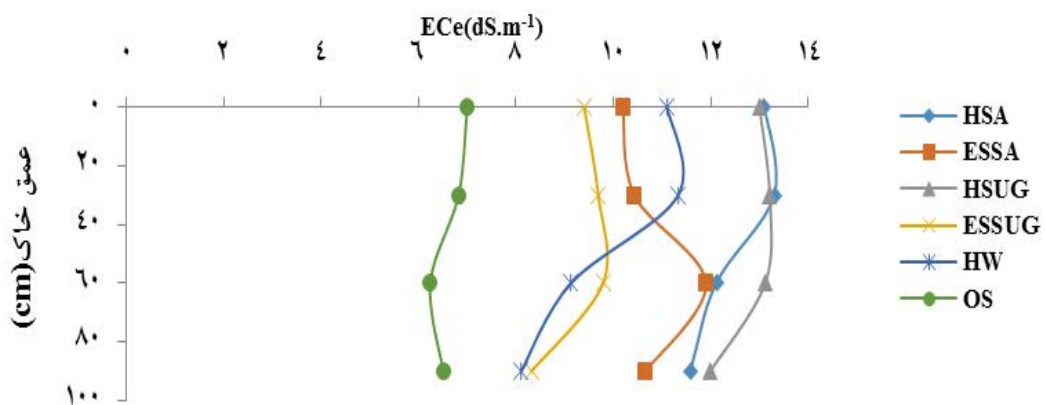
مدیریت آب و آبیاری



شکل ۱. روند تغییرات هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در اثر شوری آب آبیاری در طول سه سال زراعی تیمار S₁



شکل ۲. روند تغییرات هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در اثر شوری آب آبیاری در طول سه سال زراعی در تیمار S₂



شکل ۳. روند تغییرات هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در اثر شوری آب آبیاری در طول سه سال زراعی در تیمار S₃

OS: قبل از کاشت گندم، HW: مرحله برداشت گندم، SSUG: مرحله استقرار چغندر قند، HSUG: مرحله برداشت چغندر قند، SSA: مرحله استقرار گلرنگ، HSA: مرحله برداشت گلرنگ.

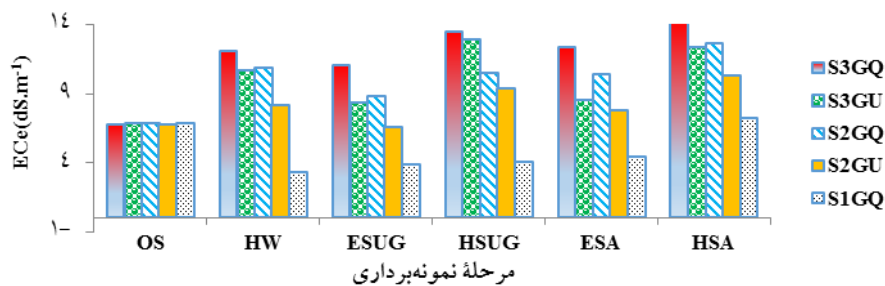
مدیریت آب و آبیاری

دوره ۵ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴

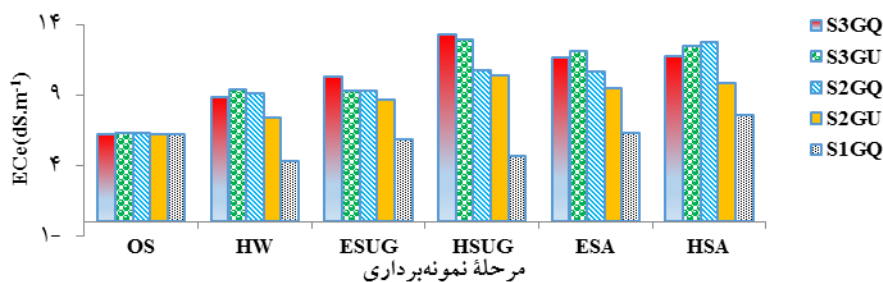
اثر مدیریت آبیاری با آب شور بر شوری خاک در یک دوره تناوب زراعی

آب آبیاری در شکل‌های ۴ تا ۶ ارائه شده است. میزان ECE در پایان سال اول در اثر متقابل شوری در مدیریت آبیاری S₁GQ کاهش و در بقیه اثرهای متقابل، در مقایسه با شروع فصل زراعی افزایش داشت. این در حالی است که افزایش ECE به ترتیب در تیمارهای S₃GU، S₂GQ، S₃GQ و S₂GU مشاهده شد. میزان افزایش شوری در تیمارهای یادشده، در لایه‌های سطحی بیشتر از لایه‌های عمقی خاک بود. در مرحله استقرار گیاه چغندر قند، با آبیاری اولیه، مقدار ECE در تیمار S₁GQ کمی افزایش داشت؛ ولی در تیمارهای دیگر مقدار آن نسبت به پایان سال اول زراعی کاهش نشان داد. میزان کاهش در لایه ۰-۳۰ سانتی‌متری بیشتر و متناسب با تیمار شوری و مدیریت آبیاری بود. کاهش ECE در تیمارهای S₂GU و S₃GU به‌ویژه در لایه سطحی بیشتر از تیمارهای S₂GQ و S₃GQ بود.

مقایسه میزان ECE مرحله استقرار گیاه گلرنگ (SSA) با پایان فصل زراعی چغندر قند نشان داد که در تیمار S₁ شوری لایه سطحی خاک، تغییر چشمگیری نکرد؛ ولی در لایه‌های عمقی خاک، قدری افزایش شوری دیده شد. در تیمار S₂ تغییرات درخور ملاحظه‌ای وجود نداشت. در تیمار S₃ با توجه به شوری آب آبیاری و املاح تجمع‌یافته در پایان فصل زراعی سال دوم و انجام اولین آبیاری گلرنگ، مقدار شوری در لایه سطحی به مقدار سه واحد و در لایه‌های عمقی خاک یک واحد کاهش داشت. در پایان سال سوم (HSA) زراعی، مقدار ECE در مقایسه با اول فصل در سه تیمار شوری آب آبیاری و اعماق مورد مطالعه افزایش داشت. افزایش شوری در تیمار S₁ به دلیل زیادتشدن شوری این تیمار در این فصل زراعی است. روند تغییرات ECE در اثر متقابل شوری در مدیریت



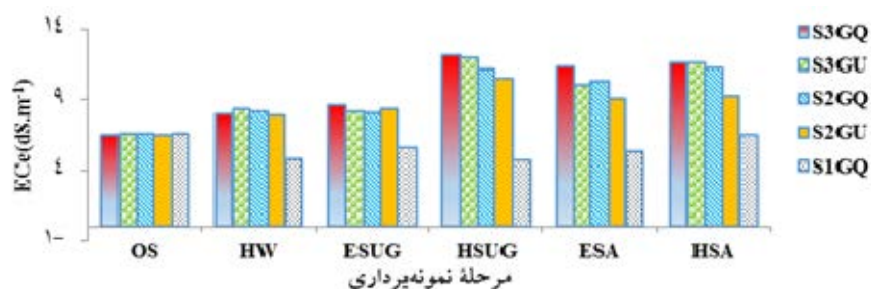
شکل ۴. اثر متقابل شوری و مدیریت آب آبیاری بر روند تغییرات هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در طول سه سال در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری



شکل ۵. اثر متقابل شوری و مدیریت آب آبیاری بر روند تغییرات هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در طول سه سال در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۵ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴



شکل ۶. اثر متقابل شوری و مدیریت آب آبیاری بر روند تغییرات هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در طول سه سال در عمق ۶۰-۹۰ سانتی متری

زراعی توانسته است شوری لایه سطحی خاک را به مقدار درخور توجهی کاهش دهد. این امر سبب افزایش قدرت جوانه زنی بذور گیاهان مورد کشت می شود. شوری لایه های عمیق تر خاک در دو سال اول زراعی، افزایش یا تغییر چشمگیری نداشتند. این در حالی است که شوری لایه های عمیق تر خاک در سال سوم زراعی، قدری کاهش نشان داد.

افزایش شوری آب آبیاری باعث افزایش شوری خاک شده است. تعدادی از محققان در تحقیقات خود در این زمینه به نتایج مشابهی دست یافتند (۱۷، ۱۰، ۷). آبیاری با آب غیرشور تا مرحله جوانه زنی و استقرار گیاه، باعث کاهش شوری خاک شده است و میزان کاهش شوری به کیفیت و کمیت آب کاربردی بستگی دارد. برخی مطالعات نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. در این پژوهش شوری خاک با افزایش شوری آب آبیاری افزایش یافت و تأثیر آن در نزدیکی سطح خاک بیشتر بود (۱۴).

نسبت جذب سدیم خاک (SAR)

تجزیه واریانس داده ها نشان داد که تیمارهای کیفیت آب آبیاری در مرحله برداشت محصول گندم، چغندر قند و گلرنگ و در مرحله جوانه زدن و استقرار این گیاهان، تأثیر بسیار معنی داری ($P < 0/01$) بر SAR خاک در اعماق مختلف خاک داشته است. مدیریت آبیاری نیز تأثیر بسیار

ECe در مرحله برداشت چغندر قند نسبت به اول فصل زراعی، تغییر چشمگیری در لایه سطحی تیمار S1GQ وجود نداشت؛ لیکن در لایه عمیق خاک کاهش نشان داد. ECe در پایان سال دوم زراعی، به ترتیب در تیمارهای S1GQ، S2GU، S2GQ، S3GU، S3GQ از بیشترین تا کمترین مقدار و تقریباً متناسب با شوری و مدیریت آب آبیاری بود.

مقدار ECe در مرحله استقرار گیاه گلرنگ (SSA) نسبت به پایان سال دوم (HSUG) در تیمارهای S2GU و S3GU در هر سه عمق خاک، کاهش درخور ملاحظه ای داشت. در تیمار S3GQ میزان کاهش کمتر از تیمارهای یاد شده و در تیمار S2GQ تغییر محسوس نبود. شوری خاک در لایه های عمیق تیمار S1GQ، قدری افزایش نشان داد. در پایان سال سوم زراعی (HSA)، ECe نسبت به اول فصل در همه تیمارهای مورد بررسی افزایش نشان داد. در تیمارهای S1GQ، S2GU، S3GU، S2GQ، S3GQ، به ترتیب در عمق ۳۰-۳۰ سانتی متری ۱۴/۳، ۱۲/۶، ۱۲/۳، ۱۰/۳ و ۷/۲ دسی زیمنس بر متر گزارش شد. مقدار ECe در لایه های عمیق تر خاک، کمتر از لایه سطحی بود. مقدار افزایش شوری خاک به شوری آب آبیاری کاربردی بستگی دارد؛ باین حال به شوری خاک در مرحله استقرار گیاه نیز وابسته بوده است. کاربرد آب غیرشور (شوری کم) در اول فصل

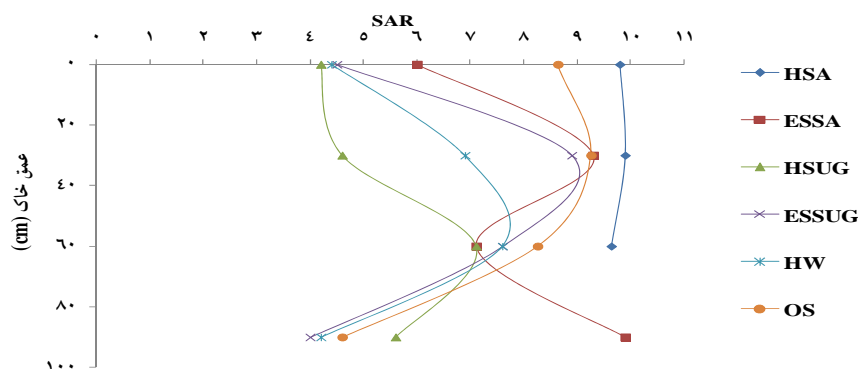
اثر مدیریت آبیاری با آب شور بر شوری خاک در یک دوره تناوب زراعی

کاهش و در تیمارهای S_2 و S_3 متناسب با کیفیت آب آبیاری افزایش داشت.

در اوایل سال سوم زراعی، SAR در تیمار S_1 با توجه به شوری آب مصرفی این تیمار در این سال زراعی، در هر سه لایه مورد مطالعه در مقایسه با پایان فصل دوم زراعی افزایش درخور توجهی داشت. آبیاری اول فصل زراعی در تیمارهای S_2 و S_3 سبب شد قدری از املاح تجمع یافته فصل زراعی قبل شسته شود و کاهش SAR مشاهده گردد. در پایان سال سوم، در هر سه تیمار کیفیت آب و اعماق یادشده میزان SAR نسبت به پایان فصل دوم زراعی و شروع سال اول زراعی افزایش داشت. میزان این افزایش در تیمارهای S_2 و S_3 و در لایه سطحی، کاملاً مشهود بود. به طور کلی، اعمال تیمارهای S_2 و S_3 پس از سه دوره کشت، سبب افزایش SAR شد؛ به طوری که خاک مورد مطالعه که براساس طبقه بندی انجام شده توسط سازمان خواربار و کشاورزی جهانی (۵) جزء خاک های شور به حساب می آمد، به خاک شور و سدیمی تغییر یافت. با توجه به تغییرات کیفیت آب تیمار S_1 در طول سه سال، میزان SAR خاک در پایان سال سوم زراعی کمی بیش از میزان اولیه رسید.

معنی داری بر SAR خاک در مرحله برداشت این گیاهان در ۳۰-۳۰ سانتی متری داشت. همچنین تأثیر بسیار معنی داری در مرحله استقرار گیاه چغندر قند و گلرنگ در لایه سطحی خاک مشاهده شد. تأثیر متقابل کیفیت و مدیریت آب در مرحله استقرار و برداشت گیاه چغندر قند در لایه سطحی خاک نیز معنی دار بود. مدیریت آبیاری در مرحله استقرار و برداشت گلرنگ تأثیر بسیار معنی داری بر SAR لایه های عمقی خاک داشت. همچنین در مرحله برداشت گندم، تأثیر بسیار معناداری در عمق ۶۰-۳۰ سانتی متری خاک مشاهده شد. در شکل های ۷ تا ۹، میانگین SAR تیمارهای S_1 ، S_2 و S_3 در سه سال و اعماق مختلف خاک ارائه شد. در پایان فصل زراعی گندم، میزان SAR با شوری آب افزایش یافته است؛ ولی میزان افزایش در لایه سطحی محسوس تر است. همچنین مقایسه اول فصل زراعی با پایان فصل زراعی گندم، افزایش SAR را در دو تیمار S_2 و S_3 و کاهش SAR را در تیمار S_1 در سه لایه بررسی شده نشان می دهد.

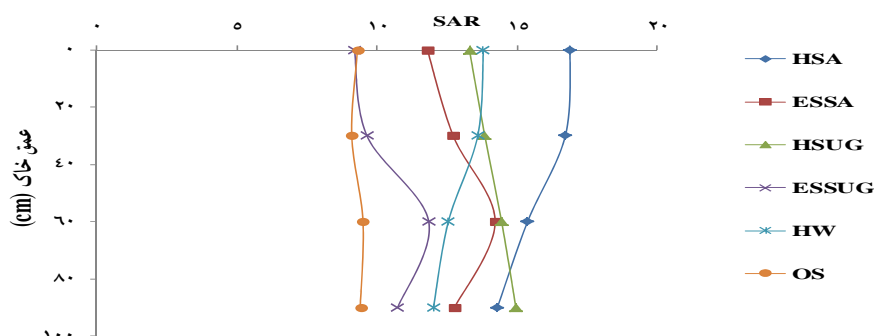
SAR خاک در تیمار S_1 در مرحله استقرار چغندر قند، تفاوت درخور ملاحظه ای با پایان سال اول زراعی نداشت؛ ولی در تیمار S_2 و S_3 کاهش نشان داد. میزان کاهش در لایه سطحی محسوس بود. در پایان سال دوم، SAR در لایه های عمقی خاک و در تیمار S_1 به طور معنی داری



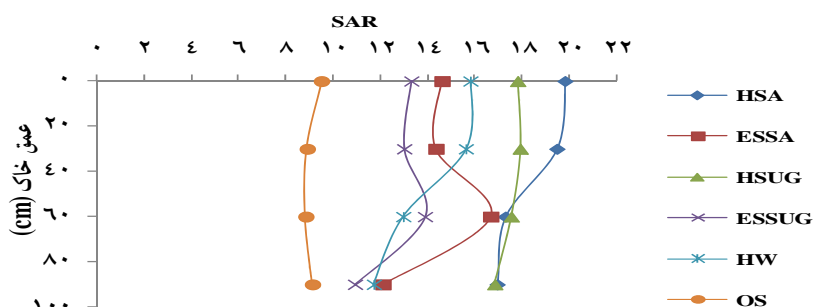
شکل ۷. روند تغییرات نسبت جذب سدیم خاک (SAR) در اثر شوری آب آبیاری در طول سه سال زراعی در تیمار S_1

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۵ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴



شکل ۸. روند تغییرات نسبت جذب سدیم خاک (SAR) در اثر شوری آب آبیاری در طول سه سال زراعی در تیمار S₂



شکل ۹. روند تغییرات نسبت جذب سدیم خاک (SAR) در اثر شوری آب آبیاری در طول سه سال زراعی در تیمار S₃

زراعی کاهش نشان داد. میزان این کاهش در لایه سطحی خاک معنادار و متناسب با تیمار شوری و مدیریت آبیاری بود. کاهش SAR در تیمارهای S₂GU و S₃GU به ویژه در لایه سطحی، بیشتر از تیمارهای S₂GQ و S₃GQ بود. SAR در تیمار S₁GQ در پایان سال دوم زراعی نسبت به اول فصل زراعی در لایه سطحی تغییر درخور توجهی نداشت؛ لیکن در لایه عمیق خاک کاهش نشان داد. میزان SAR در پایان سال دوم زراعی نسبت به اول فصل در تیمارها و اعماق مختلف افزایش داشت. کاربرد آب غیرشور در اول فصل زراعی در تیمارهای S₂GU و S₃GU سبب کاهش SAR نسبت به تیمارهای S₂GQ و S₃GQ در هر سه لایه مورد بررسی شد. میزان کاهش در لایه سطحی معنادار و با شوری و مدیریت آب آبیاری متناسب بود. SAR در مرحله استقرار گلرنگ نسبت به پایان سال دوم در اثر متقابل

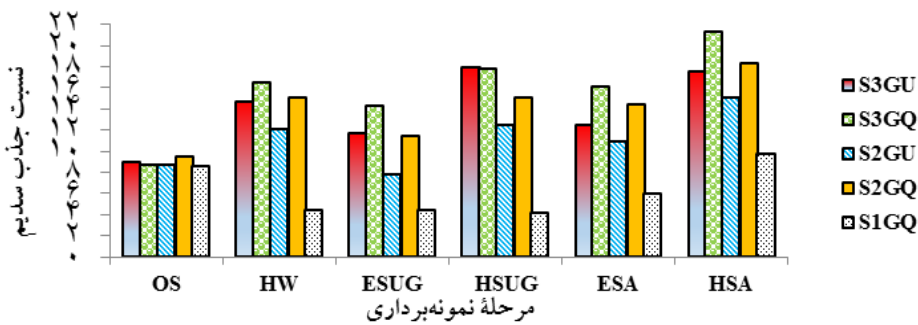
روند تغییرات SAR در اثر متقابل شوری در مدیریت آب در سه سال زراعی و اعماق مورد مطالعه در شکل های ۱۰ تا ۱۲ ارائه شده است. SAR در پایان سال اول زراعی در تیمار S₁GQ و در اعماق مختلف کاهش داشت. در تیمارهای S₂GU، S₃GU، S₂GQ و S₃GQ میزان SAR نسبت به شروع فصل زراعی و در هر سه عمق خاک افزایش یافت. این در حالی است که میزان SAR در تیمارهای S₂GU و S₃GU اعمال مدیریت آب غیرشور در اول فصل زراعی، به طور معناداری در لایه سطحی خاک در مقایسه با تیمارهای S₂GQ و S₃GQ کاربرد آب شور در تمام فصل زراعی، کاهش داشته است.

در سال دوم زراعی، با آبیاری اولیه، میزان SAR در تیمار S₁GQ افزایش داشت؛ لیکن این افزایش معنادار نبود و مقدار آن در تیمارهای دیگر نسبت به پایان سال اول

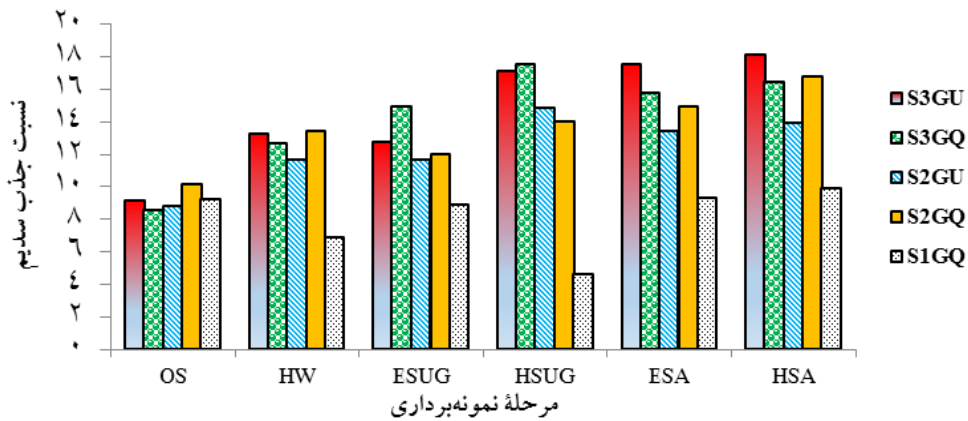
اثر مدیریت آبیاری با آب شور بر شوری خاک در یک دوره تناوب زراعی

افزایش SAR در تیمار S₁GQ با توجه به شورشدن آب غیرشور ایجاد شد.

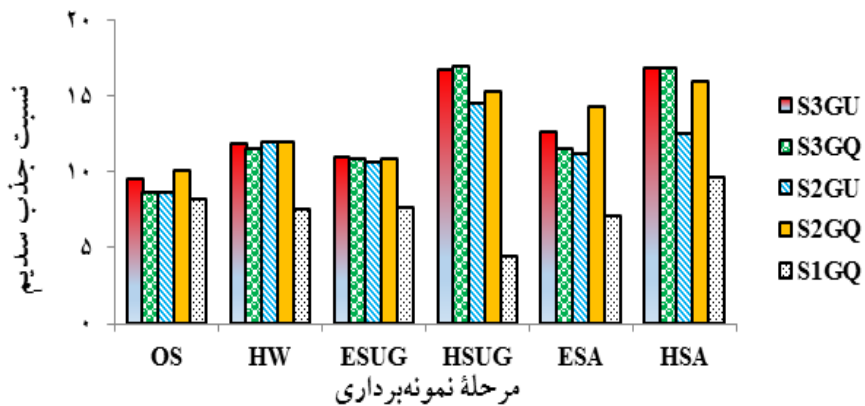
شوری در مدیریت، به جز تیمار S₁GQ، در هر سه عمق خاک کاهش درخور ملاحظه‌ای داشت. میزان کاهش در لایه سطحی و عمقی‌تر بیشتر محسوس بود؛ با وجود این،



شکل ۱۰. روند تغییرات نسبت جذب سدیم خاک در اثر متقابل شوری و مدیریت آبیاری در طول سه سال زراعی در عمق ۰-۳۰ سانتی متری



شکل ۱۱. روند تغییرات نسبت جذب سدیم خاک در اثر متقابل شوری و مدیریت آبیاری در طول سه سال زراعی در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری



شکل ۱۲. روند تغییرات نسبت جذب سدیم خاک در اثر متقابل شوری و مدیریت آبیاری در طول سه سال زراعی در عمق ۶۰-۹۰ سانتی متری

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۵ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴

به ترتیب ۳۷ و ۵۱ درصد بود. میانگین عملکرد دانه گندم در تیمار مدیریت آبیاری GU نسبت به تیمار GQ حدود ۷ درصد افزایش نشان داد. میزان افزایش عملکرد دانه گندم در اثر متقابل S₂GU (کاربرد آب با شوری کم در اول فصل زراعی) نسبت به تیمار S₂GQ، حدود ۲۶/۵ درصد است. این افزایش در تیمار S₃GU نسبت به تیمار S₃GQ، ۴۸/۶ درصد به دست آمد. بنابراین، اعمال مدیریت آبیاری تأثیر عمیقی بر افزایش عملکرد دانه گندم داشته است. همچنین شوری خاک (عمق ۹۰-۰ سانتی متری) در تیمارهای S₂ و S₃ با اعمال مدیریت آبیاری GU در انتهای سال زراعی گندم، به ترتیب ۱۶/۵ و ۳/۲ درصد نسبت به تیمار GQ کاهش نشان داد.

در پژوهش دیگری که در این زمینه انجام گرفت، کاهش عملکرد دانه را در گیاهانی که از ابتدا با آب شور آبیاری می‌شوند، به اثر شوری آب آبیاری بر درصد جوانه‌زنی بذر نسبت دادند (۱۶). به نظر می‌رسد در این تحقیق، کاهش عملکرد دانه در تیمارهایی که مدیریت آبیاری GU در آن‌ها اعمال نشده است، در اثر کاهش درصد جوانه‌زنی بذور و به دنبال آن، پنجه‌زنی کمتر اتفاق افتاده باشد.

اثر شوری آب آبیاری بر عملکرد قند قابل استحصال چغندر قند در سطح احتمال آماری، ۱ درصد معنادار بود؛ لیکن مدیریت آبیاری و اثر متقابل شوری در مدیریت آبیاری معنادار نبود. عملکرد قند قابل استحصال در تیمارهای شوری آب آبیاری S₁ و S₂، به ترتیب با میانگین ۷۴۴۷ و ۶۹۵۰ کیلوگرم در هکتار در گروه اول و تیمار S₃ با ۶۷۲۵ کیلوگرم در هکتار در گروه دوم قرار دارند. عملکرد قند قابل استحصال در تیمار S₂ نسبت به تیمار S₁، ۶/۹ درصد کاهش داشت. این کاهش در تیمار S₃ نسبت به تیمار S₁، ۱۰/۹ درصد و در تیمار S₃ نسبت به تیمار S₂، ۳/۷ درصد بود. عملکرد قند قابل استحصال در تیمار GU

در پایان سال سوم زراعی، همه تیمارها و اعماق خاک مورد بررسی، در مقایسه با سال اول افزایش نشان دادند. میزان SAR در تیمارهای S₁GU، S₂GU، S₃GU، S₂GQ، S₃GQ و S₁GQ، به ترتیب در لایه ۰-۳۰ سانتی متری خاک ۲۱/۴، ۱۷/۵، ۱۸/۴، ۱۵/۰ و ۹/۸ بود. میزان SAR خاک در لایه‌های عمیق‌تر خاک، کمتر از لایه سطحی بود. مقدار افزایش SAR خاک به شوری آب آبیاری بستگی دارد؛ ولی به شوری خاک در ابتدای فصل و وقوع زمان نمونه‌برداری نیز وابسته است. میانگین SAR در تیمارهای شوری در مدیریت حاکی از این مطلب است که کاربرد آب غیرشور در اول فصل زراعی توانسته است SAR لایه سطحی خاک را به گونه‌ای معنادار کاهش دهد. این امر سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و افزایش قدرت جوانه‌زنی بذور گیاهان مورد کشت می‌شود.

با افزایش میزان شوری آب آبیاری، SAR خاک به‌طور معناداری افزایش داشت که یکی از علت‌های آن را می‌توان غلظت املاح ورودی آب آبیاری به خاک دانست. کانی‌های رسی خاک نیز با توجه به افزایش کاتیون‌های محلول در خاک، جذب بیشتری داشته‌اند. برخی از مطالعات، افزایش میزان SAR خاک را بر اثر افزایش میزان شوری و SAR آب آبیاری گزارش کرده‌اند (۱، ۱۱).

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد گیاهان این مطالعه

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه گندم در اثر تیمارهای شوری و مدیریت آبیاری در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود. میانگین عملکرد دانه گندم در تیمار شوری آب آبیاری S₁ با مقدار ۵۸۹۲ کیلوگرم در هکتار در گروه اول و در تیمار S₂ و S₃، به ترتیب با ۳۷۱۷ و ۲۸۸۳ کیلوگرم در هکتار در گروه دوم قرار گرفته است (جدول ۴). میزان کاهش عملکرد دانه گندم در تیمارهای S₂ و S₃ نسبت به تیمار S₁،

مدیریت آب و آبیاری

اثر مدیریت آبیاری با آب شور بر شوری خاک در یک دوره تناوب زراعی

گروه دوم قرار گرفتند. تیمار S₂GQ با میانگین ۱۷۸۷/۷۱ کیلوگرم در هکتار در گروه سوم جای گرفت. تیمار S₃GQ به دلیل در معرض قرارگرفتن گیاهچه‌های گلرنگ با آب شور خشک شدند و عملکردی در این تیمار به دست نیامد. این موضوع نشان می‌دهد اندام هوایی گیاه گلرنگ به شوری حساس است و در صورت استفاده از آب با شوری بیش از ۸ دسی زیمنس بر متر، آبیاری‌های اولیه باید به صورتی انجام شود که روی اندام هوایی گیاه قرار نگیرد. برخی محققان مشاهده کردند که عملکرد دانه گلرنگ تا شوری ۷/۶ دسی زیمنس بر متر تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد (۶). همچنین شوری خاک (عمق ۹۰-۰ سانتی‌متری) در تیمارهای S₂ و S₃ با اعمال مدیریت آبیاری GU در انتهای سال زراعی گلرنگ، به ترتیب ۱۹/۲ و ۳/۷ درصد نسبت به تیمار GQ کاهش نشان داد.

نسبت به تیمار GQ، ۱/۹ درصد افزایش داشت (جدول ۴). شوری خاک (عمق ۹۰-۰ سانتی‌متری) در تیمارهای S₂ و S₃ با اعمال مدیریت آبیاری GU در انتهای سال زراعی چغندر قند، به ترتیب ۶/۳ و ۳/۲ درصد نسبت به تیمار GQ کاهش نشان داد.

اثر شوری و مدیریت آب آبیاری و اثر متقابل این دو فاکتور بر عملکرد دانه گلرنگ، در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود. میانگین نتایج عملکرد دانه گلرنگ (جدول ۴) نشان داد که افزایش شوری آب آبیاری سبب کاهش عملکرد دانه شده است. این در حالی است که اعمال مدیریت GU نسبت به GQ افزایش عملکرد دانه را در پی داشت. بیشترین عملکرد دانه گلرنگ به تیمار S₁GQ مربوط بود که با میانگین ۳۴۸۸/۳۷ کیلوگرم در هکتار، در گروه اول آماری قرار گرفت. تیمارهای S₂GU و S₃GU، به ترتیب با میانگین ۲۴۳۸ و ۲۲۷۲ کیلوگرم در هکتار در

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر تیمارهای شوری آب آبیاری، مدیریت آبیاری و اثر متقابل آنها بر عملکرد گیاهان این مطالعه

تیمار	عملکرد دانه گندم (کیلوگرم بر هکتار)	عملکرد قند قابل استحصال (کیلوگرم بر هکتار)	عملکرد دانه گلرنگ (کیلوگرم بر هکتار)
S ₁	۵۸۹۱/۵	۷۴۴۶/۷	۳۴۸۸/۳۸
S ₂	۳۷۱۶/۷	۶۹۴۹/۷	۲۱۱۲/۷۸
S ₃	۲۸۸۳/۱	۶۷۲۴/۷	۱۱۳۵/۹۶
LSD	۱۴۷۲	۵۹۰	۱۶۷/۳
GU	۳۹۸۰/۲	۶۹۸۴/۴	۲۳۵۴/۸۸
GQ	۳۷۱۰/۱	۶۹۵۲/۱	۱۷۵۸/۷۰
LSD	۵۵۲/۶	۳۱۹/۳	۱۳۳/۸
S ₁ GQ	۵۸۹۱/۵۱	۷۴۴۵/۶۸	۳۴۸۸/۳۷
S ₂ GQ	۳۲۸۲/۲۷	۶۶۸۶/۰۲	۱۷۸۷/۷۱
S ₂ GU	۴۱۵۱/۰۲	۷۱۸۰/۳۴	۲۴۳۷/۸۵
S ₃ GQ	۱۹۵۶/۶۵	۶۷۲۵/۵۴	۰
S ₃ GU	۳۸۰۹/۴۶	۶۷۲۳/۸۸	۲۲۷۲
LSD	۱۷۰۲/۷۱	۴۹۴/۶۳	۲۰۶/۷۶

تفاوت بین دو میانگین، بیشتر از LSD و معنادار در سطح احتمال ۵ درصد

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۵ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴

نتیجه گیری

آبیاری باعث کاهش عملکرد این گیاهان شده است؛ اما اعمال مدیریت آبیاری کاربرد آب با شوری کم در اول فصل زراعی، سبب افزایش عملکرد آنها شده است. - به طور کلی، با اعمال مدیریت کاربرد آب با شوری کم در اول فصل زراعی (GU) می توان آب تا شوری حدود ۸ دسی زیمنس بر متر را برای آبیاری گیاهان متحمل و نیمه متحمل به شوری از قبیل گندم، چغندر قند و گلرنگ به کار برد و هم زمان تعادل املاح را در خاک حفظ کرد.

منابع

۱. آفاخانی ع (۱۳۸۵) تأثیر شوری آب آبیاری و آبشویی خاک در عملکرد گندم. دانشگاه صنعتی اصفهان. اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی.
۲. فیضی م (۱۳۷۳) تأثیر تداوم مصرف آب با کیفیت های مختلف بر خصوصیات شیمیایی خاک. چهارمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان. ایران.
۳. فیضی م (۱۳۸۷) کاربرد بهینه آب های شور در تولید پنبه. پژوهش های خاک (علوم خاک و آب). جلد ۲۲ (۲): ۱۸۸-۱۸۱.
۴. مؤمنی ع (۱۳۸۹) پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری منابع خاک ایران. پژوهش های خاک (علوم خاک و آب). جلد ۲۴ (۳): ۲۱۵-۲۰۳.
5. Ayers RS and Westcot DW (1985) Water quality for agriculture. Irrigation and Drainage Paper No. 29. Rev. 1, FAO, Rome, Italy.
6. Bassil E.S, and Kaffka S.R.(2002) Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to saline soils and irrigation. I. Consumptive water use. *Agricultural Water Management*. 54: 67-80.

- شوری خاک در تیمار کمترین شوری آب (S_1) در انتهای دو سال اول زراعی نسبت به ابتدای سال اول کاهش و در انتهای سال سوم به دلیل افزایش شوری آب آبیاری اندکی افزایش نشان داد. شوری خاک در تیمارهای S_2 و S_3 در انتهای هر سه سال زراعی افزایش نشان داد. در تیمار S_2 با افزایش عمق خاک، کمی افزایش شوری و در تیمار S_3 با افزایش عمق خاک، احتمالاً به دلیل افزایش آبشویی حاصل از جذب کمتر آب توسط گیاه، اندکی کاهش شوری مشاهده شد.

- مدیریت کاربرد آب با شوری کم در مرحله جوانه زدن و استقرار گیاه (GU) در تیمارهای S_2 و S_3 تأثیر معناداری بر کاهش شوری خاک در انتهای هر سال زراعی داشت؛ لیکن تأثیر آن در تیمار S_2 بیشتر بود و در تیمار S_3 تأثیر در خور توجهی بر کاهش شوری خاک ملاحظه نشد. البته، تأثیر آن در مرحله جوانه زدن و استقرار گیاه و افزایش عملکرد گیاهان این مطالعه معنادار بود.

- نسبت جذب سدیم خاک (SAR) در انتهای دو سال اول زراعی در کمترین شوری آب آبیاری (S_1) نسبت به ابتدای سال اول زراعی کاهش و در انتهای سال سوم، اندکی افزایش داشت. SAR با افزایش عمق خاک افزایش یافت؛ لیکن در انتهای سال سوم تقریباً بدون تغییر بود. SAR در تیمارهای S_2 و S_3 در انتهای هر سال زراعی افزایش یافت و با عمق خاک، تقریباً کاهش آن مشاهده شد.

- مدیریت کاربرد آب با شوری کم در اول فصل زراعی (GU) در تیمارهای S_2 و S_3 بر کاهش SAR خاک مفید بود.

- نتایج عملکرد دانه گندم، قند قابل استحصال چغندر قند و دانه گلرنگ نشان داد افزایش شوری آب

مدیریت آب و آبیاری

7. Choudhary OP, Ghuman BS, Josan AS and Bajwa MS (2006) Effect of alternating irrigation with sodic and non-sodic waters on soil properties and sunflower yield. *Agricultural water management*. 85: 151–156.
8. Feizi M, Aghakhani A, Mostafazadeh-Fard B and Heidarpour M (2007) Salt tolerance of wheat according to soil and drainage water salinity. *Pakistan Biological Sciences*. 10(17):2824-2830.
9. Ghane E, Feizi M, Mostafazadeh-Farda B and Landi E (2009) Water productivity of winter wheat in different irrigation/ planting methods using saline irrigation water. *International Agriculture & Biology*. 2: 131-137.
10. Hati KM, Biswas AK, Bandyopadhyay K and Misra AK (2007) Soil properties and crop yields on a vertisol in India with application of distillery effluent. *Soil and Tillage Research*. 92: 60–68.
11. Minhas PS, Dubey SK and Sharma DR (2007) Comparative effects of blending, intera/inter-seasonal cyclic uses of alkali and good quality waters on soil properties and yields of paddy and wheat. *Agricultural Water Management*. 87: 83-90.
12. Murtaza G, Ghafoor A and Qadir M (2006) Irrigation and soil management strategies for using saline-sodic water in a cotton–wheat rotation. *Agricultural Water Management*. 81: 98–114.
13. Oster J.D, Hoffman GJ and Robindon FE (1984) Management alternatives: crop, water and soil. *California Agriculture*. 38: 29-32.
14. Qadir M, Sharma BR, Bruggeman A, Choukr-Allah R and Karajeh F (2007) Non-conventional water resources and opportunities for water augmentation to achieve food security in water scarce countries. *Agricultural water management*. 87: 2-22.
15. Sharma DP and Rao KVGK (1998) Strategy for long term use of saline drainage water for irrigation in semi-arid regions. *Soil Tillage Research*. 48: 287-295.
16. Suyam H, Benes S.E, Robinson P.H, Getachew G, Grattan S.R.and Grieve S.M.(2007) Biomass yield and nutritional quality of forage species under long-term irrigation with saline-sodic drainage water: Field evaluation. *Animal Feed Science Technology*. 135: 329-345.
17. Tedeschi A and Dell'Aquila D (2005) Effects of irrigation with saline waters, at different concentrations, on soil physical and chemical characteristics. *Agricultural Water Management*. 77:120-140.