مجله پژوهش در علوم کشاورزی، سال سوم،
شماره دوم ، زمستان ۱۳۸٦ (صفحه ۲۰٦-۱۹٦)

الگوی توزیع شوری در پروفیل خاک تحت سه رژیم آبیاری در آبیاری کرتی در اراضی شرق اصفهان

محمد امین زارعی*[۱]، سید حسن طباطبائی[۲]، محمد شایان نژاد[۳] و حبیب ا.. بیگی هرچگانی[٤]

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد

۲ و۳ - استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد

٤- استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد

تاریخ دریافت: ۸٦/۵/۱۵ تاریخ پذیرش:۸٦/۱۱/۱۸

چکیده

یکی از مشکلات خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، گرایش آنها به سمت شور شدن است. بنابراین باید مدیریت صحیحی در آبیاری چنین مناطقی صورت گیرد. از مدیریت‌های مهم آبیاری در این زمینه، مدیریت استفاده تلفیقی از منابع آب شور و شیرین می‌باشد. این استفاده به دو شکل، کاربرد تناوبی و مخلوط کردن این آب‌ها قابل اجرا می‌باشد. در این تحقیق به منظور بررسی اثر سه روش تلفیق آب شور و شیرین روی الگوی توزیع شوری در خاک، از طرح آماری اسپیلت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تیمار اصلی و ۵ تیمار فرعی در ۳ تکرار استفاده شد. این طرح در ۹ لایسیمتر اجرا گردید. در هر لایسیمتر خاک در لایه‌های ۱۰ سانتی‌متری ریخته شد و با تراکم ۱/٤٦ گرم بر سانتی‌متر مکعب تا عمق ۱ متری پر گردید. هر لایسیمتر ۵ بار و به میزان لازم برای رساندن رطوبت به FC (۳٤/۳۳٪ حجمی) آبیاری گردید. در تیمار اول (مخلوط) آبیاری با مخلوط آب شور و معمولی (EC= ۷/۵ dS/m)، در تیمار دوم (نیم‌درمیان) در هر بار آبیاری نیمی از آب با آب شور (۱٤ dS/m) و نیم دیگر بلافاصله پس از نفوذ نیم اول با آب معمولی (۱ dS/m) و در تیمار سوم (یک در میان) آبیاری به صورت یک‌درمیان و متناوب، یک نوبت با آب تیمارهای معمولی و بار بعد با آب شور انجام گرفت. نتایج نشان داد که میانگین شوری محلول خاک در تیمارهای مخلوط، نیم‌درمیان و یک‌درمیان تا عمق ۳۰ سانتی‌متری به ترتیب ٦/۸٦ dS/m، ٦/۷٤ و ٤/۸ بود. بر مبنای نتایج این تحقیق، تیمار یک‌درمیان در لایه‌های سطحی (۳۰-۰ cm) شوری خیلی کمتری نسبت به دو تیمار دیگر ایجاد کرده است. در اعماق پایین‌تر (٦۰-۳۰) تیمار مخلوط وضعیت بهتری داشت. در این تیمار شوری حدود ۲/۲ دسی‌زیمنس بر متر کمتر از تیمار یک‌درمیان بوده است. میزان شوری در این لایه در دو تیمار مخلوط و یک در میان به ترتیب ۹/۹۲ و ۱۲/۱ دسی زیمنس‌برمتر بود.

کلمات کلیدی: **مدیریت آبیاری، آبیاری کرتی، توزیع شوری در پروفیل خاک، روش‌های آبیاری با آب شور**

* نویسنده مسئول Email:stabaei@hotmail.com

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

شانزده درصد اراضی زراعی جهان تحت آبیاری است. این اراضی ۵۰٪ کل مواد غذایی دنیا را تأمین می‌کند (۸) به طور کلی تولید محصولات کشاورزی در اراضی تحت آبیاری علیرغم شرایط مناسب آبیاری در پاره‌ای از کشورهای جهان که حتی پروژه‌های آبیاری پیشرفته‌ای نیز دارند زیاد نیست. یکی از عوامل کاهش دهنده میزان تولید در واحد سطح را می‌توان شور شدن اراضی تحت آبیاری دانست که باعث کاهش محصول حتی تا ۹۰٪ هم شده است (٦).

در استفاده از آب‌های شور و شیرین مدیریت‌های گوناگونی قابل اعمال است. از مدیریت‌های مهم در این زمینه کاربرد تلفیقی[1] آب شور و شیرین می‌باشد. استفاده تلفیقی را می‌توان به صورت توسعه و مدیریت هماهنگ منابع آب با کیفیت‌های مختلف تعریف کرد به گونه‌ای که راندمان محصولات در کل سیستم طی یک دوره خاص از مجموع راندمان تک تک محصولات هنگام کاربرد منابع آب به صورت مجزا بیشتر شود. در این باره دو راه‌کار متداول مورد استفاده قرار می‌گیرد: ۱- اختلاط آب‌های شور و شیرین به منظور رسیدن به آبی با شوری مطلوب و ۲- کاربرد تناوبی آب‌های شور و شیرین. در کاربرد تناوبی خیلی اوقات از آب شیرین در مراحل اولیه رشد و از آب‌های شور در مراحل بعدی استفاده می‌شود. همچنین با توجه به نوع گیاه و مرحله رشد آن، آب‌های شیرین و شور ممکن است به صورت دوره‌ای هم مصرف شوند (۵).

فیضی و حقیقت (٤) مدیریت‌های مختلف استفاده از آب‌های شور برای رشد گیاهان زراعی جو، گندم، پنبه و آفتابگردان را در قالب چهار تیمار استفاده تنها از آب‌های شیرین (۱/۳-۱/٦ dS/m)، شور (۵/۱-۸/۹ dS/m) یا لب‌شور (۲/٤-۳/۷ dS/m) و تیمار کاربرد آب شیرین در زمان جوانه زدن و استقرار گیاه و سپس مصرف آب شور یا لب شور مورد بررسی قرار دادند. نتیجه این بود که استفاده تناوبی آب شیرین در مراحل اولیه رشد و استفاده از آب‌های شور و لب‌شور در مراحل بعدی منجر به تولید بالای محصول گردید.

اسماعیلی و لیاقت (۱) به منظور بررسی تأثیر سه روش تلفیق آب شور (با شوری ۷/۳ dS/m) و آب شیرین (۰/۷dS/m) روی توزیع نمک در ناحیه توسعه ریشه، راندمان مصرف آب و عملکرد ذرت، طرحی با سه تیمار استفاده تلفیقی شامل: تیمار نیم‌درمیان (در هر نوبت آبیاری نیمی از آب آبیاری با آب شور و نیم دیگر بلافاصله پس از نفوذ نیم اول با آب شیرین تکمیل می‌شود)، تیمار یک‌درمیان (انجام آبیاری به صورت یک در میان، یک بار با آب شور و بار بعد با آب شیرین) و تیمار مخلوط (آبیاری با مخلوط آب شور و شیرین با شوری ٤dS/m) به انجام رساندند. نتایج دلالت بر ارجحیت روش نیم در میان از هر سه جهت مورد مطالعه داشتند.

حمدی (۱۰) در جهت مقایسه راه‌کارهای تناوبی و اختلاط آب تحقیقی را به انجام رساند که نتایج بدست آمده تأکید بیشتری بر استفاده متناوب آب در مقایسه با اختلاط آب داشتند. برادفورد و لتی (۷)، مدل حالت غیرماندگار وان‌گنختن–هنکس را برای بررسی اثر گزینه‌های مدیریتی اختلاط و تناوبی آب شور و غیرشور بر روی یونجه در تناوب ذرت–پنبه بکار بردند. نتیجه نشان داد که اگر مقدار آب و املاح مساوی در هر روش مدیریتی به مزرعه داده شود، عملکرد یونجه یکسان خواهد بود. و برای ذرت که حساس به نمک است، روش تناوبی مناسب‌تر و در مورد پنبه که گیاه مقاوم به نمک است، اختلاف معنی‌داری بین دو روش نبود. سینک و گاپتا (۱۵) برای ارزیابی یک مدل مدیریتی در خصوص کاربرد آب‌های شور برای آبیاری و تولید گیاه، نمونه‌های مختلف آب با کیفیت‌های متفاوت را

1 Conjunctive use

Archive of SID

www.SID.ir

به شکل اختلاط و تناوبی روی گندم بکار بردند و نتایج ارزیابی مدل با استفاده از دو نوع آب شور (EC = ۱۲ dS/m) و آب غیر شور (EC = ۰/۵ dS/m) را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج تأکید بر مفید بودن استفاده تناوبی داشتند. سینگ (۲۰۰٤) مدل SWAP را جهت برنامه ریزی آبیاری در تناوب کشت گندم و پنبه برای ارزیابی روش تناوبی کاربرد آب های شور و شیرین به کار برد. نتایج این تحقیق که با کاربرد شش کیفیت آب زیرزمینی (با شوری‌های dS/m ٤، ٦، ٨، ١٠، ١٢ و ١٤) و در تناوب آب کانال (با شوری dS/m ٠/٤-٠/٣) انجام گرفت حاکی از امکان استفاده موفقیت آمیز آب شور تا شوری dS/m ١٤ به شرط استفاده از آب شیرین کانال در آبیاری پیش از کشت بود.

قریشی و همکاران (۱۳) برای بررسی اثرات درازمدت کاربرد مخلوط آب‌های شور و شیرین با کیفیت‌های مختلف بر شوری ناحیه توسعه ریشه یک کار تحقیقی در حوزه رچنا در پاکستان به انجام رساندند. نتیجه این بود که در مناطق با آب زیرزمینی شیرین و بارندگی متوسط به بالا روش اختلاطی کاملاً سودمند است.

بررسی منابع فوق نشان می‌دهد که اکثر تحقیقات بر روی اثر شوری و مدیریت آب شور بر عملکرد متمرکز شده‌اند. بدیهی است آنچه باعث تغییر در میزان عملکرد در مدیریتهای مختلف شوری شده است، الگوی توزیع شوری در نیمرخ‌های مختلف خاک است.

هدف تحقیق حاضر بررسی تأثیر سه روش استفاده تلفیقی از آب شور و شیرین، شامل روش اختلاط، روش نیم‌درمیان و روش یک‌درمیان بر الگوی توزیع شوری در ناحیه ریشه در آبیاری کرتی با در نظر گرفتن توزیع مجدد شوری در خاک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در سال ۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد انجام گرفت. میانگین بارندگی سالانه منطقه سجزی ۱۵۰ میلیمتر و در شهرکرد ۳۲۰ میلی‌متر می‌باشد که با توجه به بارش‌های مدیترانه‌ی (در هر دو منطقه) بارندگی عموما در فصول پائیز و زمستان اتفاق می‌افتد. به همین دلیل آزمایشات در تابستان انجام گرفت. در طی مدت آزمایش میزان بارندگی ناچیز (کمتر از ۲۰ میلیمتر) بود که با پوشش نایلون از ورود آن نیز به خاک جلوگیری شد.

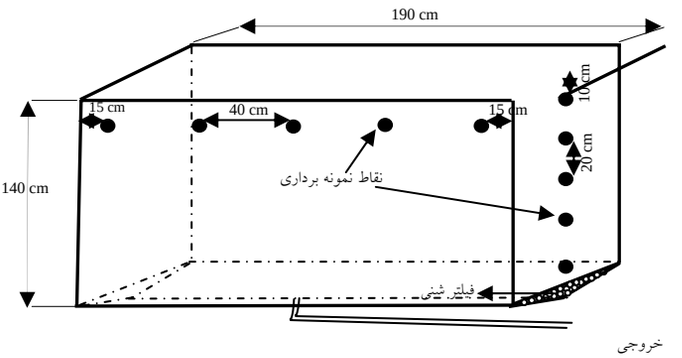
این تحقیق در ۹ لایسیمتر به طول ۱۹۰، عمق ۱٤۰ و عرض ٦٤-۷۵ سانتی‌متر که از جنس بتون در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد ساخته شد انجام گرفت. به منظور جمع‌آوری زه‌آب در کف هر لایسی‌متر از هر طرف شیبی معادل ٤٪ به طرف مرکز داده شد و لوله‌هایی برای خروج زه‌آب تعبیه گردید. کل دیواره‌های داخلی و بیرونی لایسیمتر با دو لایه قیر و گونی آب‌بندی شدند تا هیچ تماس رطوبتی بین داخل و بیرون لایسیمترها وجود نداشته باشد. در کف هر واحد لایسی‌متر ۱۵ سانتی‌متر فیلتر طبق استاندارد USBR ریخته شد (شکل ۱).

لایسیمترها بوسیله خاکی با بافت لوم-رسی[1]، با کوبیدن در لایه‌های ۱۰ سانتی‌متری و با تراکم ۱/٤٦ گرم بر سانتی‌متر مکعب (معادل وزن مخصوص خاک در منطقه سجزی) تا عمق ۱ متری پر گردید. جداول ۱ و ۲ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی این خاک را نشان می‌دهند.

۱- خاک و آب از منطقه سجزی واقع در شرق شهر اصفهان (با آب و خاک شور) با کامیون به محل آزمایش آورده شد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- نمایی از یک واحد لایسیمتر همراه با نقاط نمونه‌برداری

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی خاک مورد استفاده

درصد شن درصد	درصد رس درصد	درصد سیلت درصد	جرم مخصوص ظاهری گرم بر سانتی‌متر مکعب	رطوبت ظرفیت زراعی درصد	رطوبت نقطه پژمردگی دائم درصد
۲۵	۳٤	٤۱	۱/٤٦	۳٤/۳۳	۲٤/۲۱

جدول ۲- برخی از خصوصیات شیمیایی خاک مورد استفاده

آنیونها	$SO4^{2-}$	HCO^{-}_3	Cl^-	کاتیونها	$Ca^{2+}+Mg^{2+}$	K^+	Na^+	pH	EC (1:5)
(meq/l)									(dS/m)
٤۹/۱۵	۳٦/۷۲	۰/۷٤	۱۱/٦۹	٦٤/۵٦	۵۳	۱/۱۷	۱۰/۳۹	۷/۹	۸/۵

مواد و روش‌ها

در این تحقیق سه تیمار اصلی (نوع مدیریت) و پنج تیمار فرعی (عمق خاک) با سه تکرار در طرح آزمایشی اسپیلت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به کار گرفته شد. تیمارهای این تحقیق عبارتند از:

الف- آبیاری با مخلوطی از ۵۰٪ آب شور و ۵۰٪ آب معمولی (آبیاری مخلوط)

ب- آبیاری با ۵۰٪ آب شور و سپس (بلافاصله پس از محو شدن آب از سطح زمین) با ۵۰٪ آب معمولی (آبیاری نیم در میان) ج- آبیاری یک در میان (آبیاری اول با آب معمولی و آبیاری بعدی با آب شور). خواص شیمیایی این سه نوع آب در جدول ۳ آمده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- خصوصیات شیمیایی آب‌های مورد استفاده

نوع آب	هدایت الکتریکی	pH	Na^+	K^+	$Ca^{2+} + Mg^{2+}$	کاتیونها	Cl^-	HCO^-_3	SO42-	آنیونها
	(dS/m)		(meq/l)							
آب شور	۱٤	۷	۳٤/۹	۰/٤٦	۲٤/۳	۵۹/٦٦	۲۱/۹٦	۱/۹٦	۳٤/۹٦	۵۸/۸۸
آب معمولی	۱	۷/۷۷	۱/۸۱	۰/۱۰	۲/۰٦	۳/۹٦	۱/۲۳	۳/۵۱	۱/۷۳	٦/٤۷
آب مخلوط	۷/۵	۷/۳۸	۱۸/۳٦	۰/۲۸	۱۳/۱۸	۳۱/۸۱	۱۱/٦	۲/۷۳	۱۸/۳۵	۳۲/٦۸

آبیاری در پنج نوبت انجام شد. آبیاری اول در تمام کرت‌ها به صورت مخلوط و به میزان لازم برای تثبیت خاک و رساندن رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی و بر اساس رطوبت اولیه خاک (٤/۵٪ وزنی) انجام شد. آبیاری‌های بعدی (با توجه به هر تیمار) با حجم ثابت (۵۰٪ تخلیه مجاز رطوبتی خاک) و بر مبنای تبخیر از تشت انجام گرفت. داده‌های هواشناسی از ایستگاه هواشناسی مرکز تحقیقات کشاورزی شهرکرد بدست آمدند. برای محاسبه تبخیر از خاک از روش پیشنهادی فائو-۵٦ (۱٤) مطابق معادله زیر استفاده شد. $ET= K \times E$ که در آن، E و ET به ترتیب میزان تبخیر از تشتک و تبخیر از سطح خاک و K ضریب ثابت به منظور تبدیل تبخیر از تشت به تبخیر از خاک لخت می‌باشد. ضریب K معادل ۰/٤۲، حاصلضرب دو عدد ۰/۷ (ضریب تشتک) و ۰/٦ (برای تبدیل تبخیر-تعرق به تبخیر از خاک لخت) می‌باشد (۱٤). عمق خالص آب در آبیاری اول ۱۹۰ میلی‌متر و در آبیاری‌های بعدی برابر ۳۵/٤ میلی‌متر محاسبه گردید. حجم کل آب آبیاری با لحاظ کردن ۲۰٪ آب اضافی برای آبشویی نمک‌ها محاسبه گردید. برای محاسبه حجم آبیاری، عمق خاک آبیاری شونده ۷۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. برای اضافه کردن آب به خاک به صورت کرتی، از دو لوله ۱۱۰ میلی‌متری پی-وی-سی که با زانو به هم متصل شده و زیر هر کدام دو ردیف سوراخ ایجاد شده بود، استفاده گردید. با این روش، آب به صورت یکنواخت و بدون آسیب رساندن به سطح خاک به سطح کل کرت اضافه شد. که این امر باعث توزیع یکنواخت نفوذ آب در سرتاسر کرت می‌شود. برای بدست آوردن شوری خاک نمونه‌برداری با اوگر انجام گرفت. نمونه‌برداری هنگامی انجام می‌شد که ۲۵٪ رطوبت قابل استفاده خاک (نصف تخلیه مجاز رطوبتی خاک به مقدار۱۷/۷ میلی‌متر)، تخلیه می‌گردید. زمان نمونه‌برداری با بدست آوردن تبخیر تجمعی از خاک (بر اساس معادله فوق) بدست آمد. مطابق شکل ۱، دو نقطه نمونه‌برداری واقع بر کناره‌ها به فاصله ۱۵ سانتی‌متر طولی از لبه و نقاط دیگر نمونه‌برداری به فاصله ٤۰ سانتی‌متر از هم بودند. هر کدام از این نقاط مربوط به یک بار نمونه‌برداری بود و جمعاً در هر کرت پنج بار نمونه‌برداری انجام شد که هر نمونه‌برداری مربوط بعد از هر آبیاری بود. در هر نقطه، نمونه‌ها تا عمق ۱ متری برداشت شد. اولین نقطه به فاصله ۱۰ سانتی‌متر از سطح خاک و آخرین نقطه به فاصله ۹۰ سانتی‌متر از سطح خاک بود (شکل ۱). سایر نقاط به فاصله ۲۰ سانتی‌متر عمقی از هم واقع بودند. بنابراین در هر بار نمونه‌برداری، در هر کرت ۵ نمونه و جمعاً از تمام کرت‌ها ٤۵ نمونه بدست آمد. این نمونه‌ها برای اندازه‌گیری رطوبت و شوری به آزمایشگاه منتقل گردید. برای تعیین شوری خاک در هر نمونه، محلول خاک با روش عصاره ۵ :۱ (۱ خاک و ۵ آب) تهیه شد.

Archive of SID

www.SID.ir

هدایت الکتریکی آب آبیاری و عصاره خاک با دستگاه هدایت‌سنج[1] تعیین گردید. اسیدیته با استفاده از دستگاه پ‌هاش‌سنج[2]، کلسیم و منیزیم با روش تیتراسیون باورسین، کربنات و بی‌کربنات از روش تیتراسیون با اسید سولفوریک، کلر به روش تیتراسیون با نیترات نقره در حضور کرومات پتاسیم، سولفات به روش کدورت‌سنجی[3] و سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر[4] تعیین شدند.

تجزیه واریانس بر روی داده‌های حاصل از اندازه‌گیری شوری در هر تیمار در آبیاری‌های مختلف (برای هر عمق) بوسیله نرم‌افزار آماری SAS انجام گرفت. سپس از آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

به منظور بررسی توزیع شوری در یک سیستم آبیاری کرتی با سه مدیریت اختلاط آب شور و شیرین (یک در میان، نیم در میان و مخلوط) با در نظر گرفتن توزیع مجدد شوری، این تحقیق انجام پذیرفت که نتایج آن در زیر آمده است.

شکل ۲ تا ٤ هدایت الکتریکی خاک (عصاره ۱:۵) در هر تیمار در عمق‌های مختلف را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که در لایه ۱۰ سانتی‌متری خاک، تیمار یک در میان پس از پنج دور آبیاری، شوری خاک را نسبت به دو تیمار دیگر بیشتر کاهش داده است (حدود ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر). جدول ٤ تا ٦ نتایج تجزیه آماری را نشان می‌دهد. بر اساس جدول ٤ این تغیر در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. علت کاهش میزان هدایت الکتریکی در این لایه را می‌توان آبشوئی دانست که با توجه به کیفیت آب آبیاری و خاک قابل انتظار می‌باشد. در این تیمار، آبیاری۳ و ۵ بترتیب با آب شیرین انجام گردیده است. لذا سبب گردیده پس از ۵ آبیاری، هدایت الکتریکی در لایه سطحی نسبت به دو تیمار دیگر وضعیت بهتری داشته باشد..تیمار مذکور مخصوصاً در مورد گیاهان دارای ریشه کم‌عمق و سطحی دارای مزیت نسبی می‌باشد.

در عمق ۳۰ سانتی‌متری، شوری در تیمار نیم در میان و مخلوط تغییر زیادی نکرده، به طوری که پس از آبیاری پنجم شوری خاک در حد شوری اولیه است.

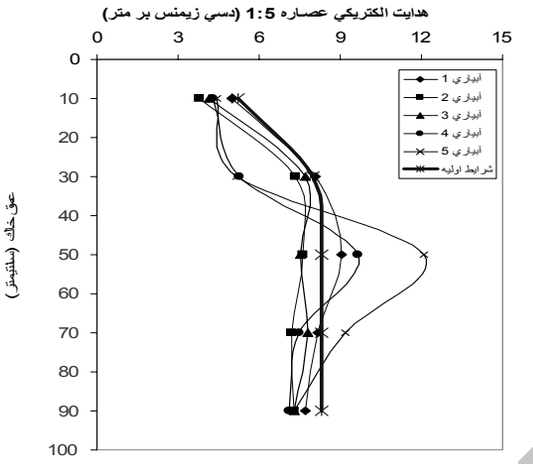
عدم معنی‌داری در جداول ۵ و ٦ نیز تائید کننده این مطلب است. اما در تیمار یک در میان شوری روند کاهشی داشته به طوری که در دو آبیاری آخر تقریباً شوری به حد ثابتی رسیده و با شوری اولیه خاک تفاوت کاملاً چشم‌گیری داشته است. این کاهش شوری در تیمار یک در میان در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده است. بنابراین این تیمار در مقابل تیمارهای مخلوط و نیم در میان، دارای مزیت نسبی است. در اینجا نیز آبشوئی سبب شده تا شوری به لایه‌های پائین تر انتقال یابد.

در عمق ۵۰ سانتی‌متری همان طور که در شکل‌های ۲ تا ٤ دیده می‌شود شوری در هر سه تیمار در مجموع روند افزایشی داشته، به گونه‌ای که شوری نسبت به شوری اولیه خاک پس از آبیاری پنجم افزایش زیادی را نشان می‌دهد. این افزایش در تیمار نیم‌در میان و یک در میان بیشتربوده است به گونه‌ای که هدایت الکتریکی به ترتیب به عدد ۱۳/۲ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر رسیده است. جداول ٤ و ۵ نیز نشان می‌دهد که این افزایش از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. در تیمار مخلوط شوری پس از

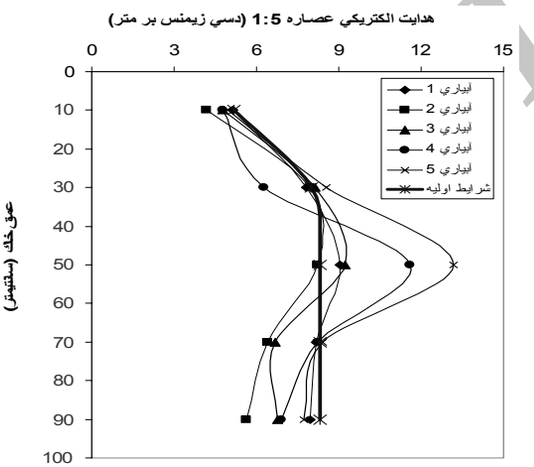
1 - Conductivity Meter
2- pH Meter
3 - Turbidometric
4 - Flame photo Meter

Archive of SID

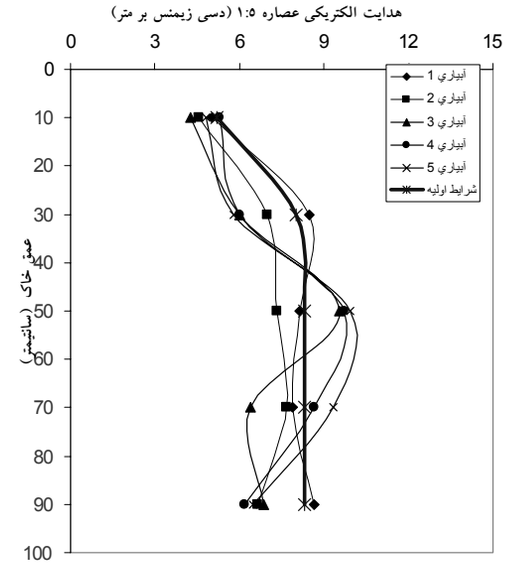
www.SID.ir



شکل ۲- هدایت الکتریکی خاک (عصاره ۱:۵) در تیمار یک در میان در اعماق مختلف



شکل ۳- هدایت الکتریکی خاک (عصاره ۱:۵) در تیمار نیم در میان در اعماق مختلف



شکل ٤- هدایت الکتریکی خاک (عصاره ۱:۵) در تیمار مخلوط در اعماق مختلف

Archive of SID

www.SID.ir

آبیاری پنجم به عدد ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر رسیده است (غیر معنی‌دار). از آنجائی که عمق ۵۰ در شکل بیانگر میانگین شوری در عمق ٤٠-٦٠ سانتی‌متر است و از طرفی عمق آبیاری به نحوی تنظیم شده بود که تا عمق ۷۰ سانتی‌متر را به ظرفیت زراعی برساند لذا می‌توان انتظار داشت که شوری در حدود عمق ۵۰ تا ٦٠ سانتی‌متر (با توجه به توزیع مجدد شوری) حداکثر باشد و آبشوئی از اعماق بالاتر اتفاق افتاده و در این عمق متمرکز شده است. با توجه به شکل ۲ و همان‌طوری که در مبحث قبلی نیز بیان شد، با توجه به این که در تیمار نیم در میان و در عمق ۳۰ سانتی‌متر، شوری (بر خلاف دو تیمار دیگر) نسبت به شرایط اولیه تغییر کمی داشته، بنابراین افزایش زیاد و مداوم شوری در عمق ۵۰ سانتیمتری، حاکی از این مطلب است که شوری آب آبیاری عامل این افزایش بوده است و چون با توجه به شکل فوق شوری در آبیاری پنجم به پایین این عمق منتقل نشده، در نتیجه حداکثر شوری در این عمق مربوط به تیمار نیم در میان است. شوری در عمق ۷۰ سانتی‌متر، در تمامی تیمارها افزایش داشته که بیانگر تجمع شوری (در اثر آبشوئی از لایه‌های بالاتر) در این عمق می‌باشد ولی این تغییر از نظر آماری در هیچ یک از تیمارها معنی‌دار نمی‌باشد به عبارتی شوری در عمق ۷۰ تغییری نکرده است.

جدول ٤- جدول تجزیه واریانس تیمار یک‌درمیان در عمق‌های مختلف

عمق(سانتی متر)	منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	مقدار P
۱۰	تکرار	۲	۷/۰٦		
	تیمار	٤	۱۳/۹۰	۳/۱۰ *	۰/۰۵
	خطا	۸	٤/٤۸		
۳۰	تکرار	۲	۱۸۸/۳		
	تیمار	٤	۱٤۳/۷٦	۳/۰۹ *	۰/۰۵
	خطا	۸	٤٦/٤۹		
۵۰	تکرار	۲	٤۲/۲۰		
	تیمار	٤	۲٦۲/٤۵	۳/۱۱ *	۰/۰۵
	خطا	۸	۸٤/۲۰		
۷۰	تکرار	۲	۳۵/۵٤		
	تیمار	٤	٤٤/۵۹	۰/۸۳ ns	۰/۵٤
	خط	۸	۵۳/٦۰		
۹۰	تکرار	۲	۱٤٦/٤۳		
	تیمار	٤	۳/۸۳	۰/۰٦ ns	۰/۹۹
	خط	۸	٦۵/٤۱		

ns عدم معنی‌داری * معنی‌دار در سطح ۵ درصد ** معنی‌دار در سطح ۱ درصد

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵ - جدول تجزیه واریانس تیمار نیم‌درمیان در عمق‌های مختلف

عمق (سانتی متر)	منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	مقدار P
۱۰	تکرار	۲	۳٤/۸۰	۰/۵۷ ns	۰/٦۹
	تیمار	٤	۹/٦٦		
	خطا	۸	۱٦/۹۰		
۳۰	تکرار	۲	۲۲۱/۷۵	۰/٤۷ ns	۰/۷۵
	تیمار	٤	۵۷/٤۱		
	خطا	۸	۱۲۳/۱۹		
۵۰	تکرار	۲	۳۷۹/۹٦	۳/۵۲ *	۰/۰۵
	تیمار	٤	۳۲۰/۱۸		
	خطا	۸	۹۱/۰۷		
۷۰	تکرار	۲	۱۸۱/۷۱	۰/٦٦ ns	۰/٦۳
	تیمار	٤	٦۸/۵۱		
	خط	۸	۱۰٤/۱۷		
۹۰	تکرار	۲	۱۰/۵۰	۱/۳٦ ns	۰/۳۲
	تیمار	٤	٦٤/۰۵		
	خط	۸	٤۷/۲۲		

ns عدم معنی‌داری * معنی‌دار در سطح ۵ درصد ** معنی‌دار در سطح ۱ درصد

جدول ٦- جدول تجزیه واریانس تیمار مخلوط در عمق‌های مختلف

عمق(سانتی متر)	منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	مقدار P
۱۰	تکرار	۲	۹/۱۳	۰/۹۳ns	۰/٤۹
	تیمار	٤	۱۱/٦۲		
	خطا	۸	۱۲/٤٦		
۳۰	تکرار	۲	۳۱۸/٤٤	۱/۰۷ ns	۰/٤۳
	تیمار	٤	۹٤/٤٦		
	خطا	۸	۸۸/۱۵		
۵۰	تکرار	۲	۱٤۲/۲۲	۰/۵۱ ns	۰/۷۲
	تیمار	٤	۹۷/۷۷		
	خطا	۸	۱۹۰/۷۰		
۷۰	تکرار	۲	٦٦/٤۷	۱/۳٤ ns	۰/۳۳
	تیمار	٤	۹۰/۲۹		
	خط	۸	٦۷/٤۹		
۹۰	تکرار	۲	۲۸٦/۹۱	۰/۷۵ ns	۰/۵۸
	تیمار	٤	٦۹/۵۰		
	خط	۸	۹۲/٦۸		

ns عدم معنی‌داری * معنی‌دار در سطح ۵ درصد ** معنی‌دار در سطح ۱ درصد

Archive of SID

www.SID.ir

بالاخره در عمق ۹۰ سانتی‌متر شوری نهایتاً پس از آبیاری پنجم، در تیمارهای مخلوط، یک در میان و نیم در میان، به ترتیب ٦/٤، ٧/٤ و ٧/٨ دسی زیمنس بر متر بوده است که کاهش شوری در این عمق طبق جداول فوق معنی‌دار نمی‌باشد. این کاهش جزئی شوری نسبت به شرایط اولیه خاک (۸/۵ دسی‌زیمنس بر متر)، احتمالاً به علت صعود موئینگی املاح همراه با رطوبت به اعماق بالاتر بوده است.

تحقیقات حمدی (۹) و مینهاس و گاپتا (۱۱) دلالت بر سودمندی بیشتر روش تناوبی بر روش اختلاط دارد که این با نتیجه بدست آمده در تحقیق حاضر همخوانی دارد زیرا همانگونه که نتایج تحقیق حاضر نشان داد روش تناوبی یک در میان (مخصوصاً در گیاهان با ریشه کم‌عمق) دارای مزیت نسبی در مقایسه با روش اختلاط آب‌ها بود.

تحقیق نارش و همکاران (۱۲) نشان داد که بیشترین عملکرد گندم به ترتیب متعلق به روش یک در میان (با عملکرد ۹۷٪)، روش دوره‌ای دو آبیاری مداوم با آب غیرشور و دو آبیاری مداوم با آب شور (با عملکرد ۹۳٪) و روش اختلاط (با عملکرد ۸٦٪) است که باز تأییدی بر کارایی روش‌های تناوبی و اختلاطی است.

در ایران تحقیقات فرشی (۳) و سلطانی و همکاران (۲) نشان دهنده ارجحیت روش اختلاط به جای کاربرد مجزای آب‌های با کیفیت‌های مختلف است. نتیجه تحقیق فیضی و حقیقت دلالت بر ارجحیت روش تناوبی به جای کاربرد مجزای منابع آب شور و شیرین از نظر تولید محصول دارد (٤). بنابراین همان طوری که نتایج تحقیقات نشان می‌دهند روش‌های تناوبی و اختلاط آب‌های شور و شیرین (مخصوصاً روش تناوبی) دارای مزیت‌های بسیار زیادی نسبت به کاربرد مجزا این آب‌ها دارند. نکته‌ای که باید در این جا به آن توجه شود این است که با توجه به روند تغییرات شوری در تیمارهای این تحقیق، اگر آبیاری‌ها ادامه می‌یافت به احتمال خیلی زیاد در تیمارهای مخلوط و یک در میان شوری در لایه‌های سطحی باز هم کمتر شده و در عوض شوری به اعماق پایین‌تر منتقل می‌شد و بالطبع شرایط برای فعالیت ریشه‌ها تا عمق حدود نیم متر مناسب‌تر می‌گردید. که البته این امر نیاز به تحقیق دارد(شکل‌های ۲ و ۳).

نتایج تحقیق اسماعیلی و لیاقت (۱) نشان داده که مدیریت نیم در میان مناسبترین مدیریت از نظر توزیع در خاک را داشته است. در تحقیق حاضر بر خلاف نتایج اسماعیلی و لیاقت (۱)، تیمار یک در میان از نظر توزیع شوری در خاک بهتر تشخیص داده شد. به دلایل زیر احتمالاً نتایج اسماعیلی و لیاقت (۱) مورد تأیید نمی‌باشد چرا که: اولا ایشان شوری خاک را دو روز پس از آبیاری اندازه گیری کردند و به عبارتی تغییرات شوری را در فاصله بین دو آبیاری در نظر نگرفته، در حالی که رطوبت و شوری در خاک حالت پویا داشته و در حال تغییر است. دوم اینکه معمولا، آبیاری زمانی انجام می‌گیرد که رطوبت خاک به حد سهل‌الوصول (حدی از رطوبت که در رطوبت‌های کمتر از آن گیاه دچار تنش و کاهش محصول می‌شود) رسیده، بنابراین بررسی تغییرات شوری خاک در فاصله بین رطوبت ظرفیت زراعی و رطوبت سهل‌الوصول و حتی رطوبت‌های کمتر از آن، می‌تواند در بررسی توانایی جذب آب توسط ریشه و تغییرات این توانایی بر حسب زمان و ارتباط آن با تغییرات شوری مؤثر باشد. در تحقیق حاضر اندازه‌گیری شوری بلافاصله پس از آبیاری صورت نگرفته و بنابراین شرایط واقعی‌تری از مزرعه مورد بررسی قرار گرفته است.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که در بین این سه تیمار، تیمار یک در میان برای رشد گیاهان کم‌عمق شرایط بهتری را فراهم می‌کند ولی تیمار مخلوط برای گیاهان با ریشه عمیق‌تر مناسب‌تر است.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

۱. **اسماعیلی ش. و ع. لیاقت. ۱۳۸۲**. تاثیر تلفیق آب شور و شیرین روی عملکرد و غلظت نمک در منطقه توسعه ریشه ذرت. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد دهم، شماره دوم، صفحات ۱۷۰-۱۵۹ .

۲.**سلطانی ج. ۱۳۸۰**. امکان‌سنجی اختلاط آب‌های آبیاری و آب شور زیرزمینی و تأثیر آن بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک در جهت تعدیل خشک‌سالی سیستان. مجموعه مقالات اولین کنفرانس بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، صفحات ۲۰۳-۱۹۳ .

۳. **فرشی ع. ۱۳۷٤**. استفاده از تکنیک مخلوط آبیاری در تعدیل کیفیت آب و استفاده حداکثر از منابع آب موجود کشور در کشاورزی. مجله آب، خاک و ماشین، سال دوم، شماره ۱۵-۱٤، صفحات ۱۹-۱۰ .

٤. **فیضی م. و ا. حقیقت. ۱۳۸۰**. نگرشی بر روش‌های بهره‌برداری از آب‌های نامتعارف (شور و لب‌شور) در کشاورزی پایدار. مجموعه مقالات اولین کنفرانس بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، صفحات ۲۷۸-۲٦۵ .

5. **Aslam M. and S.A. Prathapar. 2006**. Strategies to mitigate secondary salinization in the Indus Basin of Pakistan: A selective review. IWMI. Report 97.

6. **Bernstein L. and L.E. Francois. 1975**. Effect of frequency of sprinkler with saline water compared with daily drip irrigation. Agronomy Journal, 67: 185-190.

7. **Bradford S. and J. Letey. 1993**. Cycling and blending strategies for using saline and non-saline waters for irrigation. Irrigation Science, 13: 123-128.

8. **Dukhovnyi V.A. 1995**. Salinity control on irrigated lands. Proceeding of First Regional Afro-Asian Conference (ICID).

9. **Hamdy A. 1991**. Saline irrigation management: Modality of application and irrigation intervals. Plant Salinity Research, 231-247.

10. **Hamdy, A. 1993**. Saline irrigation practices and management. In: Towards the Rational Use of High Salinity Tolerant Plants. Kluwer Academic Publishing. 570p.

11. **Minhas P.S. and R. K. Gupta. 1992**. Quality of Irrigation Water-Assessment and Management. Indian Council of Agriculture Research, Publication Section, New Delhi. 123 p.

12. **Naresh R.K., P.S. Minhas, A.K. Goyal, C.P.S. Chauhan and R.K. Gupta. 1993**. Conjunctive use of saline and non-saline waters. II. Field comparisons of cyclic use and mixing for wheat. Agricultural Water Management, 23: 139-148.

13. **Qureshi A.S., H. Turral and H. Masih. 2004.** Strategies for the management of conjunctive use of surface water and groundwater resources in semi-arid areas: A case study from Pakistan. Colombo, IWMI. Report 86.

14. **Richard G., R. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998**. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage. Paper No. 56. FAO Rome.

15. **Singh C.S. and R. K. Gupta. 1996**. Assessment and management of poor quality waters for crop production: A simulation model (SWAM). Agricultural Water Management, 30: 25-40.

16. **Singh R. 2004**. Simulations on direct and cyclic use of saline waters for sustaining cotton–wheat in a semi-arid area of north-west India. Agricultural Water Management, 66: 153–162.

Archive of SID

www.SID.ir