

اثر آب شور بر پراکنش املاح در نیمرخ یک خاک رسی زیر کشت گونه‌های

مقاوم به شوری

(مطالعه موردی: کُربال فارس)

مجتبی پاک‌پرور و یوسف‌علی سعادت^۱

چکیده:

یکی از راه‌های بهره‌ورری از زمین‌های شور غیر زراعی، استفاده از آنها به عنوان بستر کاشت گیاهان شور پسند و تولید زیست توده گیاهی است، که علاوه بر تأثیر آن بر تلطیف محیط، با رعایت نیاز آبشویی، کاهش املاح را در نیمرخ خاک سبب می‌شود. از آنجا که در مواردی منابع آب شور و کم شور نیز در این مناطق در دسترس است و می‌تواند برای آبیاری مورد استفاده قرار گیرد، با کاربرد آنها، نمکهای محلول در منطقه ریشه افزایش یا کاهش می‌یابند. تحقیق حاضر در محلی انجام یافت که جریان یک زهکش مصنوعی برای شناخت اثر کاربرد آب شور بر تغییرات املاح یک خاک رسی، و همچنین آبیاری گونه‌هایی از درختان مقاوم به شوری، مورد استفاده قرار گرفت.

این پژوهش در قالب طرح آماری کرت‌های خردشده (اسپلیت پلات) با سه تکرار انجام شد. تیمارهای اصلی نوع آب آبیاری شامل زهاب زهکش اصلی به‌عنوان آب شور، و آب شیرین رودخانه کر بود. تیمارهای فرعی آزمایش شامل ۶ گونه‌های درختی است. میزان رسانایی کهریایی (EC) زه آب از 474 dSm^{-1} در آبان تا 877 dSm^{-1} در تیرماه در تغییر بود. نیمرخ خاک پیش از آغاز تحقیق، در سال ۱۳۶۸، و پس از گذشت ۱۰ سال از اجرای آن مورد مطالعه قرار گرفت. میانگین EC لایه‌های نیمرخ از 1 dS m^{-1} به $21/5$ به $14/1 \text{ dS m}^{-1}$ رسیده، ۳۵ درصد کاهش داشته است. همچنین میانگین میزان نسبت جذبی سدیم (SAR) نیمرخ از $32/1$ به $27/4$ تقلیل یافته و نشان‌دهنده‌ی ۱۵ درصد کاهش می‌باشد. بنابراین روند کاهش SAR در مقایسه با کاهش EC کندتر بوده و دلیل احتمالی آن، ترجیحی است که فاز تبدیلی خاکها برای سدیم قابل بوده، و آبشویی در مورد این کاتیون نسبت به کاتیونهای کلسیم و منیزیم ناموفق‌تر عمل نموده و میانگین SAR نیمرخ کاهشی کمتر از EC داشته است.

واژه‌های کلیدی: آبشویی، شوری، انتقال املاح، اکالیپتوس، اکاسیا، صنوبر، گز

۱ - به ترتیب مربی پژوهشی (کارشناس ارشد خاک‌شناسی)، pakparvar@farsagres.ir و استادیار پژوهشی (دکتری علوم باغبانی)، saadat@farsagres.ir، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس، ص پ ۶۱۷-۷۱۵۵۵ شیراز ایران.

مقدمه:

در حدود ۳۳ درصد از تمام کشتزارهای آبیانه جهان را خاک‌های شور تشکیل می‌دهند (Bedell و Yenson, ۱۹۹۳) و حدود ۶ میلیون هکتار از این اراضی به دلیل مسایل زهدار بودن و شوری هر ساله از بهره‌برداری ساقط می‌شوند (Bohn و همکاران, ۱۹۸۵) به علاوه، حدود ۴۰۵ میلیون هکتار از اراضی از نظر آب‌های شور زیرزمینی مشکل دارند. مشکلات ناشی از شوری و قلیائیت خاک عمدتاً در مناطق خشک که تبخیر و تعرق بیشتر از سیزان بارندگی است وجود دارد، هر چند در شرایط ویژه‌ای ممکن است مساله شوری خاک در مناطق مرطوب نیز وجود داشته باشد (Sanchez و Silvertooth, ۱۹۹۶).

در ایران بر اساس برآوردهای مختلف از ۱۶ تا ۲۴ میلیون هکتار از زمین‌های کشور به درجات مختلف با پدیده شوری روبروست (Dewan و Famouri, ۱۹۶۴؛ Van Aart و Oasterkamp, ۱۹۶۸؛ Kovda, ۱۹۷۰؛ روزی‌طلب, ۱۳۶۶؛ Pazira و Sadeghzadeh, ۱۹۹۹) این ارقام شامل هر دو اراضی زیر کشت و بایر بوده و داده‌های قابل اعتمادی از ابعاد شوری در کشتزارها به تنهایی در دست نیست. دشواری اصلی تخمینها در تغییرات بین سالی عامل‌های شور کننده است (Siadat, ۱۹۹۹).

یکی از راههای بهره‌وری از زمین‌های شور غیر زراعی، استفاده از آنها به عنوان بستر کاشت گیاهان شور پسند و تولید زیست توده گیاهی است که علاوه بر تأثیر قاطع آن بر تلطیف محیط‌های بیابانی، با رعایت نیاز آبشویی کاهش املاح در نیمرخ خاک را سبب می‌شود.

از آنجا که معمولاً منابع آب شور و کم شور نیز در این مناطق در دسترس بوده و می‌تواند برای آبیاری مورد استفاده قرار گیرند، کارهای زیادی در مورد تأثیر این آبها بر بیلان نمک خاک انجام شده است. نمکهای محلول در منطقه ریشه بر اثر آبیاری با

آبهای شور افزایش یا کاهش می‌یابند. این تغییر به این بستگی دارد که برآیند جریان روبه پایین نمک کمتر و یا بیشتر از کل نمک ورودی از طریق آب آبیاری و دیگر منابع باشد. از این رو برای جلوگیری از تجمع نمک در خاک باید تعادلی بین جریان ورودی و خروجی نمک وجود داشته باشد (افیونی و همکاران، ۱۳۷۶). برای حفظ تعادل و سوق دادن آن به سمت کاهش نمک خاک بایستی مفهوم نیاز آبتشویی در نظر گرفته شده و مورد رعایت قرار گیرد.

در مورد چگونگی تأثیر آبیاری با آب‌های شور بر تخریب یا بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تحقیقات فراوانی انجام گرفته و نتایج متفاوت و گاه متضاد ارائه شده است. آبیاری گیاهان، بویژه محصولات زراعی، با آب شور بدون مدیریت آبتشویی در اکثر موارد سبب تخریب گردیده است. اخوان قالیباف (۱۳۷۳)، سنگینی بافت، پستی اراضی، و نحوه‌ی بکارگیری و توزیع آب را به عنوان عامل‌های اصلی تشدید شوری در منطقه رودشت اصفهان دانسته است. جبارلوی شستری (۱۳۷۳) نشان داد که جز قسمت کوچکی از نواحی مجاور دریاچه ارومیه، که توسعه‌ی سفره‌ی آب شور سطحی منتج از دریاچه آن را تحت تأثیر قرار داده است، گسترش شوری بر اثر املاح زیاد آب آبیاری، مصرف بیش از نیاز واقعی کود شیمیایی، تراز منفی ورودی و خروجی سفره‌های آب زیرزمینی، و تغییرات پوشش گیاهی صورت پذیرفته است. پاک‌پرور و ابطحی (۱۳۸۰) با کاربرد تصاویر ماهواره‌ای در روندیابی زمانی و مکانی شوری در دشت کاشان نشان دادند که در طول ۲۲ سال منتهی به سال ۱۳۷۷، ۷/۵ درصد بر مساحت زمینهای شور افزوده شده است. نامبردگان علت را برهم خوردن تعادل سفره‌ی آب شور و شیرین، و کاربرد آبهای جدیداً شور را در کشاورزی تشخیص داده‌اند. Badraoui و همکاران (۱۹۹۸) نشان دادند که آبیاری بارانی با آب

لب شور در بحیرای مراکش، تغییر (افزایش) معنی‌دار EC، درصد سدیم تبادلی (ESP)¹، سدیم تبادلی، و منیزیم تبادلی، و کاهش نفوذپذیری را بدنبال داشته است. ایشان نتیجه گرفته‌اند که آبیاری بارانی، حتی با آب دارای کیفیت نسبتاً مطلوب و خاک نفوذپذیر، سبب افزایش سریع شوری و قلیائیت خاک‌های مناطقی که تبخیر بالقوه در آنها زیاد است می‌گردد.

از دیگر سو، Zalidis (۱۹۹۸) یک برنامه مدیریت آبیاری را برای اراضی دلتای رودخانه Axios که حاوی آب شور است طراحی کرد. در این برنامه، مصرف آب در هر شبکه آبیاری را بر اساس نیاز واقعی و مقدار بارش به گونه‌ای تنظیم شده است که شوری خاک افزوده نشود. اجرای صحیح این برنامه سبب توقف روند افزایش شوری خاک در مزارع نمونه گردیده است. Nitsch و همکاران (۱۹۹۸) اثر مثبت جنگل‌کاری با گونه‌های مختلفی از درختان آکاسیا و اکالیپتوس را در منطقه چاکو مرکزی و حاشیه‌های شرقی آن در پاراگوئه بر تخفیف شوری زایی نشان داده‌اند. این منطقه دارای آب بسیار شور زیرزمینی تا $EC \ 8 \text{ dS.cm}^{-1}$ است. مطالعه‌ی آنها الگوی تخریب بر اثر شور شدن را که در آن منطقه در نتیجه جنگل تراشی شدید رخ می‌دهد ترسیم کرده است. Tolpeshta و همکاران (۱۹۹۷) تغییرات شوری یک خاک سولونتر را بر اثر آبیاری و جنگل‌کاری در شمال دشت خزر (روسیه و قزاقستان) ارزیابی کرده‌اند. آبیاری سبب افزایش سطح آب زیرزمینی، شور شدن ثانویه خاکهای شور و سدیمی، و شور شدن خاک‌های تیره رنگ اراضی پست شده است. جنگل‌کاری نه تنها مانع بالا آمدن سفره آب گردید، بلکه سبب شستشوی نمکها از لایه‌های بالایی خاک و عدم افزایش شوری در اراضی پست گردید. Kitamura و همکاران (۲۰۰۰)، تأثیر سوء برنجکاری را در حوزه دریای آرال ازبکستان بر شوری خاک نشان داده و شیوهی را برای یافتن تعداد

1 -Exchangeable Sodium Percentage

سالی که باقی است تا شوری خاک به حد بحرانی برسد، ارائه کرده‌اند. ایشان یکی از راه‌های مؤثر را توجه به زهکشی زیستی^۱ می‌دانند که مقصود، کاشت درختان مقاوم به شوری برای پایین انداختن سطح سفره می‌باشد.

تحقیق حاضر در محلی انجام یافت که جریان یک زهکش مصنوعی در دسترس بود بخشی از این جریان به همراه منبع آب شیرین رودخانه کر به صورت ترکیبی از تیمارهای مختلف برای آبیاری گونه‌هایی از درختان مقاوم به شوری، و همچنین به منظور شناخت اثر کاربرد آن بر چگونگی تغییرات املاح یک خاک سنگین بافت، مورد استفاده قرار گرفت.

مواد و روشها

- موقعیت و ویژگی‌های محل اجرای تحقیق

این طرح در حاشیه زهکش اصلی سمت چپ رودخانه کُر (کیلومتر ۱۴) واقع در شمال شرقی روستای سلطان‌آباد در ۴۰ کیلومتری شمال شیراز با عرض جغرافیایی $29^{\circ}40'$ شمالی و طول جغرافیایی $53^{\circ}15'$ شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۱۵۶۰ متر به اجرا درآمد (شکل ۱). آمار ایستگاه‌های هواشناسی مرودشت و خرامه، که نزدیک‌ترین ایستگاه‌های هواشناسی به محل اجرای طرح می‌باشند مورد استفاده قرار گرفت. ایستگاه هواشناسی مرودشت در ابتدای دشت کُربال، و در عرض جغرافیایی $29^{\circ}52'$ شمالی و طول جغرافیایی $52^{\circ}48'$ شرقی قرار دارد. دوره‌ی آماربرداری آن ۲۳ سال (۱۳۶۶-۱۳۴۴) می‌باشد. ایستگاه هواشناسی خرامه در عرض جغرافیایی $29^{\circ}31'$ شمالی و طول جغرافیایی $52^{\circ}48'$ شرقی و ارتفاع آن ۱۶۳۰ متر از سطح دریا قرار دارد. دوره‌ی

آماربرداری آن ۱۲ سال (۱۳۴۷-۱۳۵۸) می‌باشد. این ایستگاهها در حال حاضر فعال نیستند.



شکل ۱: موقعیت محل تحقیق در استان فارس و نسبت به شهر مروودشت، زهکش کربال و دریاچه طشک.

در منطقه‌ی کربال، تیر و دی به ترتیب گرم‌ترین و سردترین ماه‌های سال می‌باشند. از بهمن الی تیر دمای هوا روند افزایشی و از مرداد الی دی روند کاهش می‌دارد. میانگین دمای ماهانه در دامنه‌ی ۵/۲ الی ۲۷/۸ درجه سانتی‌گراد تغییر می‌کند. منطقه در طی پنج ماه از سال یخبندان داشته و دما به زیر صفر درجه‌ی سانتی‌گراد کاهش می‌یابد. حداکثر مطلق دما برابر با ۴۷ درجه‌ی سانتی‌گراد در تیر و حداقل مطلق دما ۱۴/۵- درجه‌ی سانتی‌گراد در بهمن گزارش شده است. میانگین بارندگی سالانه در ایستگاه‌های مرودشت و خرامه که برای سلطان آباد کربال در نظر گرفته شده است، ۲۷۶/۲ میلی‌متر می‌باشد که مربوط به سال‌های قبل از اجرای طرح است.

برای تخمین میانگین بارندگی در طول سال‌های اجرای طرح از آمار ایستگاه‌های باران‌سنجی وزارت نیرو (بی نام، ۱۳۷۸) در خرامه، جهان‌آباد سیاه‌زار و پل‌خان مرودشت استفاده گردید (جدول ۱). بیشترین میانگین ماهانه‌ی بارندگی در بهمن و معادل ۶۷/۵ میلی‌متر بود. بارندگی از خرداد قطع شده و در تابستان وجود نداشت. میانگین بارندگی ۸ ساله اخیر نیز معادل ۳۱۴/۱ میلی‌متر بود.

اراضی ایستگاه مسطح و یا دارای شیب فوق‌العاده کم (۰/۰۶ درصد) در جهت دریاچه طشک می‌باشد. خاک آن در طبقه‌بندی آمریکایی (Soil Taxonomy) از خاک‌های Fine, carbonatic, thermic, aquic sodic Haploxerepts می‌باشد که مشخصه‌ی اصلی آن بافت سنگین، آبگیر بودن، و وجود ویژگی‌های سدیمی در آن است. بر اساس بررسی‌های ژئوفیزیکی انجام شده در زیر آبرفت‌های مذکور آهک‌رس‌های الوان فارس تحتانی و فوقانی مربوط به زمان میوسن که خود از رسوب‌های دریاچه‌ای است، قرار دارد. افزون بر بالا بودن سطح سفره‌ی آب زیرزمینی، شوری رسوب‌های دریاچه‌ای خود می‌تواند یکی از عوامل بوجود آمدن خاک‌های شور باشد. مواد مادری تشکیل دهنده‌ی خاک اکثراً از آبرفت‌های ریزدانه رود کُر می‌باشد (بی نام، ۱۳۷۱).

روش تحقیق

این پژوهش در قالب طرح آماری کرت‌های خردشده با سه تکرار انجام گردید. تیمارهای اصلی نوع آب آبیاری شامل آب زهکش اصلی بعنوان آب شور و آب شیرین رودخانه کُر بود. تیمارهای فرعی آزمایش را گونه‌های درختی تشکیل می‌دادند که نام گونه‌های گیاهی و نتایج مرتبط با آنها در مقاله مستقل دیگری ارایه خواهد شد. هر قطعه آزمایش از ۲۰ نهال تشکیل شده که با فاصله‌ی $۲/۵ \times ۳/۵$ متر کشت و بلافاصله آبیاری گردیدند.

جدول شماره ۱. اندازه‌ی بارندگی تخمینی ماهانه و سالانه‌ی ایستگاه سلطان آباد کربال در سالهای ۱۳۷۶-۱۳۶۸ بر حسب میلی‌متر.

سال آبی	۶۸-۶۹	۶۹-۷۰	۷۰-۷۱	۷۱-۷۲	۷۲-۷۳	۷۳-۷۴	۷۴-۷۵	۷۵-۷۶	میانگین ماهیانه
مهر	۰	۰	۵	۰	۰	۰/۳	۱۷/۳	۰	۲/۸
آبان	۳۳/۵	۰	۰	۰	۳/۸	۵۵/۵	۳/۳	۰	۱۲
آذر	۴۹/۵	۶/۸	۵۳	۱۱۶/۷	۰/۷	۸۸/۵	۱۱۲/۲	۶/۷	۵۴/۱
دی	۶۹/۸	۱۱۰/۲	۳۶/۶	۱۵۵/۸	۲/۲	۵/۳	۱۰۰/۳	۲۰/۳	۶۲/۶
بهمن	۱۱۹/۱	۹۸/۱	۴۸/۷	۷۹/۲	۲۱/۳	۱۲۵	۲۵/۳	۲۳/۵	۶۷/۵
اسفند	۵/۵	۲۳/۳	۳۶/۹	۹۶/۷	۸۱/۷	۲۵/۳	۷۵/۲	۲۵/۸	۴۶/۳
فروردین	۲۲	۳۴/۹	۱۵/۸	۱۷/۳	۲۲/۵	۳۷/۷	۶۶/۳	۸۶/۷	۳۷/۹
اردیبهشت	۳/۳	۰	۵۳/۴	۱۵/۳	۳۴/۵	۴۶/۳	۱۳/۵	۱۳/۲	۲۲/۵
خرداد	۰	۰	۰	۰	۰	۶/۷	۰	۰	۰/۸
تیر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مرداد	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
شهریور	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
میانگین کل	۳۰۲/۸	۲۷۳/۳	۲۴۷/۸	۴۸۱/۱	۱۶۶/۷	۳۸۹/۷	۴۱۲/۵	۲۳۸/۶	۳۱۴/۱
سالیانه									

در سال ۱۳۷۰ قطعه‌هایی که می‌بایست با آب رودخانه کر به عنوان آب شیرین آبیاری شوند به وسیله‌ی تانکر آبیاری شدند و به هر قطعه ۱۰۰۰۰ لیتر در هر نوبت آب داده شد. قطعه‌هایی که با آب زهکش آبیاری می‌شدند، به وسیله‌ی آب زهکش با تلمبه در حد اشباع آبیاری شدند. شروع اجرای طرح اسفند سال ۱۳۶۹ و پایان آن سال ۱۳۷۴ بود.

آبیاری در سال ۱۳۷۰ هر ده روز یکبار تا آخر مهرماه انجام گردید. از آنجا که نتایج سال نخست تفاوت معنی داری را بین تیمار آب شور و آب شیرین از لحاظ ویژگی‌های زیستی درختان نشان نداد مسیر طرح از سال دوم (۱۳۷۱) تغییر نمود و با حذف تیمار آب شیرین، همه قطعات ۳ مرتبه با آب زهکش آبیاری گردید. در سال ۱۳۷۲ دو تکرار با آب زهکش دو بار آبیاری شدند و تکرار سوم به عنوان شاهد آبیاری نگردید. در سال چهارم و پنجم اصلاً آبیاری انجام نگردید.

مهمترین ویژگی‌های شیمیایی آب زهکشی در طول اجرای تحقیق اندازه گیری شد. نیز دو نیمرخ قبل و بعد از انجام کار حفر، تشریح و برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی نمونه خاک لایه‌های آنها تعیین گردید. در این مجال نتایج مربوط به تغییرات ایجاد شده در نیمرخ خاک مورد بررسی قرار گرفته است. میانگین ویژگی‌های شیمیایی هر نیمرخ به طریق زیر محاسبه شده است (فرامرزی و کشمیری، ۱۳۶۷).

$$\text{میانگین شوری نیمرخ (dS.m}^{-1}\text{)} = \frac{\sum_i A_i \cdot B_i}{C}$$

Ai = ضخامت لایه i به سانتی متر، Bi = شوری لایه i بر حسب dS m⁻¹، C = عمق نیمرخ

نتایج مرتبط با تجزیه و تحلیل طرح آماری در گزارش نهایی طرح تحقیقاتی (سعادت و همکاران، ۱۳۷۹) ارایه و در دست انتشار می‌باشد.

نتایج

نتایج تجزیه‌ی شیمیایی خاک ایستگاه قبل و بعد از اجرای طرح در جدول‌های ۲ و ۳ درج شده است. این نتایج نشان می‌دهند که خاک‌ها دارای درصد رطوبت اشباع زیاد (حدود ۸۰ درصد) می‌باشد که بیانگر بافت خیلی سنگین رسی است. به علت سنگین بودن بافت خاک و بالا بودن سطح سفره‌ی آب (۲-۱/۵ متر) تراوش‌پذیری اراضی بسیار کم می‌باشد و با وجود احداث شبکه‌های زهکش درجه یک، درجه دو و سه، وضعیت زهکشی بسیار ضعیف می‌باشد. به علت بالا بودن سفره‌ی آب زیرزمینی و تبخیر زیاد، میزان نمک در افق‌های بالایی خاک در فصل‌های خشک سال بیشتر است. مقادیر SAR و EC خاک نشان از شور و سدیمی بودن شدید اراضی دارد.

با توجه به شیب خیلی کم زهکش اصلی، مسطح بودن اراضی، بالا بودن سفره‌ی آب زیرزمینی و نداشتن اختلاف ارتفاع با سطح آب در زهکش اصلی و سفره‌ی دائمی آب زیرزمینی، کمبود مقدار گچ خاک و درصد بالای نسبت جذبی سدیم در مورد شوره‌زدایی کامل اراضی نمی‌توان امیدوار بود، اما با توجه به تفاوت زیاد EC آب زهکش اصلی و EC عصاره اشباع خاک، بویژه در فصل رشد (جدول‌های شماره ۳ و ۵) امکان کاهش شوری اراضی ایستگاه که در حریم زهکش واقع شده‌اند به صورت نظری فراهم است.

تغییرات میزان EC و SAR نسبت به عمق در نمودار شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است. همچنین، تغییرات ویژگی‌های مختلف شیمیایی دو نیمرخ که نسبت به عمق لایه‌های هر نیمرخ، میانگین گیری وزنی شده در جدول ۴ و نمودار درصد تغییرات آنها در شکل ۴ ارایه شده است

جدول شماره ۲. تجزیه شیمیایی خاک ایستگاه تحقیقاتی سلطان آباد قبل از اجرای طرح در اسفند سال ۱۳۶۸.

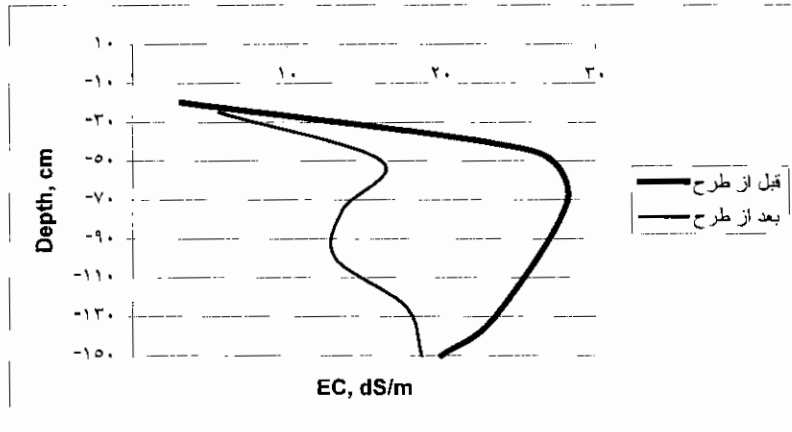
عمق نمونه گیری (cm)	اسیدیته کل اشباع (pH)	رسانایی کهریایی (dS.m ⁻¹)	درصد گچ	درصد آهک	درصد اشباع	نسبت جذب سدیم (SAR)
۰-۲۰	۷/۶	۳/۲	۰/۵۷	۲۹/۱۶	۷۲	۱۴/۶۴
۲۰-۴۵	۷/۶	۲۶	۱/۰۸	۴۶/۱۲	۸۸	۳۸/۹۷
۴۵-۷۰	۷/۹	۲۸/۲	۱/۱۹	۴۷/۲۰	۷۲	۳۸/۱۸
۷۰-۱۳۰	۷/۷	۲۳/۵	۰/۵۹	۵۳/۷	۷۸	۴۰/۳۴
۱۳۰-۱۵۰	۷/۷	۲۰	۰/۶۳	۵۲/۱۰	۷۹	۱۰/۲

عمق نمونه گیری (cm)	بی کربنات	کلر	سولفات	سدیم	کلسیم + منیزیم	پتاسیم
۰-۲۰	۵/۲	۱۷/۵	۷۲	۲۶/۴	۶/۵	-
۲۰-۴۵	۳/۱	۲۸۰	۸۹	۲۶۰	۸۹	-
۴۵-۷۰	۳/۶	۲۸۵	۱۰۲	۲۷۰	۱۰۰	-
۷۰-۱۳۰	۳/۸	۲۳۲	۹۵	۲۳۰	۶۵	-
۱۳۰-۱۵۰	۴۰	۱۹۰	۹۴	۲۰۴	۵۲	-

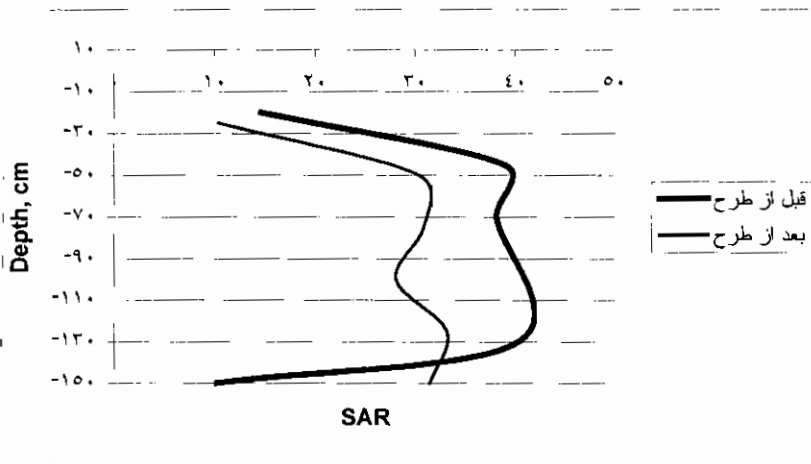
جدول شماره ۳. تجزیه شیمیایی خاک ایستگاه تحقیقاتی سلطان‌آباد بعد از اجرای طرح در آبان ۱۳۷۷.

عمق نمونه‌گیری (cm)	اسیدیته کل اشباع (pH)	رسانایی کهربایی (dS m ⁻¹)	درصد گچ	درصد آهک	درصد اشباع	نسبت جذب سدیم (SAR)
۰-۲۵	۷/۳	۵/۶	۳/۵	۵۳/۴	۶۹/۱	۱۰/۴
۲۵-۵۰	۷/۷	۱۶/۱	۳/۵	۵۶/۳	۷۳/۲	۳۰/۴
۵۰-۷۵	۷/۱	۱۳/۶	۲/۵	۶۶/۲	۷۳/۸	۳۰/۹
۷۵-۱۰۰	۷/۹	۱۳/۱	۲/۵	۶۲/۶	۷۶/۹	۲۸/۱
۱۰۰-۱۲۵	۷/۵	۱۷/۷	۲/۷	۵۴/۵	۷۷/۶	۲۳/۲
۱۲۵-۱۵۰	۷/۶	۱۸/۷	۴/۵	۵۱/۹	۷۴	۳۱/۵

عمق نمونه‌گیری (cm)	بی‌کربنات	کلر	سولفات	سدیم	کلسیم + منیزیم	پتاسیم
۰-۲۵	۳/۶	۴۸/۵	۲/۹	۳۳/۹	۲۱/۳	۰/۵
۲۵-۵۰	۲/۰	۱۴۲/۵	۱۷/۱	۱۶۹/۵	۶۲/۱	۱/۲
۵۰-۷۵	۱/۶	۱۱۹/۵	۱۵/۶	۱۴۳/۴	۴۳/۰	۱/۰
۷۵-۱۰۰	۱/۶	۱۲۱/۵	۸/۶	۱۳۰/۴	۴۳/۰	۰/۹
۱۰۰-۱۲۵	۲/۲	۱۶۹/۵	۵/۳	۱۸۲/۶	۶۰/۳	۱/۲
۱۲۵-۱۵۰	۱/۸	۱۸۱/۰	۴/۲	۱۷۸/۲	۶۴/۱	۱/۲



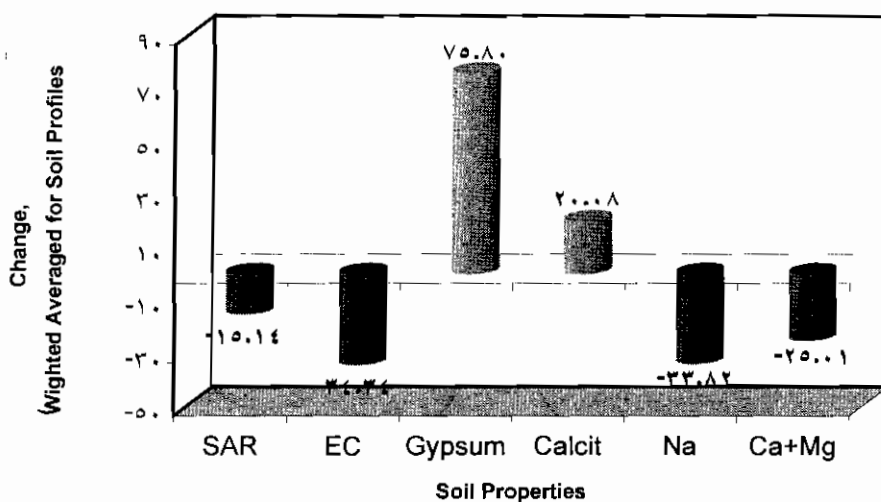
شکل ۲: نمودار تغییرات EC نسبت به عمق در نیمرخ‌های قبل و بعد از اجرای طرح



شکل ۳: نمودار تغییرات SAR نسبت به عمق در نیمرخ‌های قبل و بعد از اجرا

جدول ۴: مقایسه میانگین ویژگی‌های شیمیایی خاک نیمرخها و درصد کاهش یا افزایش آنها

شرح	SAR	رسانایی کهربایی، ($dS m^{-1}$)	گچ، ٪	آهک، ٪	سدیم میلی اکوی والان در لیتر	کلسیم + منیزیم
میانگین قبل از طرح	۳۲/۳۱	۲۱/۵۳	۰/۷۷	۴۷/۸۷	۲۱۱/۰۵	۶۵/۳۰
وزنی در بعد از طرح	۲۷/۴۲	۱۴/۱۳	۳/۲۰	۵۷/۴۸	۱۳۹/۶۷	۴۸/۹۷
نیمرخ تفاوت	-۱۵/۱۴	-۳۴/۳۴	۷۵/۸۰	۲۰/۰۸	-۳۳/۸۲	-۲۰/۰۱



شکل ۴: نمودار درصد تغییرات ویژگی‌های خاک نیمرخ‌های قبل و بعد از اجرای طرح

بر اساس جدول ۵، سطح آب زیرزمینی ایستگاه بسته به اندازه‌ی بارندگی و فصل سال متفاوت و از صفر (در موقع بارندگی و جریان سیل) تا ۲۲۵ سانتیمتر در ماه‌های خشک (مرداد) در تغییر بوده است. مقدار EC آب زیرزمینی محل اجرای طرح نیز بستگی به فصل و میزان بارندگی داشته و براساس اندازه‌گیری‌های به عمل آمده از $12/6 \text{ m}^{-1}$ در فروردین سال ۱۳۷۲ تا حداکثر $64/8 \text{ dS m}^{-1}$ در مرداد ۱۳۷۳ در نوسان بوده است. در فصل تابستان که قسمتی از اراضی دشت به زیر کشت شلتوک می‌رود، معمولاً آب اضافی مزارع به‌صورت زه‌آب وارد زهکش اصلی شده و EC آب زهکش اصلی کاهش می‌یابد. بنابراین در اواخر تابستان که کشت شلتوک تمام شده و هنوز بارندگی شروع نشده، بویژه در مهر و آبان، EC آب زهکش اصلی افزایش می‌یابد. در اوایل بهار نیز که معمولاً بارندگی کاهش یافته و هنوز کشت شلتوک شروع نگردیده است EC آب زهکش روند افزایشی دارد. دامنه‌ی تغییرات زه‌آب در نزدیکی ایستگاه محل اجرای طرح از $2/8 \text{ dS m}^{-1}$ تا $13/6 \text{ dS m}^{-1}$ متغیر بوده است.

EC آب زهکش اصلی، که به عنوان تیمار آب شور برای آبیاری درختان مورد استفاده قرار گرفت، نیز در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری گردید. طبق بررسی به عمل آمده مقادیر آن تابعی از بارندگی و فصل سال می‌باشد. به هنگام بارش‌های شدید دلیل نفوذناپذیر بودن خاک‌های منطقه، آب باران از طریق شبکه‌های زهکش درجه ۲ و ۳ به صورت زه‌آب وارد زهکش اصلی شده و باعث کاهش EC آب زهکش می‌گردد.

جدول شماره ۵. هدایت الکتریکی آب زهکش اصلی، آب نیمرخ محل اجرای طرح و سطح ایستابی آن در تاریخ‌های اندازه‌گیری شده.

تاریخ	رسانایی کهربایی آب زهکش اصلی (dS m^{-1})	تاریخ	رسانایی کهربایی آب نیمرخ (dS m^{-1})	تاریخ	سطح ایستابی نیمرخ ایستگاه گیری (سانتی متر)
۷۱/۲/۱۹	۱۳/۶	۷۲/۱/۲۹	۱۲/۶۴	۷۱/۲/۲۰	۵۰
۷۱/۱۱/۵	۶/۹	۷۲/۴/۷	۴۱/۵	۷۱/۳/۹	۱۷۰
۷۱/۹/۱۵	۷/۳	۷۲/۷/۱۸	۴۵/۰۳	۷۱/۵/۱۰	۱۷۰
۷۲/۹/۱۶	۲/۸	۷۲/۹/۱۶	۵۶/۱	۷۱/۹/۲	۲۱۰
۷۲/۱۲/۲	۶/۴	۷۲/۱۰/۲۸	۵۷/۶۷	۷۱/۹/۱۵	۲۰۶
۷۳/۲/۱۷	۷/۶	۷۲/۱۲/۲	۶۲/۴	۷۱/۱۱/۵	۱۲۰
۷۳/۴/۵	۱۰/۳	۷۳/۲/۱۷	۱۴/۴۴	۷۱/۱۱/۱۵	۰
۷۳/۴/۱۸	۸/۷	۷۳/۴/۵	۱۶/۵۹	۷۲/۱/۲۹	۱۰۰
۷۳/۵/۱۰	۳/۴	۷۳/۴/۱۸	۱۵/۰۱	۷۲/۴/۷	۱۹۰
۷۳/۵/۲۲	۷	۷۳/۵/۲۲	۶۴/۸	۷۲/۹/۱۶	۲۲۰
۷۳/۸/۱۷	۴/۴	-	-	۷۳/۵/۱۰	۲۲۵

نتیجه‌گیری و بحث

نیمرخ مطالعاتی خاک در محل مورد انتظار انجام تحقیق و قبل از شروع آن، در سال ۱۳۶۸ حفر گردیده و ویژگی‌های آن گویای وضعیت عمومی خاک در حالت عادی آن است. زمان حفر نیمرخ یاد شده در پایان زمستان، زمانی که بارندگی تأثیر خویش را بر آبشویی گذاشته است بوده و انتظار آن است که توزیع و مقدار شوری در انتهای دوره‌ی آبی (قبل از شروع بارندگی‌های پاییزه در زمان پایان طرح) با داده‌های موجود متفاوت باشد و وضعیت نامناسب‌تری را نشان دهد. با این حال، وضع موجود گویای آن است

که EC عصاره اشباع در لایه ۲۰ سانتی متری خاک سطحی کمترین حد را داشته و اندازه‌ی آن به سمت عمق افزایش یافته است. بیشترین مقدار در ژرفای ۴۵ تا ۷۰ سانتی متری نشان داده شد. داده‌های کاتیونها و آنیونهاى محلول (که مستقیماً به رسانایی کهربایی عصاره اشباع وابسته اند) نیز همین روند را دارا بوده‌اند. چنین حالتی گویای تأثیر قاطع آب زیرزمینی کم عمق بر شور کردن خاک سطحی است. در عین حال کاهش شوری از عمق ۷۰ سانتی متری به پایین، نشان دهنده‌ی آن است که هنگام نمونه برداری از این عمق به پایین، نیمرخ خاک خیس بوده و لایه تجمع نمک در بالای آن بوده است. درصد آهک نیز همین روند را نشان داده و گویای آن است که حرکت آهک ثانویه نیز از عمق به سطح نیمرخ بر اثر کشش موئین صورت گرفته است. بالا بودن اندازه‌ی SAR بیانگر غالب بودن نمک کلرور سدیم در میان کل نمک‌های محلول بوده، و روند تغییرات آن نسبت به عمق، مطابق روند شوری می‌باشد.

پس از گذشت ۱۰ سال و اجرای طرح که توأم با کاشت گونه‌های درختی و اعمال تیمارهای آبیاری، و نیز بارندگی^۱ بوده، نیمرخ بعدی در آبان ماه ۱۳۷۷ در نزدیک محل نیمرخ اول حفر گردید. به طور منطقی انتظار می‌رفت که در این ماه، که در اواخر دوره‌ی آبی (قبل از بارندگی پاییزه) بوده، مقدار نمک در نیمرخ بیشتر از نیمرخ اول بوده باشد اما نتایج روند دیگری را نشان می‌دهد.

۱ - در سال ما قبل پایانی طرح بارندگی فراوانی به وقوع پیوسته (۴۱۲/۵ میلی‌متر یعنی حدود ۷۰ درصد افزونتر از میانگین) و در یک مرحله کل قطعات به حالت غرقابی رسیده است. لذا تغییراتی که در پراکنش املاح در نیمرخ دیده می‌شود حاصل اثر مشترک تیمارهای آبیاری و بارندگی زمستانه است. البته باید توجه داشت که بالا بودن تبخیر بالقوه در تابستان و سنگینی بافت خاک اثر بارندگی‌های زمستانه و بهاره را تا حد زیادی خنثی نموده و شوری نیمرخ را به حد سال قبل باز می‌گرداند بنابراین بایستی عمده تأثیر را از تیمارهای اعمال شده دانست.

لایه‌های جدا شده در نیمرخ دوم با ۵ سانتی متر اختلاف، مشابه لایه‌های نیمرخ اول است به جز در مورد لایه با عمق ۷۰ تا ۱۳۰ که به دو لایه ۷۵ تا ۱۰۰ و ۱۰۰ تا ۱۲۵ تفکیک شده است. علت این تغییر، احتمالاً پایین افتادن سطح آب در نیمرخ دوم می‌باشد که در نتیجه آن سطح داغ آب قبلی در وسط لایه ۷۰ تا ۱۳۰ به عنوان محل تغییر ظاهری قلمداد شده و تفکیک گردیده است. به همین دلیل در نیمرخ جدید، روند تغییر ویژگی‌های شوری نسبت به عمق کاملاً افزایشی است به استثناء لایه ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متری، که دلیل احتمالی آن فصل نمونه‌برداری است که حداکثر نمک در لایه‌های بالایی متمرکز می‌باشد، اما بر اثر بارندگی قبل از نمونه‌برداری خاک، از میزان شوری بالاترین لایه کاسته شده و در نیمرخ جدید، شوری کلیه لایه‌ها کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته است (شکل ۲). میانگین شوری نیمرخ از $21/5 \text{ dS m}^{-1}$ به $14/1 \text{ dS m}^{-1}$ رسیده و به تعبیر دیگر ۳۴ درصد کاهش داشته است (جدول و شکل ۴).

کاهش شوری نشانگر تأثیر مجموعه‌ی عملیات انجام شده در طرح در شستشوی نیمرخ از املاح بوده است. شورتر بودن لایه سطحی نیمرخ جدید نسبت به نیمرخ قبلی ($5/6 \text{ dS m}^{-1}$ در مقابل $3/2 \text{ dS m}^{-1}$) احتمالاً به دلیل فصل برداشت نمونه است که در پایان سال زراعی بوده و بیشتر املاح به جا مانده از تبخیر در سطح باقی مانده است.

همچنین میانگین اندازه‌ی SAR نیمرخ از $32/1$ به $27/4$ تقلیل یافته و نشان‌دهنده‌ی ۱۵ درصد کاهش می‌باشد (جدول و شکل ۴). بنابراین روند کاهش SAR در مقایسه با کاهش شوری کندتر بوده و دلیل آن ترجیحی است که فاز تبادلی خاکها برای سدیم قایل می‌باشد و ظاهراً آبشویی در مورد این کاتیون نسبت به سایر کاتیونها ناموفقتر عمل نموده است. و این پدیده دلیل عمده‌ی اشکالی است که در اصلاح اراضی شور و سدیمی وجود دارد و لازم است پیش از آبشویی، جایگزینی سدیم با کلسیم صورت گیرد که این کار معمولاً با استفاده از گچ انجام می‌شود. با این حال نکته جالب توجه آن است که انتظار می‌رفت اندازه SAR نیمرخ در اثر آبشویی یا بدون تغییر مانده و یا

افزایش نشان دهد، اما حال که کاهش یافته بایستی بدنبال دلیل آن بود. با نگاهی به تغییرات میزان گچ و آهک خاک، افزایش قابل ملاحظه به ویژه در میزان گچ دیده می‌شود (شکل ۴). مقایسه مقدار آهک در دو نیمرخ، نشان می‌دهد که افزایش مقدار آهک در لایه‌های سطحی بیشتر از لایه‌های عمقی است، از این رو می‌توان نتیجه گرفت که آب مصرف شده در طول دوره‌ی تحقیق کربناتی بوده و به عنوان منبعی برای ورود املاح کلسیم به خاک عمل نموده است، به گونه‌ای که از سطح به عمق با روند کاهنده به ترتیب به مقدار آهک خاک افزوده شده است. همچنین با توجه به حضور یون سولفات در خاک، سولفات کلسیم ثانویه تشکیل و به عنوان گچ در نیمرخ رسوب کرده است. از این رو با در نظر گرفتن میزان املاح کلر و سولفات در دو نیمرخ ملاحظه می‌شود که کاهش میزان کلسیم محلول بیشتر از کاهش کلر بوده و دلیل آن مصرف بخشی از سولفات برای تشکیل رسوب سولفات کلسیم بوده است.

نکته دیگری که مؤید این مطلب است از مقایسه تغییرات لایه‌ای سدیم و کلسیم + منیزیم در دو نیمرخ حاصل می‌شود، زیرا، مقادیر هر دو گروه در نیمرخ جدید کاهش یافته است؛ کاهش کلسیم و منیزیم، به میزان ۲۴ درصد و سدیم، ۳۴ درصد مقدار اولیه بوده و همین موضوع سبب کاستن از میزان نسبت جذبی سدیم (SAR) نیمرخ جدید به مقدار ۱۵ درصد شده است. اگر آبیاری با آب فاقد املاح صورت گرفته بود روند کاهش این دو گروه احتمالاً یکسان می‌بود. در نتیجه می‌توان استدلال کرد که استفاده از آب شور (به ویژه آب مرشار از املاح کلسیم و منیزیم) در آبتشویی اراضی شور، قادر به زدودن املاح از نیمرخ خاک بوده و در عین حال از بروز غالبیت یون سدیم که معضل بزرگ اصلاح اراضی شور و سدیمی است تا اندازه‌ای جلوگیری می‌کند. نکته با اهمیتی که نباید از نظر دور داشت تأثیر حضور گیاه و تفاوت گونه‌های گیاهی در کاهش شوری است. به یقین اگر آبیاری با آب شور بدون حضور گیاه انجام می‌شد نتایج متفاوتی به دست می‌آمد. هر چند تأثیر چشمگیر کاربرد آب شور بر بهبود

ویژگی‌های شیمیایی خاک از مقایسه‌ی ارایه شده در این نوشتار مشهود است، با این حال از آن جا که موضوع اصلی پژوهش بر محور خاک استوار نبوده لذا تأثیر گونه‌های مختلف گیاهی بر نیمرخ خاک در روش تحقیق پیشنهاد نگردیده و همچنین نیمرخهای متعدد خاک در طرح آماری پیش‌بینی نشده و امکان بررسی آماری تغییرات نیمرخ خاک فراهم نیست. برای انجام پژوهش‌های تکمیلی لازم است که تأثیر آنها به همراه اثر ریشه‌ها روی نفوذپذیری خاک مورد ملاحظه قرار گیرد تا به نحو جامعی اثرات کشت درختان مقاوم به شوری و آبیاری با آب شور بر اصلاح خاک مورد بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

احداث زهکش دشت کربال که سبب آبادانی این دشت گردید مرهون کوشش شادروان پرهام جواهری است، روانش شاد باد. آقای دکتر علی ابطحی تشریح نیمرخ اولیه خاک را انجام داده و آقای حسن حسن‌شاهی در شناسایی جایگاه طبقه‌بندی خاک یاری رساندند. آقای دکتر آهنگ کوثر با مطالعه مقاله پیشنهادهای ارزنده‌ای دادند، امید است سپاس نگارندگان را پذیرا باشند.

گرفتگاهان:

- ۱- اخوان قالیباف، محمد، ۱۳۷۳. مطالعه علل شور و قلیا شدن خاک‌های سری زرنديه و تأثیر آن در تحول و تکامل (پدوژنز) این سری در منطقه رودشت اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی اصفهان، ۹۷ص.
- ۲- افیونی، مجید، رسول مجتبی‌پور، و فرشید نوربخش، ۱۳۷۶. خاک‌های شور و سدیمی (و اصلاح آنها). نشر ارکان اصفهان، ۲۱۷ص.
- ۳- بی نام. ۱۳۷۱. مطالعات توسعه مناطق روستایی، الگوی کربال، مرحله سوم: نتایج و پیشنهادات. مرکز تحقیقات و بررسی مسایل روستایی، سازمان جهاد سازندگی استان فارس، ۳۴۴ صفحه.
- ۴- بی نام. ۱۳۷۸. مجموعه آمار و اطلاعات ایستگاه‌های تابعه سازمان آب منطقه‌ای فارس، امور مطالعات آبهای سطحی.
- ۵- پاک‌پرور، مجتبی و سید مرتضی ابطحی، ۱۳۸۰. تعیین مناطق تحت اثر بیابان‌زایی با پردازش داده‌های ماهواره‌ای ۱- بررسی روند تغییرات شوری خاک، مجله‌ی تحقیقات مرتع و بیابان، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، ش ۵، ۱۲۰-۹۱.
- ۶- جبارلوی شبستری، بهرام، ۱۳۷۳. بررسی علل و راههای جلوگیری از گسترش پدیده شوری خاکها در منطقه ارونقی-انزاب (شبستر) آذربایجان شرقی به عنوان یک عارضه مناطق بیابانی. مجموعه مقالات سمینار بررسی مسایل مناطق بیابانی و کویری ایران. ج ۱، ۴۱۲-۴۰۴.
- ۷- روزی‌طلب، محمدحسن، ۱۳۶۶. سیاست ملی خاک و ارکان فنی و تشکیلاتی آن در ایران. نشریه شماره ۷۲۵ مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ۵۵ص.
- ۸- سعادت، یوسف‌علی، پرویز زندی، و علی ابطحی، ۱۳۷۹. بررسی سازگاری ۶ گونه از درختان غیر مثمر در دشت کربال. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی (با کد ۱۳۲-۱۰۸۱۰۳۱۰۷۱) مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام فارس، ۷۸ص.

۹- فرامرزنیا، نجف و فخرالدین کشمیری. ۱۳۶۷. راهنمای مطالعات شناسایی و تشریح نیمرخ خاک. نشریه شماره ۷۵، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، وزارت کشاورزی. ۶۲ صفحه.

- 10- Badraoui, M., B. Soudi, A. Merzouk, A. Farhat, and M. Hamdi., 1998. Changes of soil qualities under pivot irrigation in the Bahira region of Morocco: Salinization. Towards Sustainable Landuse. Furthering cooperation between people and instituteional soil conservation organization, Bonn, Germany, 28-30 Aug. 1996. Advances in Geocology, 1998, No. 31, 503-508.
- 11- Bohn, H. L., B. L. McNeal and G. A. O'Connor. 1985. *Soil chemistry*. 2nd ed. Wiley, NewYork.
- 12- Dewan, M.L., and J., Famouri, 1964. The soils of Iran. FAO, Rome.
- 13- Kitamura, Y., T. Yano, and S. Yasuda, 2000. Irrigation-induced salinization of agricultural lands and its remedial measures in the Aral Sea Basin. P.539-557 in: Role of drainage and challenges in 21st century. Vol. I. Proceedings of the Eight ICID International Drainage Workshop, New Delhi, India, 31 Jan. – 4 Feb. 2000.
- 14- Kovda, V., 1970. Prevention of salinity and reclamation of saline soils of Iran. Soil Institute of Iran. Publication No. 227.
- 15- Nitsch, M., R. Hoffman, J., Utermann, L., Portillo, 1998. Soil salinization in the central chaco of Paraguay. Towards sustainable land use. Furthering cooperation between people and instituteional soil conservation organization, Bonn, Germany, 28-30 Aug. 1996. Advances in Geocology, 1998, No. 31, 495-502.
- 16- Pazira, E. and K., Sadeghzadeh, 1999. Soil desalinization and land reclamation in Iran. P. 80-88 In: New Technologies to Combat Desertification, Proceedings of the International Symposium held in Tehran, Iran. Oct. 1998.
- 17- Siadat, H., 1999. Iranian agriculture and salinity. P. 10-14 In: New Technologies to Combat Desertification, Proceedings of the International Symposium held in Tehran, Iran. Oct. 1998.
- 18- Sanchez, C. A. and I. C. Silvertooth. 1996. Managing saline and sodic soils for producing horticultural crops. *HortTechnology* 6: 99-107.
- 19- Tolpeshta, I.I, T.A. Sokolova, and M.L. Sezimeskaya, 1997. Comparative studies of the effects of irrigation and agricultural afforestation on the salinization status of solonetz soils in the north Caspian Plain. Moscow Uni. Soil Sci. Bul. 52:1, 13.22.

- 20- Szabolcs, I., 1998. Assessment and control of soils affected by salinization. Towards sustainable land use. Furthering cooperation between people and institutional soil conservation organization, Bonn, Germany, 28-30 Aug. 1996. *Advances in Geoecology*, 1998, No. 31, 469-471.
- 21- Yenson, N. P. and J. L. Bedell. 1993. Consideration for the selection, adaptation and application of halophyte crops to highly saline desert environment as exemplified by the long-term development of cereal and forage cultivars of *Distichis spp. (Poaceae)*. In: Leith, H. and A. Al-Massom (eds.). *Toward the rational use of high salinity tolerant plants*. Vol. 2. Kluwer Academic Publishers, the Netherlands:305-513.
- 22- Zalidis, G., 1998. Management of river water for irrigation to mitigate soil salinization on a coastal wetland. *Journal of Environmental Management*, 54:2, 161-167.
- 23- Van Aart, R. and J.L. Oasterkamp, 1968. Interim report on soil reclamation in Iran. No. 203. Soil and water Research Institute of Iran.