اثر روش آبشویی و کیفیت آب بر شوری‌زدایی خاک‌های سنگین

مجید شریفی‌پور[1*]، عبدعلی ناصری[2]، عبدالرحیم هوشمند[3]، هادی معاضد[4] و علیرضا حسن‌اقلی[5]

۱*- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز sharifipour.majid@gmail.com

۲- استاد گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- دانشیار گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز

۴- استاد گروه محیط زیست، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۵- عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۲/۲۴

چکیده

حجم قابل توجهی زهاب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی خوزستان تولید می‌شود که مدیریت و استفاده مجدد از آنها ضروری است. یکی از راه‌های استفاده مجدد از زهاب‌ها، استفاده از آنها در آبشویی اراضی است. با هدف بررسی قابلیت کیفیت‌های متفاوت آب و تأثیر روش‌های آبشویی متناوب و پیوسته بر شوری‌زدایی از خاک‌های رسی این منطقه، آزمایش‌های آبشویی در کرت‌هایی با ابعاد ۱/۵×۱/۵ متر در اراضی کشت و صنعت نیشکر سلمان فارسی انجام گرفت. ترکیب کامل سه کیفیت آب با هدایت‌های الکتریکی ۲/۷ (آب تازه رودخانه کارون)، ٦/۰ و ۹/۰ دسی‌زیمنس بر متر (از اختلاط زهاب این کشت و صنعت با آب رودخانه کارون) و دو روش آبشویی پیوسته (کاربرد ۱۲۰ سانتی متر آب) و متناوب (کاربرد چهار دور ۳۰ سانتی‌متری آب با فواصل پنج روزه) به صورت شش تیمار با سه تکرار به روش بلوک‌های کامل تصادفی در این پژوهش بررسی شد. نتایج نشان داد که می‌توان با استفاده از زهاب‌هایی با کیفیت ٦/۰ و ۹/۰ دسی زیمنس بر متر و سپس آب تازه رودخانه کارون برای آبشویی متناوب، مقدار مصرف آب شیرین را به ترتیب تا ۷۲ و ۵۱ درصد کاهش داد. همین‌طور اختلاف شوری عصاره اشباع خاک در اثر به‌کارگیری کیفیت‌های مختلف آب برای آبشویی در اکثر تیمارها در لایه‌های پایین‌تر خاک بیشتر بود. تفاوت مقادیر شوری عصاره اشباع خاک پس از آبشویی، بین تیمارهای متناوب و پیوسته، با افزایش شوری آب آبشویی افزایش یافت. همچنین استنباط می‌شود که در خاک‌های سنگین، امتیاز روش‌های آبشویی متناوب به پیوسته محدود به شرایط تبخیر پایین است.

کلید واژه‌ها: آبشویی متناوب، آبشویی پیوسته، زهاب، خوزستان، تبخیر، استفاده مجدد، آب شور، احیاء اراضی.

Effect of Leaching Method and Water Quality on Desalinization of Heavy Soils

M. Sharifipour[1*], A. A. Naseri[2], A. R. Hooshmand[3], H. Moazed[2] and A. Hassanoghli [4]

1*- Ph. D. Candidate, Department of Irrigation and Drainage, Water Science Engineering Faculty, Shahid Chamran
University of Ahvaz, Iran.
2- Professor, Department of Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.
3- Associate Professor, Department of Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran
4- Professor, Department of Environment, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.
5- Scientific Staff Member, Agricultural Engineering, Research Institute (AERI), Karaj, Iran.

Received:1 December 2013 Accepted:15 March 2014

Abstract

Huge amount of drainwater is disposing of operating Irrigation and drainage networks in Khuzestan, SW Iran, that needs to manage. One of the low risk manners of reusing drainwater is use it for saline land reclamation. To investigate the effects of leaching methods and water quality on desalinization of clay soils of this area, leaching experiments were done in 1.5×1.5 meter Plots in "Salman Farsi" sugarcane agro industry, South Khuzestan. Complete combination

of three different water qualities; 2.7 dS/m (fresh water from Karun River), 6.0 and 9.0 dS/m (mixture of agro industries drainwater and Karun River water) and tow leaching method; continuous (application of 120cm of water) and intermitting (application of four 30 cm of water with five days interruptions) in six treatments and three replications based on complete randomized blocks design were experimented. Results shown that using drainwater with the quality of 6.0 or 9.0 dS/m could reduce the use of fresh water for desalinization by intermitting leaching up to 72 or 51 percent, respectively. The difference between soil saturation extracts due to applying different water qualities were more in deeper soil layers, also the difference between continuous and intermittent leaching were increase by applying more saline water. In heavy soil, advantage of intermitting leaching method to continuous one is limited to low evaporation condition.

Keywords: Continuous leaching, Intermittent leaching, Drainwater, Khuzestan, Evaporation, Water reuse, Slain water, Land reclamation.

مقدمه

تراکم و انباشت نمک‌ها آن چنان اثری بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها از جمله فشار اسمزی، نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی باقی می‌گذارد که در نتیجه آن ممکن است رشد و نمو بیشتر گیاهان زراعی و باغی دچار اختلال جدی شده و یا به‌طور کامل متوقف شود. تمدن‌های زیادی در خاورمیانه و جنوب آمریکا به دلیل شور شدن خاک از بین رفته‌اند، نابودی تمدن بین النهرین یا عراق امروزی مشهورترین این موارد به شمار می آید (تانجی و والندر[1]، ۲۰۱۱).

دشت خوزستان از مستعدترین مناطق کشاورزی در ایران است و بزرگ‌ترین رودخانه‌های کشور در آن جریان دارند. در حال حاضر ۵۰۰ هزار هکتار پروژه آبیاری و زهکشی در اراضی این ناحیه در حال مطالعه و اجرا می‌باشد که بخش اعظم آنها با مشکل شوری مواجه بوده و مقادیر قابل توجهی آب برای آبشویی اولیه این اراضی مورد نیاز است. از سوی دیگر، مدیریت زهاب‌های تولید شده در شبکه‌های آبیاری و زهکشی خوزستان، به‌عنوان بخشی از منابع آب قابل استفاده، بسیار ضروری است. یکی از روش‌های کم خطر استفاده از زهاب، استفاده از آن در آبشویی مزارع است. تحقیقات در استفاده از منابع آب غیرمتعارف غالباً برای بررسی اثر آن در آبیاری محصولات بوده است و تجاربی که استفاده از آنها را برای آبشویی و اصلاح خاک‌های شور و سدیمی نشان دهد محدود می‌باشد. باید توجه کرد به‌هنگام نمک‌زدایی خاک لازم نیست که خاک به‌کلی از نمک تخلیه گردد. چنین کاری حتی با مصرف مقادیر زیاد آب امکان پذیر نیست، زیرا آب آبشویی نیز دارای املاح است. بومنز[2] (۱۹۶۳) با ارائه رابطه (۱) گزارش کرد که کاهش شوری عصاره اشباع خاک به کمتر از درصدی از شوری آب آبشویی میسر نیست. این درصد، نسبت رطوبت ظرفیت زراعی به رطوبت اشباع آن خاک است.

$$EC_s = \left(\frac{\theta_{FC}}{\theta_{SP}}\right) EC_W \qquad (۱)$$

در این رابطه EC_S: شوری عصاره اشباع خاک، EC_W: شوری آب آبشویی، θ_{FC}: رطوبت ظرفیت زراعی و θ_{SP}: رطوبت اشباع خاک هستند.

غرقاب کردن منقطع سطح خاک با آب و در نتیجه برقراری شرایط غیراشباع و کاهش سرعت متوسط حرکت آب، می‌تواند راندمان آبشویی را بهبود دهد. آبشویی منقطع، هدر رفت آب را از میان منافذ درشت به حداقل می‌رساند و زمان بیشتری برای پخشیدگی املاح از حفره‌هایی که آب در آن تحرک ندارد یا تحرک کمی دارد به منطقه متحرک می‌دهد (الجبالی[3]، ۱۹۷۱؛ داهیا[4] و همکاران، ۱۹۸۱؛ و کوت وهمکاران[5]، ۲۰۰۰). مطالعه در خصوص مقایسه روش‌های آبشویی متناوب و پیوسته سابقه طولانی دارد. گاردنر و فیرمن[6] (۱۹۵۸) در مطالعات آزمایشگاهی خود روی آبشویی ستون‌های خاک به این نتیجه رسیدند که عمده آبشویی در حالتی صورت می‌گیرد که رطوبت خاک کمتر از رطوبت اشباع باشد. استر و همکاران[7] (۱۹۷۲) پی‌بردند آبشویی متناوب نسبت به آبشویی پیوسته، ۵۰ درصد آب مورد نیاز آبشویی را کاهش می‌دهد. از سوی دیگر، کمرون و وایلد[8] (۱۹۸۲) گزارش کردند که در آبشویی املاح از نیمرخ خاک‌های لومی رسی، تفاوت معنی‌دار بین یک آبیاری پیوسته ۸۰ میلی‌متری و ۷۱ میلی‌متر بارندگی خالص که به صورت متناوب رخ داده است وجود نداشته است. ورما و گوپتا[9] (۱۹۸۹) هم یافته‌های مشابهی داشته‌اند. به هر حال همان‌طور که کوتلیک و نیلسون[10] (۱۹۹۴) اشاره کرده‌اند، برای

1- Tanji and Wallender
2- Boumans

3- Elgabaly
4- Dahiya
5- Cote *et al.*
6- Gardner and Fireman
7- Oster *et al.*
8- Cameron and Wild
9- Verma and Gupta
10- Kutilek and Nielsen

خاک‌ها، شرایط منطقه‌ای و املاح مختلف، نتایج متفاوتی را می‌توان انتظار داشت، ولی در تحقیقات پیشین روی اثر دو عامل تبخیر و هدایت هیدرولیکی تأکید بسیار شده است.

شاید بتوان گفت که اثر مثبت آبشویی متناوب بر کاهش مقدار آب لازم برای شستشوی املاح، محدود به شرایط اقلیمی با میزان تبخیر پایین است. زمانی که آبشویی در شرایط تبخیر بالا انجام شود، نمکی که به لایه‌های کم‌عمق خاک آبشویی شده، در زمان قطع جریان توسط تبخیر به سطح خاک برمی‌گردد. همچنین بخشی از آبی که در دور بعد آبشویی اعمال می‌شود، درلایه‌های بالایی خاک به‌عنوان جایگزین آب تبخیر شده نگه داشته می‌شود و بنابراین آب باقی مانده برای شستشوی املاح لایه‌های پایینی کاهش پیدا می‌کند. مینهاس و خسلا[1] تفاوت معنی‌داری بین آبشویی کلراید با مقادیر یکسان آب با روش‌های پیوسته و متناوب (با تناوب ۱۰ روز بین دوره‌های آبشویی) در شرایط تبخیر بالا و متوسط (۷/۷۴ و ۴/۵۱ میلی‌متر در روز) پیدا نکردند، ولی زمانی که میزان تبخیر پایین بود (۱/۵۲ میلی‌متر در روز) آبشویی کلراید به روش متناوب به مقدار قابل توجهی موثرتر بود.

در خاک‌هایی که هدایت هیدرولیکی پایینی دارند، سرعت پایین آب در منافذ خاک زمان زیادی برای پخشیدگی املاح درون خاکدانه‌ها فراهم می‌کند و غلظت املاح درون خاکدانه‌ها به غلظت آب درون خلل و فرج درشت نزدیک می‌گردد. البته این امر به جز زمان، به ضریب پخشیدگی مؤثر و اندازه خاکدانه‌ها هم بستگی دارد. بنابراین در خاک‌های با هدایت هیدرولیکی پایین، مزیت‌های آبشویی متناوب، که همان عبور مقدار کمتر آب و زمان بیشتری برای پخشیدگی است، در آبشویی پیوسته نیز وجود خواهد داشت. بر همین اساس ورما و گوپتا (۱۹۸۹) تفاوت اندکی در شستشوی املاح بین این دو روش آبشویی ملاحظه کردند و آن را به هدایت هیدرولیکی پایین خاک رسی مورد مطالعه مرتبط دانستند.

تاگار و همکاران[2] (۲۰۰۷) در پژوهشی برای بررسی اثر کیفیت و نحوه اعمال آب بر راندمان آبشویی، آزمایش‌های در کرت‌هایی به ابعاد ۲×۲ متر با آب‌هایی با سه کیفیت ۰/۸، ۱/۲ و ۲ دسی‌زیمنس بر متر انجام دادند. این محققین همچنین سه روش اعمال آب پیوسته، منقطع و افقی را نیز در آزمایش‌های خود لحاظ کردند. نتایج آزمایش‌های آنان نشان داد که آبشویی منقطع با شستن ۷۴/۹ درصد املاح خاک از عمق صفر تا ۸۰ سانتی متری خاک در مقایسه با آبشویی پیوسته (۶۸/۸۴ درصد) و آبشویی افقی (۶۵/۷۶ درصد) با کاربرد ۷۰ سانتی متر آب آبشویی با کیفیت ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر، از باقی روش‌ها موفق‌تر بوده است. در سایر کیفیت‌ها نیز آبشویی منقطع توفیق بیشتری در شستشوی املاح داشته است.

تاگار و همکاران (۲۰۱۰) روش های آبشویی پیوسته و متناوب را برای آبشویی املاح از یک خاک لومی- رسی مقایسه کردند. پس ازگذشت دو ماه از آزمایش، ۴۶/۱۴ درصد املاح از لایه ۰ تا ۶۰ سانتی‌متری خاک کرت هایی که تحت آبشویی متناوب قرار داشتند خارج شدند، در حالی که در کرت‌های تحت آبشویی پیوسته، مقدار خروج املاح ۶۱/۵۹ درصد بود . با گذشت پنج ماه از آزمایش، مقدار خروج املاح از ۶۰ سانتی‌متر سطحی در کرت های تحت آبشویی متناوب به ۷۵/۲۳ درصد رسید، ولی این میزان در کرت‌های تحت آبشویی پیوسته ۶۴/۰۱ درصد بود. این محققین پیشنهاد دادند که چنان‌چه زمان عامل محدود کننده باشد، آبشویی پیوسته به آبشویی متناوب ارجحیت دارد ولی برای دست‌یابی به نتایج بهتر در طولانی مدّت، بهتر است از آبشویی متناوب استفاده گردد.

قرایبه و همکاران[3] (۲۰۱۲)، آزمایش‌های آبشویی را با تیمارهایی از به‌کارگیری مقادیر مختلف گچ و اسید فسفریک، به عنوان ماده اصلاح کننده، در ستون‌هایی دست نخورده از خاک لوم رسی شنی انجام دادند. نتایج نشان داد که هر دو ماده اصلاح کننده، اثر مشابهی در کاهش شوری خاک دارند درحالی که اسید فسفریک در مقایسه با گچ برتری قابل توجهی در کاهش سدیمی خاک دارد. این محققین همچنین اعلام کردند که شوری زدایی، نیاز به آب آبشویی بیشتری نسبت به سدیم زدایی دارد. به صورتی که در تیمارهایی که از اسید فسفریک به عنوان ماده اصلاح کننده استفاده شد، با عمق آبی برابر نصف عمق خاک مورد اصلاح، سدیمی خاک تا حد قابل قبولی بهبود پیدا کرد، در حالی که برای اصلاح شوری، آبشویی خاک به همین اندازه ادامه پیدا کرد.

صراف و همکاران[4] (۲۰۱۰) آزمایش‌های آبشویی متناوب را در قسمت مرکزی استان خوزستان با و بدون ماده اصلاح کننده (گچ) انجام دادند . آب آبشویی در چهار تناوب، هر یک با ۲۵ سانتی متر عمق آب انجام شد . نتیجه این آزمایش‌ها رضایت بخش بود و کلاس شوری- سدیمی خاک در آزمایش‌های بدون ماده اصلاح کننده از کلاس S2A3 تا S3A3، به S2A2 بهبود پیدا کرد. این محققین همچنین اعلام کردند که برای اصلاح اراضی شور و سدیمی این ناحیه نیازی به اضافه کردن اصلاح کننده های شیمیایی نمی‌باشد.

رضایی صدر (۱۳۸۷)، آزمایش‌های آبشویی را با استفاده از آب رودخانه کارون و آب حاصل از اختلاط آب رودخانه کارون با زهاب (هدایت الکتریکی برابر ۹/۶ دسی‌زیمنس بر متر) در جنوب خوزستان، کشت و صنعت سلمان فارسی انجام داد. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که پس اعمال ۷۵ سانتی‌متر آب آبشویی در سه دور ۲۵ سانتی‌متری با استفاده از آب رودخانه کارون، به‌طور متوسط ۸۸ درصد، و با مخلوط زهاب و آب کارون ۸۱ درصد املاح از عمق ریشه خارج شدند.

به جز پژوهش فوق، در بیشتر استان‌هایی که مسئله شوری خاک وجود دارد، آزمایش آبشویی اجرا گردیده است. سپاسخواه و همکاران (۱۳۶۵) در اراضی دهکده سلامی واقع در شرق دشت شیراز، سپاسخواه و سرخوش (۱۳۶۸) در دشت‌های شبانکاره و

1- Minhas and Khosla
2- Tagar *et al.*
3- Gharaibeh *et al.*
4- Sarraf *et al.*

رودحله در استان بوشهر، مهاجر میلانی و توسلی (۱۳۷۰) در سری خاک مسعود آباد در منطقه جنوب سمنان، نیکمرام و رضایی (۱۳۷۴) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میاندوآب، مرادی و مهاجر میلانی (۱۳۷۴) در استان بوشهر، پذیرا (۱۳۷۹) در خوزستان، بهزاد وآخوندعلی (۱۳۸۱) در اراضی ملاثانی اهواز، رحیمی و احمدنژاد (۱۳۸۴) در حاشیه کویر بجستان، محسنی‌فر و همکاران (۱۳۸۵) در جنوب شرقی خوزستان، خاکساری و همکاران (۱۳۸۵) در مرکز ملی تحقیقات شوری در منطقه چاه‌افضل یزد و چند تن دیگر از محققان در سطح کشور اقدام به انجام آزمایش‌های اصلاح خاک‌های شور نموده‌اند. البته این آزمایش‌ها بیشتر با هدف ترسیم منحنی‌های شوری و سدیم زدایی و بررسی مدل‌ها برای برآورد مقدار آب مصرفی برای آبشویی بوده و تاکنون بررسی جامعی در مقایسه روش‌های مختلف آبشویی همراه با کاربرد کیفیت‌های متفاوت آب صورت نگرفته است. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر روش‌های آبشویی متناوب و پیوسته با کاربرد کیفیت‌های متفاوت آب آبشویی بر شوری زدایی نیمرخ خاک انجام شد.

مواد و روش ها

پژوهش حاضر در تابستان سال ۱۳۹۱ در کشت و صنعت سلمان فارسی، یکی از واحدهای شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی، واقع در در ۴۵ کیلومتری جنوب شهرستان اهواز و در شرق رودخانه کارون اجرا شد. ارتفاع از سطح دریا در این کشت و صنعت بین ۴- ۲ متر است. میانگین دمای روزانه ۲۵/۴ درجه سانتی‌گراد و تیرماه با میانگین حداکثر دمای ۴۶/۳ و متوسط دمای ۳۷/۱ درجه سانتی‌گراد گرم‌ترین و دی ماه با متوسط دمای ۱۲/۵ و میانگین حداقل ۷/۵ درجه سانتی‌گراد سردترین ماه سال می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه ۱۷۲ میلی‌متر و متوسط تبخیر سالانه ۳۰۶۷ میلی‌متر است. خاک‌های این ناحیه عموماً بدون تکامل پروفیلی ساختمان یا دارای ساختمان ضعیف بودند.

دو عامل در این پژوهش مورد بررسی بودند:

نوع آب: آب تازه از رودخانه کارون، و آب‌هایی با هدایت‌های الکتریکی ۶/۰ و ۹/۰ دسی‌زیمنس بر متر حاصل از اختلاط زهاب این کشت و صنعت با آب رودخانه کارون که از این پس اختصاراً زهاب نامیده می‌شوند.

روش اعمال آب: متناوب و پیوسته. مقدار آب آبشویی پیش‌بینی شده در این آزمایش‌ها، بر اساس تجارب منطقه‌ای، ۱۲۰ سانتی‌متر بود. در روش پیوسته، تمام آب آبشویی مورد نظر، که سه مقدار ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ سانتی‌متر آب بود، در یک نوبت اعمال شده و پس از آن کرت رها می‌شد. در روش متناوب، در چهار نوبت ۳۰ سانتی‌متری با فواصل زمانی پنج روزه آبشویی صورت گرفت.

در نام‌گذاری تیمارها، نماد اوّل نمایانگر نوع آب مورد استفاده؛ (F) آب تازه، (D) زهاب با هدایت الکتریکی ۹/۰ دسی‌زیمنس بر متر و (M) زهاب با هدایت الکتریکی ۶/۰ دسی‌زیمنس بر متر و نماد دوم نمایانگر روش اعمال آب؛ (1) در یک نوبت پیوسته و (4) در چهار نوبت متناوب. بدین ترتیب شش تیمار به شرح زیر به دست آمد:

F1: آبشویی با آب رودخانه کارون در یک نوبت پیوسته
F4: آبشویی با آب رودخانه کارون در چهار نوبت متناوب
D1: آبشویی با زهاب (EC= 9 dS/m) در یک نوبت پیوسته
D4: آبشویی با زهاب (EC= 9 dS/m) در چهار نوبت متناوب
M1: آبشویی با زهاب (EC= 6 dS/m) در یک نوبت پیوسته
M4: آبشویی با زهاب (EC= 6 dS/m) در چهار نوبت متناوب

برای انجام آزمایش‌های آبشویی پیوسته، برای هر عمق از آب آبشویی باید کرتی جداگانه در نظر گرفته شود، چرا که آب آبشویی باید به صورت پیوسته بر سطح خاک وجود داشته باشد. به‌طور مثال آبشویی پیوسته با کاربرد ۶۰ سانتی‌متر آب در یک کرت انجام می‌شود و پس از آن کرت بلااستفاده است. به همین ترتیب آبشویی پیوسته خاک با کاربرد ۱۲۰ سانتی‌متر آب، در کرت دیگری انجام می‌شود. در این تحقیق آبشویی پیوسته با کاربرد سه عمق آب ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ سانتی‌متری درنظر بوده است. آبشویی پیوسته با عمق آب ۳۰ سانتی‌متر، همانند دور اول آبشویی متناوب با تناوب‌های ۳۰ سانتی‌متری است و به همین دلیل کرت مجزایی برای آن در نظر گرفته نشد.

این طرح بر پایه بلوک کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. با در نظر گرفتن دو کرت برای هر آبشویی پیوسته، به‌ترتیبی که در بند قبل توضیح داده شد، تعداد کرت ها در هر ردیف (بلوک) هفت عدد و تعداد کل آنها ۲۱ عدد بوده است. امتداد بلوک‌ها موازی با امتداد زهکش‌های زیرزمینی بوده و تیمارها با استفاده از جدول اعداد تصادفی در آنها جانمایی شدند.

برای احداث کرت‌های آبشویی ابتدا سطح زمین از گیاهان خودرو پاک‌سازی گردید و پس ازبندکشی با استفاده از دوربین نقشه‌برداری، ابعاد داخلی کرت‌ها با استفاده از گچ روی زمین مشخص شد.

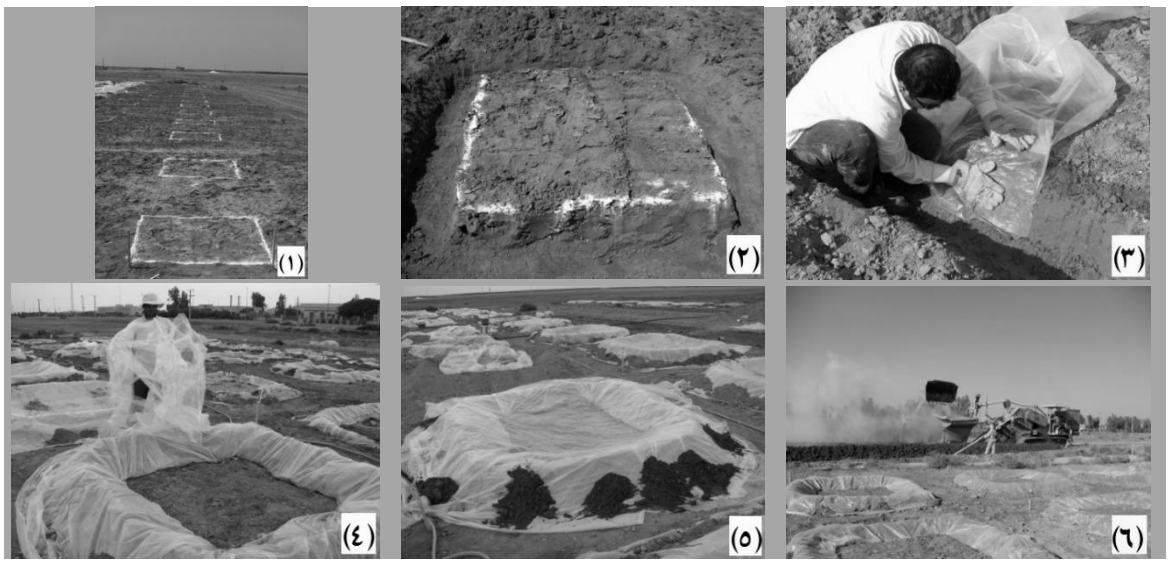
برای عایق سازی عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری کرت‌ها نسبت به نشت، دور هر کرت به عمق ۳۰ و به عرض ۴۰ سانتی‌متر حفاری گردید. سپس ورقه‌های نایلونی به دیواره داخلی، که قبلاً مرطوب شده بود، چسبانده شد به صورتی که به‌طور یکپارچه دور محیط حفاری شده داخلی را فرا گرفت. در مرحله بعد محیط حفاری شده تا ۱۵ سانتی‌متر از خاک پر شد و با استفاده از یک وزنه فلزی دسته‌دار تا حد امکان متراکم گشت. سپس مقداری آب روی آن گرفته شد تا خاک نشست کند. پس از آن خاکریزی بیرون کرت‌ها و روی محیط حفاری شده تا آنجا ادامه پیدا کرد که پشته‌ای به ارتفاع ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر ایجاد شود. بعد از آن ورقه‌های نایلونی که تا کنون روی سطح کرت بودند به روی پشته‌ها کشیده شدند و بدین ترتیب

از نشت آب به پشته‌ها نیز جلوگیری شد. برای جلوگیری از تبخیر، روی کلیه کرت‌ها با استفاده از ورقه‌های نایلونی به ابعاد ۴×۴ متر پوشانده شده و در نهایت دور تا دور محیط خارجی کرت‌ها خاک ریخته شد تا از بلند شدن نایلون جلوگیری شود. عملیات نصب زهکش‌های زیرزمینی همزمان با احداث کرت‌ها انجام شد. زهکشی با استفاده از لوله‌های پی‌وی‌سی و با پوشش معدنی صورت گرفت که به جمع کننده‌های روباز تخلیه می‌شدند. فاصله زهکش‌های زیرزمینی ۴۲ متر بود و زهکش‌ها در عمق متوسط ۱/۵ متری نصب گردیدند. تصاویر شکل (۱) مراحل احداث کرت‌های آزمایشی را نشان می‌دهند. آب مورد نیاز برای آبشویی به صورت روزانه با استفاده از یک دستگاه الکتروپمپ از کانال آب مجاور قطعه زراعی برداشت می‌شد. اندازه‌گیری مقدار آب اعمال شده با اندازه‌گیری دبی (با استفاده از یک سطل مدرج) و زمان (با استفاده از یک کرنومتر دیجیتال) انجام گردید.

برای آماده‌سازی آب‌های آبشویی با مقادیر هدایت الکتریکی ۹/۰ و ۶/۰ دسی‌زیمنس بر متر، زهاب با شوری بین ۴۰ تا ۷۵ دسی‌زیمنس بر متر از زهکش‌های طرح سلمان فارسی برداشت و به محل آزمایش‌ها حمل می‌گردید. این زهاب در سه تانکر اختلاط، هر کدام به ظرفیت ۲۰۰۰ لیتر به نسبت حجمی با آب کانال (آب تازه از رودخانه کارون) مخلوط می‌شد تا هدایت الکتریکی آن به مقدار تعیین شده (۶/۰ یا ۹/۰ دسی‌زیمنس بر متر) برسد.

نمونه‌های اولیه از خاک از بین هر دو کرت و از سه عمق ۳۰-۰، ۶۰-۳۰ و۹۰-۶۰ سانتی‌متری برداشت شد. به علت تورم خاک و وجود کریستال‌های نمک در لایه سطحی، نمونه‌برداری دقیق با آگر دستی که منجر به پراکندگی خاک لایه سطحی در اطراف آگر می‌شود ممکن نبود. به‌همین دلیل نمونه‌برداری اولیه از خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری با استفاده از لوله فولادی لبه تیز به قطر پنج سانتیمتر انجام شد. این لوله به کمک پتک تا عمق ۳۰ سانتیمتری کوبیده می‌شد، سپس دور آن با بیل دستی خالی و نمونه با استفاده از یک میله چوبی از لوله خارج می‌گردید. نمونه برداری از اعماق ۶۰-۳۰ و۹۰-۶۰ سانتی‌متر با استفاده از مته نمونه‌برداری به قطر ۶/۸ سانتی‌متر صورت گرفت. میانگین ویژگی‌های فیزیکی و شیمایی خاک مورد آزمایش به ترتیب در جدول‌های (۱) و (۲) ارائه گردیده است.

پس از انجام آبشویی، نمونه‌برداری مجدداً در سه عمق یاد شده صورت می‌گرفت. در تیمارهای آبشویی متناوب، در صورت ادامه داشتن آبشویی، محل نمونه‌برداری با خاک پر شده و با استفاده از یک میله چوبی متراکم می‌شد. با توجه به قطر آگر و نسبت سطح نمونه‌برداری به کل سطح کرت، میزان خطای ناشی از نمونه‌برداری حین تناوب‌های آبشویی کمتر از نیم درصد خواهد بود که قابل چشم‌پوشی است. نمونه‌های خاک پس از خشک شدن در مجاورت هوا، کوبیده و الک شده و برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی عصاره اشباع به وسیله ECسنج به آزمایشگاه منتقل می‌شد.



شکل ۱- مراحل احداث کرت های آزمایش‌ها آبشویی

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی خاک مورد آزمایش

عمق خاک (سانتی‌متر)	درصد ذرات خاک			بافت	رطوبت اشباع (درصد)	رطوبت FC (درصد)
	رس	سیلت	ماسه			
۰-۳۰	/۲۷ ۵۱	/۸۳ ۳۹	۸/۹	رسی	۶۲	۴۵
۳۰-۶۰	/۳۶ ۵۷	/۸۸ ۳۷	۴/۷۶	رسی	۶۵	۴۹
۶۰-۹۰	/۴۰ ۳۸	/۸۴ ۴۳	/۷۶ ۱۷	لوم رسی سیلتی	۵۹	۳۷

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی خاک مورد آزمایش

عمق خاک (سانتی‌متر)	EC عصاره اشباع (دسی‌زیمنس بر متر)	کلسیم و منیزیم $Ca^{2+} + Mg^{2+}$	سدیم Na^{+}	SAR	گچ (درصد)	آهک (درصد)	قلیاییت
		(میلی‌اکی والان بر لیتر)					
۰-۳۰	۱۹۵/۲۰	۷۲۴	۱۹۲۷	۱۰۱	۰/۲۵	۴۶	۷/۲
۳۰-۶۰	۷۴/۱۰	۲۰۱	۶۰۰	۶۰	۰/۴۳	۴۸	۷/۶
۶۰-۹۰	۵۶/۰۴	۱۶۸	۴۴۹	۴۹	۰/۳۱	۵۰	۷/۷

نتایج و بحث

شوری اولیه خاک، شوری مورد نظر پس از آبشویی، عمق شستشوی املاح و همچنین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک عمده‌ترین مواردی هستند که میزان آب مورد نیاز برای آبشویی خاک را تعیین می‌کنند (ابرول و همکاران[۱]، ۱۹۸۸). برای ارزیابی نتایج حاصل از شستشوی املاح خاک (آبشویی) از شاخص‌های مختلفی استفاده می‌گردد. آیرز و میک[۲] (۱۹۹۴) از معیاری با عنوان بار خروجی استفاده کردند که عبارت است از جرم املاح خارج شده از منطقه ریشه در واحد سطح. برخی پژوهشگران (چائوهان و همکاران[۳]، ۱۹۹۱؛ میلر و همکاران[۴]، ۱۹۶۵؛ شارما و منچاندا[۵]، ۱۹۹۶) نسبت غلظت املاح باقی مانده در خاک را به غلظت املاح اولیه، به ازای عمق آب به عمق خاک مورد بررسی، به عنوان معیار استفاده نمودند.

منحنی‌های آبشویی هم به طور وسیعی برای تعیین مقدار آب مورد نیاز برای آبشویی خاک به‌کار گرفته شده‌اند (وان در مولن[۶]، ۱۹۵۶؛ گاردنر و بروکز[۷]، ۱۹۵۷؛ ریو[۸]، ۱۹۵۷؛ دیلمان[۹]، ۱۹۶۳؛ خلسا و همکاران[۱۰]، ۱۹۷۹؛ شارما و خلسا، ۱۹۸۴؛ ابرول و همکاران، ۱۹۸۸؛ بهزاد و آخوندعلی، ۱۳۸۱؛ سپاسخواه و قرائت، ۱۹۷۷) و استفاده از آنها همچنان معمول است (برنارد و همکاران[۱۱]، ۲۰۱۰). این معیارها با وجود رایج بودن یک ایراد کلی دارند و آن این که عمق خاک تنها در یک لایه (شروع از سطح خاک) مورد بررسی قرار می‌گیرد. در صورتی که آب مورد نیاز برای آبشویی لایه‌های پایینی قبلاً از لایه‌های بالایی گذشته است. به همین دلیل تحلیل نتایج در این مقاله به صورت لایه به لایه، با بررسی کاهش سطوح شوری در برابر آب مصرفی انجام می‌شود.

ارقام نمودارهای کاهش شوری خاک در برابر عمق آب مصرفی، میانگین تکرارهای آزمایش‌ها است. میانگین شوری عصاره اشباع خاک پس از اجرای تیمارهای مختلف آبشویی در جدول (۳) ارائه شده است.

تغییرات هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در آبشویی پیوسته در برابر آب مصرفی در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری در شکل (۲- الف) نشان داده شده است. شیب این تغییرات در ۳۰ سانتی‌متر اول آبشویی، برای تیمار F1 بسیار تندتر از تیمارهای M1 و D1 است. دلیل آن به روشنی با استفاده از قانون اول فیک[۱۲] قابل توضیح است؛ شیب غلظت در آبشویی با آب تازه رودخانه کارون بسیار بالاتر از سایر تیمارها است و به همین دلیل با کاربرد مقدار یکسان آب، باعث افزایش پخشیدگی املاح و خارج نمودن آنها می‌گردد. در ۳۰ سانتی‌متر دوم آبشویی، (شکل ۲- ب) روند متفاوت است و این بار شیب کاهش شوری در شورترین تیمار آب، تیمار D1 ، بیشینه است. علت احتمالاً این است که در

1- Abrol *et al.*
2- Ayars and Meek
3-Chauhan *et al.*
4- Miller *et al.*
5- Sharma and Manchanda
6- Van der Molen
7- Gardner and Brooks
8- Reeve
9- Dieleman
10- Khosla *et al.*
11- Barnard *et al.*
12- Fick

تیمارهای F1 و M1 مقدار قابل توجهی از املاح در ۳۰ سانتی‌متر اول آبشویی خارج شده و املاح باقی مانده یا از قابلیت انحلال پایین‌تری برخوردارند و یا در خلل و فرج ریزتر خاک هستند و خارج نمودن آنها دشوارتر است. این مقایسه به تیمارهای M1 و F1 هم قابل تعمیم است. با اعمال ۶۰ سانتی‌متر بعدی آب آبشویی به صورت پیوسته، شیب این تغییرات برای همه تیمارها افت قابل توجهی پیدا کرده و به مقدار مشابهی نزدیک می‌شود. می‌توان گفت که تغییرات شوری عصاره اشباع خاک با آبشویی متناوب (شکل ۳- الف) نیز از روند مشابهی پیروی می‌کند.

در بررسی لایه‌های پایین‌تر باید به دو نکته توجه داشت: یکی این که آب آبشویی این لایه‌ها قبلاً از لایه‌های شور بالایی عبور کرده و خود دارای مقادیر قابل توجهی املاح هستند. دیگر این‌که کرت‌های آزمایشی تا عمق ۳۰ سانتی‌متری از سطح خاک نسبت به نشت جانبی عایق شده‌اند، ولی در اعماق پایین‌تر امکان نشت جانبی وجود دارد که پایین بودن رطوبت خاک در فصل انجام آزمایش‌ها (تابستان) و نیز بافت سنگین، امکان آن را بیشتر می‌کند. این نشت جانبی تأثیر متفاوتی بر فرآیند خروج املاح از سطح مورد بررسی دارد. اول این‌که مقدار خالص آب آبشویی عبوری از نیمرخ خاک را کاهش می‌دهد که مقدار این کاهش طبیعتاً در لایه پایین‌تر بیشتر است و این عامل اثر منفی بر فرآیند آبشویی دارد. دیگر این‌که آب نشت یافته به خارج از محیط کرت، مقادیری نمک هم با خود حمل می‌کند. این امر به خصوص در آبشویی لایه پایین‌تر اهمیت دارد، چرا که مقدار املاح وارد شده به آن توسط آب آبشویی را کاهش می‌دهد. پس روشن است که آبشویی لایه‌های پایین‌تر نسبت به لایه‌های بالاتر تابع عوامل بیشتری است، به همین دلیل احتمال بروز تفاوت در آنها بالاتر است.

شکل‌های (۲- ب) و (۳- ب) نشان می‌دهند که بیشترین شیب کاهش شوری در ۳۰ سانتی‌متر ابتدای آبشویی در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری متعلق به تیمارهای D1 و D4 است و کمترین آن متعلق به تیمارهای F1 و F4. همان‌طور که توضیح داده شد، این به‌دلیل ورود املاح شسته شده از لایه بالایی است که در تیمارهای آب شیرین بیشتر است. در ۳۰ سانتی‌متر بعدی آبشویی با شسته شدن املاح لایه بالایی، شیب کاهش غلظت در تیمارهای آب شیرین بیشتر گشته و پس از آن تقریبا یکسان می‌گردد.

همان‌طور که در شکل‌های (۲- ج) و (۳- ج) مشاهده می‌شود، تمامی تیمارها در ۳۰ سانتی‌متر اول آبشویی در عمق ۹۰-۶۰ سانتی‌متری با اندکی افزایش شوری مواجه بوده‌اند که مقدار آن در تیمارهای آب شور کمتر است. این به‌دلیل کمتر بودن میزان املاح شسته شده در مقایسه با تیمارهای آب شیرین است. روند تغییرات شوری عصاره اشباع خاک در لایه ۹۰-۶۰ سانتی‌متری به‌دلیل تعدد عوامل دخیل، تفاوت‌های بیشتری با لایه‌های بالایی دارد. برخی از این عوامل در این آزمایش‌ها مورد بررسی نبوده‌اند، از جمله مقدار آب نشت یافته به خارج محیط کرت و مقدار نمکی که با خود حمل کرده است، ولی از بررسی تغییرات شوری لایه‌ها در کنار هم می‌توان به نتایج جالبی دست یافت. این بررسی در شکل‌ها (۴) و (۵) انجام شده است. این شکل‌ها نشان می‌دهند در صورتی که روند خروج املاح از لایه‌های بالایی کند گردد، شیب کاهش شوری در لایه‌های پایینی افزایش پیدا می‌کند. مثلاً در تیمارهای آبشویی پیوسته و متناوب با آب کارون (تیمارهای F1 و F4) پس از ۶۰ سانتی‌متر آبشویی، خروج املاح از لایه‌های ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری کمتر شده، بنابراین با ادامه آبشویی، خروج املاح از لایه ۹۰-۶۰ سانتی‌متری اتفاق افتاده است. این روند در تیمارهای M1، M4 و D1 پس از ۳۰ سانتی‌متر آبشویی رخ داده است. روند کاهش شوری در عمق ۹۰-۶۰ سانتی‌متری تیمار D4 با باقی تیمارها هماهنگی ندارد که احتمالا به دلیل خطای آزمایش‌ها است. اختلاف بین تکرارها نیز در این تیمار بیش از سایر تیمارها بوده است.

بیشترین کاهش شوری در بین تیمارها، در تیمار F4 مشاهده شده که مشابه نتایج تحقیقات انجام شده توسط تاگار و همکاران (۲۰۰۷) است. میانگین هدایت الکتریکی عصاره اشباع در تکرارهای این تیمار در لایه ۳۰-۰ سانتی‌متری به ۴/۱۸ دسی زیمنس بر متر رسید. با توجه به رابطه (۱)، از لحاظ تئوری این مقدار حداکثر تا ۱/۸۹ دسی زیمنس بر متر (۵۳ درصد دیگر) قابل کاهش است. شوری در تیمارهای آبشویی با زهاب به صورت متناوب، به حد تئوری خود نزدیک‌تر است، به طوری‌که تیمارهای M4 با ۴۵ و D4 با ۴۲ درصد کاهش به حد تئوری کمینه شوری خود خواهند رسید. باید توجه کرد که شرط برقراری حد تئوری کاهش شوری، یکسان شدن غلظت‌های آب خاک و آب آبشویی در تمام خلل و فرج ریز و درشت است. واضح است که هر چه غلظت آب آبشویی کمتر باشد، یکسان شدن غلظت‌های آب خاک و آب آبشویی به صرف آب و زمان بیشتری احتیاج خواهد داشت.

تاکید بر لایه اول نمونه برداری‌ها (۳۰-۰ سانتیمتری) از چند جهت است؛

- بیشترین مقدار جذب آب توسط ریشه از این لایه صورت می‌گیرد.
- تمامی ریشه و جوانه گیاه در مراحل اولیه رشد، که به شوری نیز حساس‌تر است، کاملا در این لایه قرار دارد.
- در طی مراحل رشد، نفوذ عمقی ناشی از آبیاری خود به خود موجب شستشوی لایه‌های پایین‌تر خواهد شد و آنها را برای توسعه ریشه در شرایط مساعدتری قرار خواهد داد.
- کرت‌های آزمایشی تا این عمق در برابر نشت جانبی عایق شده‌اند، بنابراین این لایه تطابق بیشتری با شرایط مزرعه‌ای دارد و با اطمینان خاطر بیشتری می‌توان نتایج حاصل از آن را تعمیم داد.

با توجه به هدف پژوهش، بررسی قابلیت زهاب در آبشویی نمک از نیمرخ خاک اهمیت ویژه‌ای دارد. مقدار شوری در لایه ۳۰-۰ سانتی‌متری تیمارهای M4 و D4 پس از ۱۲۰ سانتی‌متر آبشویی متناوب به‌ترتیب به ۷/۸۵ و ۱۱/۳۵ دسی‌زیمنس بر متر رسیده است. بنابراین با فرض خطی بودن روند آبشویی، با اضافه کردن به‌ترتیب ۳۴ و ۵۹ سانتی‌متر آب رودخانه کارون، شوری خاک این تیمارها همانند تیمارهایی خواهد بود که کاملاً با آب شیرین آبشویی شده‌اند. به‌عبارتی، با استفاده از زهاب‌هایی با کیفیت ۶/۰ و ۹/۰ دسی‌زیمنس بر متر برای مراحل اولیه آبشویی متناوب، می‌توان مقدار مصرف آب شیرین را به‌ترتیب تا ۷۲ و ۵۱ درصد کاهش داد. با توجه به حجم بالای تولید زهاب در منطقه جنوب خوزستان، استفاده از آنها برای آبشویی اراضی کاملاً امکان‌پذیر است و برخلاف کشت با آب شور، خطری نیز متوجه آن نیست.

اختلاف ناشی از به‌کارگیری کیفیت‌های مختلف آب برای آبشویی در اکثر تیمارها در لایه‌های پایینی بیشتر است، ولی در مقایسه نمودارها باید به این نکته توجه کرد که چون مقادیر اولیه شوری متفاوت بوده، مقیاس عمودی نمودارها متفاوت است و اختلاف بین تیمارها در اعماق پایین‌تر بارزتر نشان داده می‌شود.

همان‌طور که در جدول (۴) درج شده است، اختلاف ناشی از به‌کارگیری کیفیت‌های متفاوت آب در آزمایش‌های آبشویی، در اعماق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری خاک مورد بررسی در این آزمایش‌ها، با آزمون دانکن در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است. معنی‌داری این اختلاف در عمق ۹۰-۶۰ سانتی‌متری در سطح دو درصد قرار دارد.

بررسی توفیق روش‌های آبشویی پیوسته و متناوب در رسیدن به حد تئوری کمینه شوری با استفاده از معادله (۱)، تمایز آنها را به خوبی نشان می‌دهد. میانگین شوری عصاره اشباع در تیمار F4، به ۴/۱۸ دسی زیمنس بر متر رسیده است که از لحاظ تئوری ۵۳ درصد دیگر قابل کاهش است، در حالی که شوری عصاره اشباع خاک در روش پیوسته تا ۶/۵۴ دسی زیمنس بر متر کاهش یافته که که از نظر تئوری ۷۰ درصد دیگر قابل کاهش است. چنان‌چه روند کاهش شوری را در هر دور آبشویی، خطی در نظر گرفته شود، تفاوت مصرف آب آبشویی بین این دو روش ۱۹/۳ درصد (۲۳ سانتی‌متر آب) است. به‌عبارتی ۲۳ سانتی‌متر دیگر آب لازم است تا شوری عصاره اشباع خاک در تیمار F1 به مقدار ۴/۱۸ برسد. به همین ترتیب تفاوت مصرف آب بین تیمارهای آبشویی متناظر M4 و M1 و نیز D4 و D1، به ترتیب ۲۲/۳ و ۲۵ درصد است که نشان می‌دهد به کارگیری آبشویی متناوب در آنها موثرتر از تیمارهای آب شیرین بوده است.

البته باید توجه داشت که دراین آزمایش‌ها سطح کرت‌ها به‌وسیله ورقه‌های نایلونی پوشش شده و بدین ترتیب عامل تبخیر حذف شده است. همان‌طور که در مقدمه بحث شد، وجود این عامل می‌توانست تأثیر قابل ملاحظه‌ای در نتایج آزمایش‌ها داشته باشد.

در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری، تفاوت بین تیمارهای متناوب و پیوسته نسبت به ۳۰-۰ سانتی‌متری بیشتر بوده است. در عمق ۹۰-۶۰ سانتی‌متری باز هم تفاوت بین تیمارهای متناوب و پیوسته نسبت به لایه‌های بالایی بیشتر بوده، ولی مقدار آن کمتر از اختلاف بین لایه‌های ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری است. این امر ممکن است به دلیل اختلاف مقدار نشت بین این لایه‌ها باشد، چرا که لایه اول عایق شده و نشت در آن اختلاف قابل توجهی نسبت به لایه دوم دارد، در صورتی که اختلاف بین لایه‌های دوم و سوم در این زمینه کمتر است.

بر اساس جدول (۴) تفاوت ناشی از عامل روش آبشویی (بین آبشویی پیوسته و متناوب) با استفاده از آزمون دانکن در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری در سطح یک درصد و در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری در سطح یک درصد قرار دارد. تفاوت ناشی از روش آبشویی در عمق

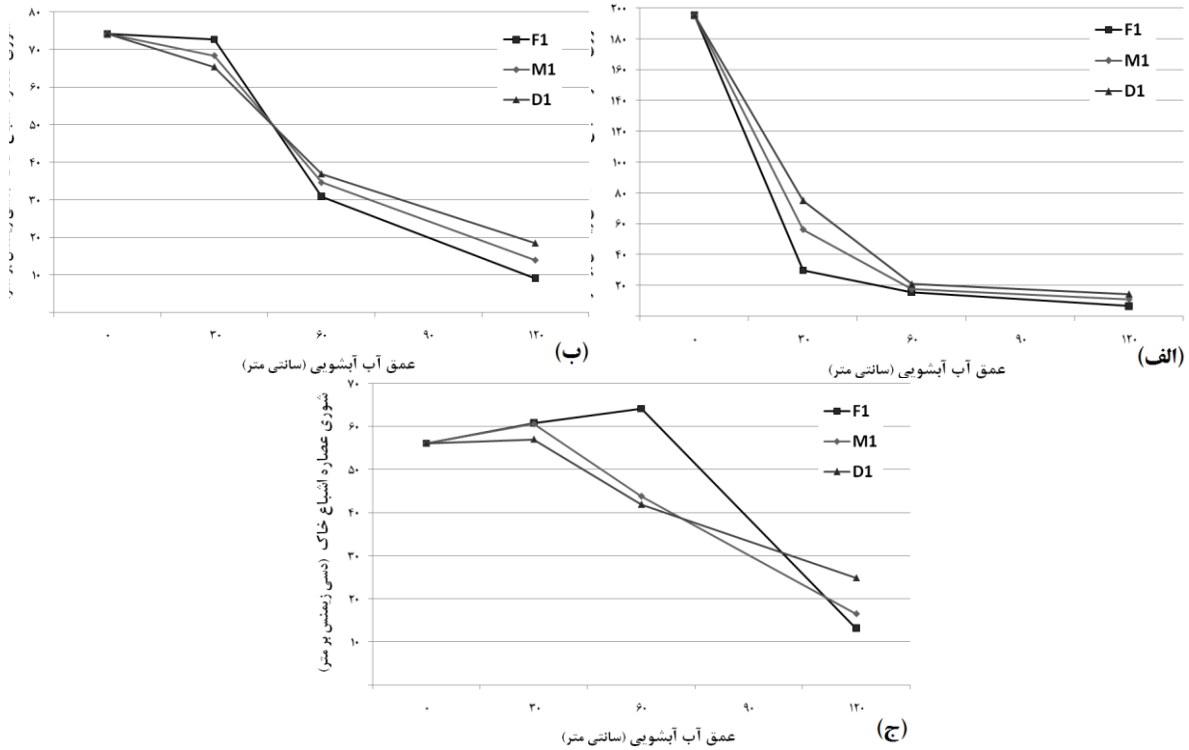
۹۰-۶۰ سانتی‌متری در سطح پنج درصد معنی‌دارنبوده است.

جدول ۳- میانگین شوری عصاره اشباع خاک پس از اجرای تیمارهای مختلف آبشویی

عمق خاک (سانتی-متر)	شوری عصاره اشباع خاک (دسی‌زیمنس بر متر)						
	قبل از آبشویی	F1	M1	D1	F4	M4	D4
۳۰-۰	۱۹۵/۲۰^{c}	۶/۵۴^{b}	۱۰/۷۴^{a}	۱۴/۳۸^{d}	۴/۱۸^{c}	۷/۸۵^{c}	۱۱/۳۵^{b}
۶۰-۳۰	۷۴/۱۰^{dc}	۹/۱۳^{c}	۱۳/۹۷^{b}	۱۸/۴۵^{a}	۶/۱۶^{d}	۱۰/۰۹^{c}	۱۴/۷۳^{b}
۹۰-۶۰	۵۶/۰۴^{c}	۱۳/۱۸^{cb}	۱۶/۴۹^{c}	۲۴/۸۳^{a}	۹/۸۶^{c}	۱۲/۳۸^{c}	۲۰/۵۲^{ba}

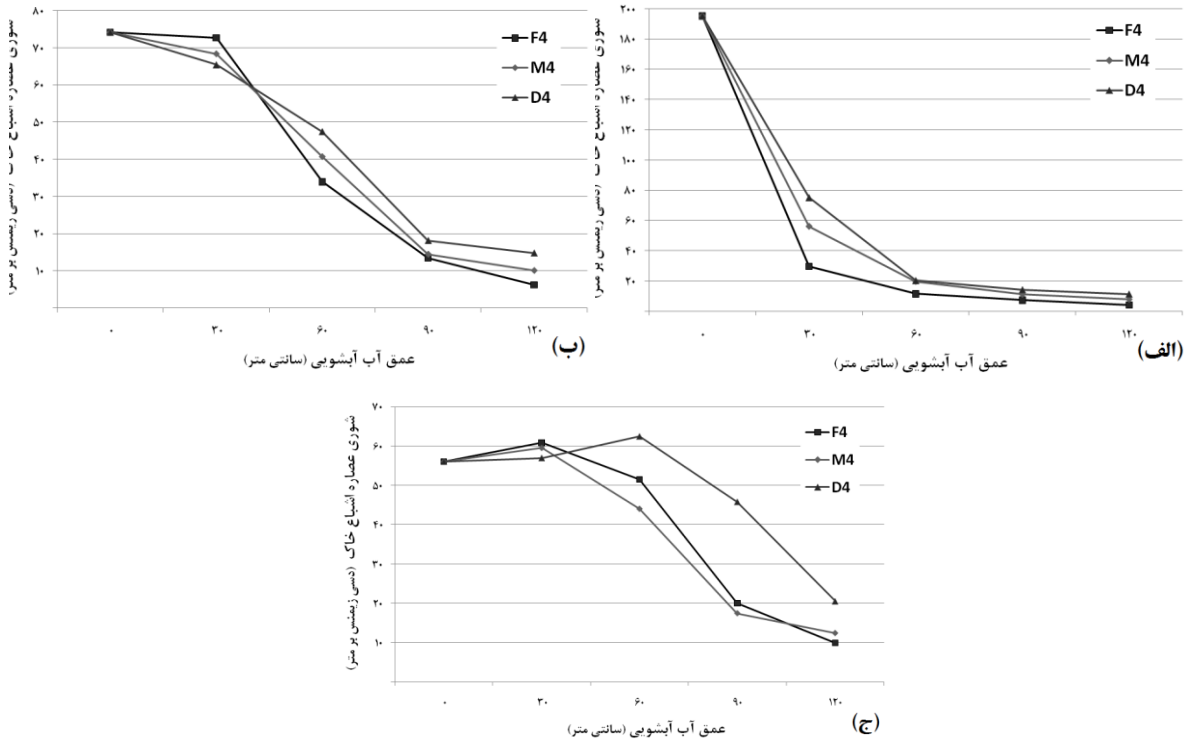
جدول ٤- بررسی معنی‌داری عوامل مورد بررسی در آزمایش‌های آبشویی با آزمون دانکن

عمق خاک (سانتی‌متر)	معنی‌داری عامل مورد بررسی	
	کیفیت آب آبشویی	روش آبشویی
۳۰-۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
۶۰-۳۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱
۹۰-۶۰	۰/۰۰۲	۰/۰۶۱



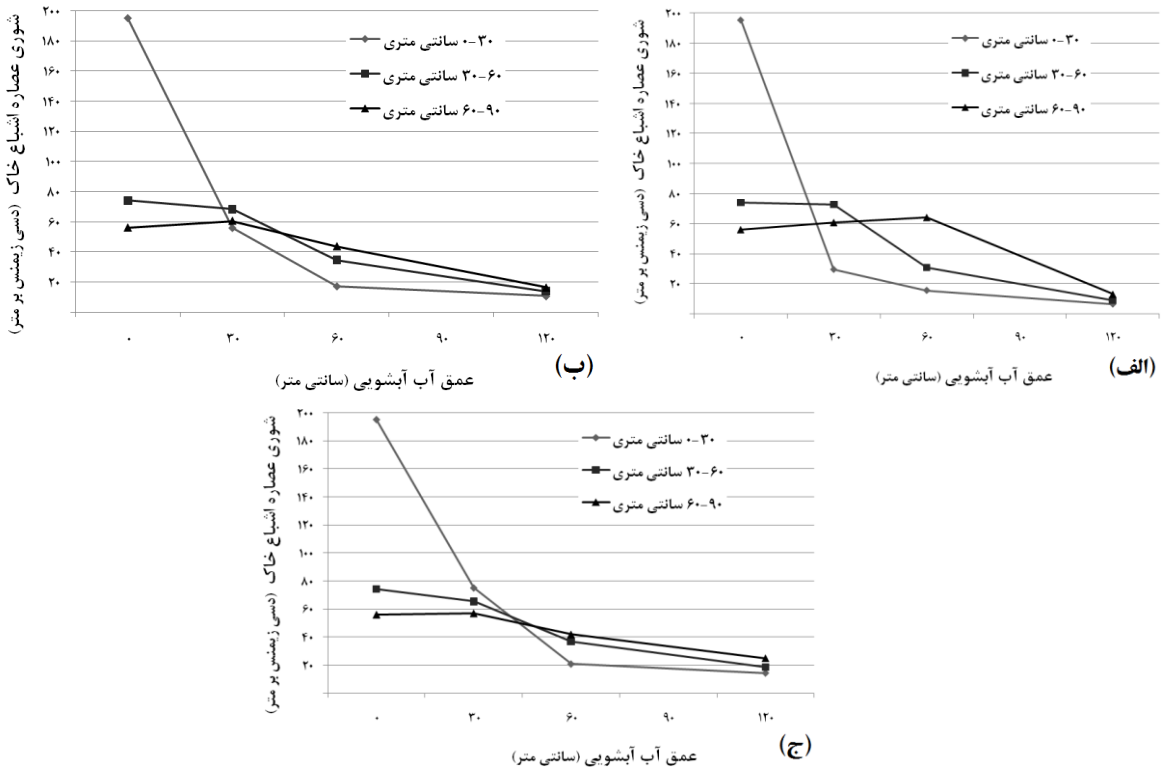
شکل ۲- تغییرات شوری عصاره اشباع خاک با آبشویی پیوسته

الف) عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری ب) عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری ج) عمق ۹۰-۶۰ سانتی‌متری



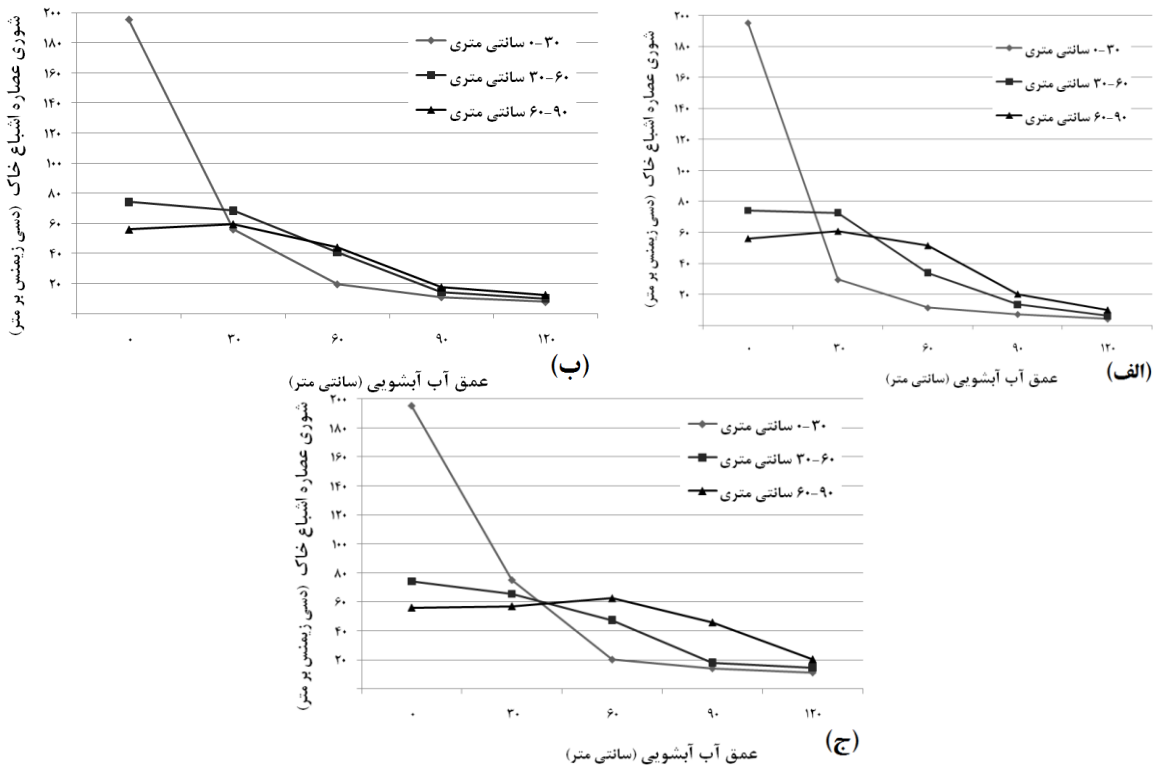
شکل ۳- تغییرات شوری عصاره اشباع خاک با آبشویی متناوب

الف) عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری ب) عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری ج) عمق ۹۰-۶۰ سانتی‌متری



شکل٤- تغییرات شوری عصاره اشباع خاک با آبشویی پیوسته در اعماق مختلف با به‌کارگیری کیفیت‌های مختلف آب

الف) آب تازه از رودخانه کارون ب) زهاب (EC= ۸ dS/m) ج) زهاب (EC= ۱۶ dS/m)



شکل ٥- تغییرات شوری عصاره اشباع خاک با آبشویی متناوب در اعماق مختلف با به‌کارگیری کیفیت‌های مختلف آب

الف) آب تازه از رودخانه کارون ب) زهاب (EC= ۸ dS/m) ج) زهاب (EC= ۱۶ dS/m)

نتیجه‌گیری

نتایج کلی به دست آمده از این پژوهش را می‌توان به شرح زیر ارائه داد:

- با استفاده مرحله‌ای از زهاب‌هایی با کیفیت ۶/۰ و ۹/۰ دسی زیمنس بر متر و سپس آب رودخانه کارون برای آبشویی متناوب، می‌توان مقدار مصرف آب شیرین را به‌ترتیب تا ۷۲ و ۵۱ درصد کاهش داد.
- اختلاف ناشی از به‌کارگیری کیفیت‌های مختلف آب برای آبشویی، در اکثر تیمارها در لایه‌های پایین‌تر خاک بیشتر بوده است. چرا که شوری‌زدایی لایه‌های پایین‌تر، منوط به شوری‌زدایی لایه بالاتر است.
- مصرف آب آبشویی در روش پیوسته، با کاربرد آب رودخانه کارون، ۱۹/۳ درصد بیشتر از روش متناوب است. همچنین در کاربرد زهاب‌هایی با کیفیت ۶/۰ و ۹/۰ دسی‌زیمنس بر متر مصرف آب آبشویی در روش پیوسته به ترتیب ۲۲/۳ و ۲۵ درصد بیشتر از روش متناوب بوده است که نشان می‌دهد آبشویی متناوب برای کیفیت‌های پایین تر آب، کارآیی بیشتری دارد.
- می‌توان چنین استنباط کرد که در خاک‌های سنگین، امتیاز روش‌های آبشویی متناوب بر پیوسته محدود به شرایط تبخیر پایین است. بنابراین اجرای این روش می‌بایست در فصل زمستان صورت گیرد.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از سازمان آب و برق خوزستان که هزینه‌های طرح را تقبل نموده‌اند، شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی که زمین و امکانات صحرایی را در اختیار گذاشتند و همچنین از خانم‌ها مهندس فیروزه شریفی‌پور و مهندس سارا صادقی و آقایان دکتر سیروس جعفری، مهندس محسن پولادگر و مهندس مجتبی مروج که در اجرای این پژوهش همکاری داشتند صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنند.

منابع

۱- بهزاد، م. و ع. م. آخوندعلی. ۱۳۸۱. بررسی و ارائه معادله های تجربی شوری و سدیم زدایی خاکهای شور در منطقه ملاثانی- استان خوزستان. مجله علمی کشاورزی، ۲۵ (۱): ۱۲۵-۱۰۵.

۲- پذیرا، ا. ۱۳۷۹. بررسی و تعیین آب مورد نیاز آبشویی خاک های شور و سدیمی. ماهنامه آب، خاک، ماشین، سال هفتم، (۵۵): ۳۲-۲۱.

۳- خاکساری، و. ، چراغی، س. ع. م. موسوی، س. ع. آ. ،کامگار حقیقی، ع. ا. ، و ش. زند پارسا. ۱۳۸۵. آبشویی خاک به منظور اصلاح خاک شور و قلیا در منطقه چاه افضل استان یزد. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳(۶): ۶۸-۵۷.

۴- رحیمی، ح. و ح. احمدنژاد. ۱۳۸۴. بررسی اثرات آبشویی در کاهش شوری و سدیمی قسمتی از اراضی حاشیه کویر بجستان. مجله پژوهش وسازندگی، ۶۶: ۹۶-۸۸.

۵- رضایی صدر، ح. ۱۳۸۷. محاسبه عمق آب آبشویی مورد نیاز جهت اصلاح اراضی شور و قلیا در کشت و صنعت سلمان فارسی. دومین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۶- سپاسخواه، ع.، امین سیچانی، س. و ع. ابطحی. ۱۳۶۵. شستشو و کنترل املاح در اراضی شور و قلیا. گزارش پژوهشی شماره ۵، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۷- سپاسخواه، ع. و پ. سرخوش. ۱۳۶۸. تجزیه و تحلیل آزمایش‌های شستشوی اراضی شور و قلیای دشت های شبانکاره و رودحله در استان بوشهر. گزارش پژوهشی شماره ۸، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۸- محسنی‌فر، ک.، پذیرا، ا. وپ. نجفی. ۱۳۸۵. بررسی انواع مدلهای آبشویی در دو منطقه جنوب شرق استان خوزستان. پژوهش در علوم کشاورزی، ۲(۱): ۹۲-۷۳.

۹- مرادی، ق. و پ. مهاجر میلانی. ۱۳۷۴. تهیه منحنی شوری زدایی و سدیم زدایی خاک های منطقه بنار استان بوشهر. گزارش نهایی شماره ۷۴/۴۲۷. مؤسسه تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی بوشهر.

۱۰- مهاجر میلانی، پ. و ا. توسلی. ۱۳۷۰. بررسی امکان اصلاح و بهسازی خاک های شور و قلیا منطقه جنوب سمنان. مجموعه مقالات خاک و آب، مؤسسه تحقیقات خاک و آب. ۶ (۱): ۷۴-۴۹.

۱۱-نیکمرام، م. ص. و ح. رضایی. ۱۳۷۴. تهیه منحنی شوری زدایی و سدیم زدایی خاکهای ایستگاه تحقیقات کشاورزی میاندوآب. گزارش نهایی، شماره ۴۷/۲۸، مؤسسه تحقیقات کشاورزی اصفهان.

12- Abrol, I. P., Yadav J. S. P. and F. I. Massoud. 1988. Salt-affected soils and their management. FAO Soils Bulletin, N. 39. Roma, Italy.

13- Ayars, J. E. and D. W. Meek. 1994. Drainage load-flow relationships in arid irrigated areas. Transactions of the ASAE, 37(2): 431-437

14- Barnard, J. H., van Rensburg, L.D. and A. T. P. Bennie. 2010. Leaching irrigated saline sandy to sandy loam apedal soils with water of a constant salinity. Irrigation Science, 28:191-201.

15- Boumans, J. H. 1963. Some principles governing the drainage and irrigation of saline soils: Dieleman (ed) reclamation of salt affected soils in Iraq. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen pub. No: 11, pp. 83-95.

16- Cameron, K. C. and A. Wild. 1982. Prediction of solute leaching under field conditions. Journal of Soil Science, 33: 659-669.

17- Chauhan, C.P.S., Singh, R.B., Minhas P.S., Agnihotri A.K., and R. K. Gupta. 1991. Response of wheat to irrigation with saline water varying in anionic constituents and phosphorus application. Agricultural Water Management, 20(3): 223-232.

18- Cote, C.M., Bristow, K. L. and P. J. Ross. 2000. Increasing the efficiency of solute leaching: Impacts of flow interruption with drainage. Agricultural Water Management, 46:55-71.

19 Dahiya, I. S., Malik, R. S. and S. INTaharaj. 1981. Field studies on leaching behavior of a highly saline-sodic soil under two modes of water application in the presence of crops. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 97: 383-389.

20 Dieleman P. J .1963. Reclamation of salt affected soils in Iraq. Veenman, Wageningen.

21 Elgabaly, M.M. 1971. Reclamation and management of salt affected soils. Salinity seminar, Baghdad, FAO Irrigation and Drainage Paper, 7:50-79.

22- Gardner, W.R. and R. H. Brooks. 1957. A descriptive theory of leaching. Soil Science, 83:295–304.

23- Gardner, W.R., Fireman. M.1958. Laboratory studies of evaporation from soil columns in the presence of a water table. Soil: 5:244-249.

24- Gharaibeh, M. A., Eltaif, N. I., Shra'a, S. H. 2012. Desalination and Desodification Curves of Highly Saline-Sodic Soil Amended with Phosphoric Acid and by-Product Gypsum. International Journal of Environmental Science and Development, Vol. 3, No. 1, February 2012

25- Khosla BK, Gupta RK, Abrol IP .1979. Salt leaching and the effect of gypsum application in a saline-sodic soil. Agricultural Water Management. 2:193–202

26- Kutilek, M. and Nielsen, D. R. 1994. Soil Hydrology. GeoEcology textbook. Catena vertag. Germany

27- Miller, R.J, J.W. Biggar, Nielsen, D.R. . 1965. Chloride displacement in Panoche clay loam in relation to water movement and distribution. Water Resources Research. 1:63-73

28- Oster, J. D., Willardson, LS. and Hoffman, G. J. 1972. Sprinkling and pounding techniques for reclaiming saline soils. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. 15:1115-1117

29- Reeve RC .1957. The relation to salinity to irrigation and drainage requirements. In: 3rd Congress on irrigation and drainage 5:10.175–10.187.

30- Sarraf, A., Vahdat, F., Pazira, E., Sedghi, H. 2010. Estimating reclamation water requirement and predicting final soil salinity for soil desalinization. XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering. Québec City, Canada, June 13-17, 2010

31- Sepaskhah, A. R. and M. R. Gharaat. 1977. Reclamation of a saline-sodic soil in Khuzestan. Iranian Journal of Agricultural Research, 5:35-45

32- Sharma DR, Khosla BK .1984. Leaching of sodic water deteriorated salty soil. Journal of Indian Society of Soil Science. 32:344–348

33- Sharma, S. K. and H. R. Manchanda. 1996. Influence of leaching with different amounts of water on desalinization and permeability behavior of chloride and sulphate-dominated saline soils. Agricultural Water Management, 31(3): 225–235.

34- Tagar, A. A., Siyal, A. A., Brohi, A. D. and F. Mehmood.2010. Comparison of continuous and intermittent leaching methods for the reclamation of a saline soil. Pakistan Journal of Agricultural Engineering and Veterinary Science. 26 (2): 36-47

35- Tagar, A. A., Siyal, A. A., Siyal, A. G. and S. A. Memon. 2007. Effect of water quality and methods of water application on the leaching efficiency of a saline soil. Pakistan Journal of Agricultural Engineering and Veterinary Science. 23 (1): 47-52

36- Tanji, K., and W. Wallender.2011. Nature and extent of agricultural salinity and sodicity. Agricultural Salinity Assessment and Management: Second Edition, pp. 1-25.

37- Van der Molen, W. H. 1956. Desalinization of saline soils as a column process. Soil Science, 81:19–27.

38- Verma, S. K. and R. K. Gupta. 1989. Leaching behavior of saline clay soil under two modes of water application. Journal of Indian Society of Soil Science, 37: 803-808.