

## ارزیابی آبشویی خاک‌های شور و سدیمی با کاربرد سطوح مختلف آب خالص و اسیدی در بخشی از اراضی شبکه آبیاری و زهکشی دشت مهاباد

محمد بزانه<sup>۱</sup>، حسین رضایی<sup>۲\*</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۲۸)

### چکیده

بهسازی خاک‌های شور و سدیمی از دیدگاه حفاظت منابع آب و خاک، اهمیت فراوانی دارد. تجمع و فزونی املاح خاک از رشد و نمو گیاه جلوگیری نموده و بطور مستقیم بر عملکرد گیاه تأثیر می‌نهد. مهم‌ترین گام جهت جلوگیری از اثرات سوء شوری خاک، کاهش املاح تا رسیدن به حد بهینه، از طریق آبشویی و ممانعت از ماندابی شدن می‌باشد. بهسازی خاک‌های شور-سدیمی به کیفیت و مقدار آب کاربردی، نوع بهساز و وضعیت زهکشی خاک بستگی دارد. در این پژوهش، به منظور ارزیابی چگونگی اصلاح خاک‌های شور و سدیمی، تیمارهای مختلف آبشویی با آب خالص و آب اسیدی در سه سطح ۲۵، ۵۰ و ۷۵ سانتی‌متری در قالب طرح آزمایش بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. پس از آنکه رطوبت خاک به حد ظرفیت مزرعه‌ای رسید، نمونه خاک جهت تجزیه و تحلیل مقدار تغییرات املاح تهیه گردید. نتایج نشان داد تغییر کلاس شوری و قلیائیت خاک از  $S_3A_2$  (شوری زیاد و قلیائیت نسبتاً زیاد) به  $S_1A_1$  (شوری و قلیائیت کم) پس از انجام آبشویی می‌باشد. کمترین و بیشترین درصد بهبود شوری و قلیائیت مربوط به تیمارهای ۲۵ سانتی‌متر آب خالص و ۷۵ سانتی‌متر آب اسیدی به ترتیب با مقادیر کاهش متوسط  $24/7$  و  $41/2$  درصد برای سدیم قابل تبادل و  $25/9$  و  $69$  درصد برای قابلیت هدایت الکتریکی نسبت به شرایط اولیه خاک می‌باشد. در تمامی تیمارها اختلاف بین استفاده از آب خالص و اسیدی معنی‌دار شد که نشان از عملکرد مؤثر ماده اصلاحی دارد. تجزیه آماری نتایج، بیانگر معنی‌دار بودن تغییرات پارامتر درصد سدیم قابل تبادل و قابلیت هدایت الکتریکی به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد بود. تیمار ۵۰ سانتی‌متر آب اسیدی از بین تیمارها به عنوان مناسب‌ترین تیمار از لحاظ مصرف آب و کارایی آبشویی شناخته شد. پیشنهاد می‌شود برای استفاده بهینه آب، از تیمار ۵۰ سانتی‌متر آب اسیدی برای اصلاح خاک‌های منطقه استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: آبشویی، سدیم قابل تبادل، شوری، قلیائیت

۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه

۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه (مکاتبه کننده)

\* پست الکترونیک: [h.rezaie@urmia.ac.ir](mailto:h.rezaie@urmia.ac.ir)

## مقدمه

شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک کشور، تشکیل و توسعه روزافزون خاک‌های شور و سدیمی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک را افزایش داده است. علت گرایش خاک‌ها به سمت شور و سدیمی شدن بر اثر دو دسته از عوامل طبیعی و غیرطبیعی است که هر دو عامل می‌توانند تحت تأثیر مستقیم عوامل مکانی و زمانی دامنه‌ی تغییرات گسترده‌ای را داشته باشند (Pazira & Homaei, 2010). از طرفی دیگر افزایش روزافزون استفاده از کودها و سموم کشاورزی موجب تشدید شوری و همچنین افزایش املاح محلول و یونهای تبادل‌پذیر گردیده است (Al Yasin, 1996). همچنین از دیدگاه مصرف آب خاک‌های شور نیاز به آب بیشتری نسبت به خاک‌های غیرشور دارند. بنابراین بهسازی این خاک‌ها هم از لحاظ حفاظت بهینه منابع آبی کشور و هم بهره‌برداری پایدار از خاک‌های شور حائز اهمیت است (Noshadi & Mehrabi, 2015). عمق آب لازم برای آبشویی نمک‌های خاک به میزان شوری اولیه، بافت و عمق خاک، گیاه انتخابی برای الگوی کشت و روش آبشویی بستگی دارد (Konukcu et al., 2005; Corwin et al., 2007). بطورکلی اصلاح خاک‌های شور و سدیمی کار پیچیده‌ای بشمار نمی‌رود زیرا با بکارگیری مقدار مورد نیاز آب آبشویی به همراه مواد اصلاح‌کننده با کیفیت مناسب می‌توان نمک‌های اضافی را از نیم‌رخ خاک آبشویی نمود، مگر اینکه ویژگی‌های زهکشی داخلی خاک به هر دلیلی نامناسب یا بافت خاک بسیار سنگین باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که پیش‌نیاز موفقیت در برنامه‌های اصلاح و آبشویی خاک‌های شور و سدیمی به شرایط مطلوب زهکشی خاک‌ها بستگی دارد (Pazira & Khesavarz, 1998; Rajabzadeh et al., 2012). با توجه به شرایط متفاوت اقلیمی و تنوع ساختار و بافت خاک‌ها، انجام آزمایش‌های آبشویی بصورت پایلوت در هر منطقه و سپس تعمیم نتایج آن به‌ویژه در شرایطی که خاک‌های منطقه همگن باشند منجر به حصول نتایج مطلوب در دستیابی به اطلاعات مورد نیاز از برنامه‌های اصلاح خاک خواهد شد (Barzgar et al., 2008). در این راستا پذیرا و کاواچی (Pazira & Kawachi, 1981)، ورما و گوپتا (Verma & Gupta, 1989) در ارتباط با تعیین مقدار آب لازم برای آبشویی نمک‌های محلول از نیم‌رخ خاک انواع مدل‌های تجربی با روابط ریاضی و توابع هذلولی، نمایی و توانی را ارائه کردند که هر یک از این روابط بر اساس بافت

خاک، مقدار شوری اولیه و شرایط محل آزمون آبشویی تعیین شدند. بهزاد و آخوندعلی (Behzad & Akhundali, 2004) با بررسی و مقایسه این روابط با شرایط مزرعه‌ای و نتایج بدست آمده از استوانه‌های مضاعف مشاهده نمودند که مقدار آب خالص مصرفی در شرایط مزرعه، بیش از مقدار محاسبه شده از روابط مستخرج از نتایج آبشویی املاح در استوانه‌های مضاعف می‌باشد.

صدیق و همکاران (Sadiq et al., 2007) به بررسی تأثیر عملیات خاک‌ورزی و کاربرد اسید سولفوریک بر مقدار محصول تولیدی و خصوصیات خاک طی مدت زمان دو سال در سه مزرعه دارای خاک شور - سدیمی پرداختند. نتایج حاکی از افزایش مقدار محصول برای هر دو حالت کاربرد اسید و انجام عملیات خاک‌ورزی بود. ایشان استفاده از اسید سولفوریک را به دلیل راهکار سریع اصلاح خاک و افزایش مقدار محصول تولیدی پیشنهاد نمودند. قانعی مطلق و همکاران (Ghaneie Motlagh et al., 2010) به بررسی تأثیر چند ماده اصلاحی از جمله گچ، اسید سولفوریک و گوگرد بر روی خصوصیات خاک‌های شور - سدیمی پرداختند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که کاربرد گچ و اسید سولفوریک مقدار کاتیون‌های کلسیم و منیزیم را افزایش و سدیم را کاهش می‌دهد. همچنین برای اصلاح خاک سطحی استفاده از اسید سولفوریک و گچ را پیشنهاد نمودند. زنگنه و همکاران (Zangane et al., 2012) با بررسی تأثیر آب مغناطیسی بر روی آبشویی خاک‌های شور در شرایط آزمایشگاهی نشان داد مصرف ماده اصلاح‌کننده موجب آبشویی مؤثر کاتیون‌های سدیم می‌شود. ویلیامز و همکاران (Williams et al., 2015) نشان دادند که مدیریت صحیح سامانه‌های زهکشی با کاربرد دقیق مقدار آب آبشویی باعث کاهش میزان زه‌آب خروجی شده و به تبع آن، اثرات زیان‌بار زیست‌محیطی مواد موجود مانند نترات و فسفات بطور چشم‌گیری کم می‌شود.

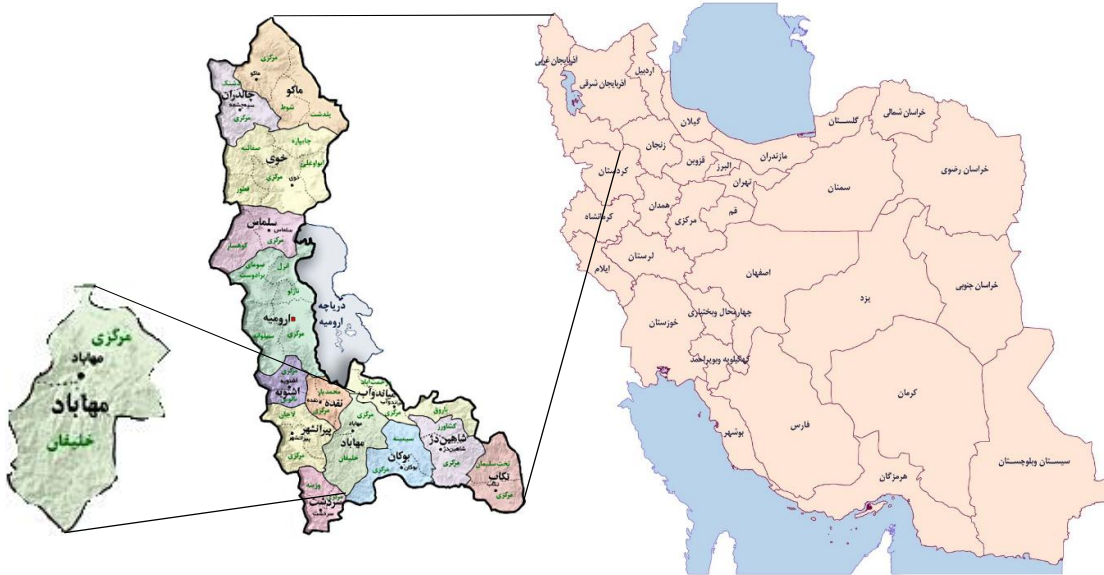
با تعیین مقدار آب مورد نیاز جهت انتقال املاح خاک و کاهش قابلیت هدایت الکتریکی و سدیم آن می‌توان با انتظار عملکرد مناسب اقدام به کشت و زرع نمود. مدل‌های ریاضی در مقیاس آزمایشگاهی برای اصلاح خاک‌های شور موفقیت‌آمیز بوده‌اند ولی تعمیم نتایج آن‌ها به مناطق دیگر و در مقیاس متفاوت دشوارتر بوده و همچنان انجام آزمایش‌های صحرایی ضروری می‌باشند (Asadi et al.,

منطقه مورد مطالعه شامل خاک‌های شور و سدیمی اراضی شبکه آبیاری و زهکشی مهاباد در استان آذربایجان غربی بوده که در محدوده مختصات جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۴۵ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی و در متوسط ارتفاع ۱۳۰۰ متری از سطح دریا با مساحت تقریبی ۳۵۰۰ هکتار قرار گرفته است. شکل ۱ محدوده کلی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

بنابراین در مطالعه حاضر آزمایش‌های آبشویی با آب خالص و نیز با آب به‌علاوه ماده اصلاحی بر روی نمونه خاک‌های منطقه مورد مطالعه انجام گرفت تا تأثیر سطوح مختلف کاربرد آب در آبشویی املاح خاک و همچنین ضرورت استفاده از مواد اصلاح‌کننده و تعیین مقدار مناسب آب آبشویی مورد ارزیابی قرار گیرد.

## مواد و روش‌ها

### موقعیت و محدوده منطقه مورد مطالعه



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه - استان آذربایجان غربی

Figure 1- Location of the study area - West Azerbaijan Province

پارامترها در ارزیابی شوری و قلیائیت خاک‌ها شامل قابلیت هدایت الکتریکی<sup>۱</sup>، درصد سدیم قابل تبادل<sup>۲</sup>، مقدار سدیم تبدالی و pH می‌باشند که نتایج بدست آمده از تجزیه آزمایشگاهی نمونه‌ها برای این پارامترها و همچنین بافت لایه‌های مختلف خاک مطابق جدول ۱ می‌باشد. درصد سدیم قابل تبادل با معلوم بودن پارامترهای فوق با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

$$ESP = \frac{Ex.Na^+}{CEC} \times 100 \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن: ESP: درصد سدیم قابل تبادل خاک  
Ex.Na<sup>+</sup>: مقدار سدیم قابل تبادل خاک (میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خاک)

### روش تجزیه آزمایشگاهی

تجزیه آزمایشگاهی نمونه‌های خاک پس از نمونه‌برداری و ارسال به آزمایشگاه بر اساس روش‌های متداول و مندرج در نشریه شماره ۱۶۸ و ۸۹۳ مؤسسه تحقیقات خاک و آب (Ehiaiy & Behbahanizade, 1993; Nahid, 1986) انجام شد. واکنش خاک با استفاده از دستگاه pH متر در عصاره اشباع خاک، قابلیت هدایت الکتریکی با ECسنج، بافت خاک به روش هیدرومتری، سدیم قابل تبادل با استفاده از روش فلیم فتومتری و ظرفیت کاتیون قابل تبادل با روش کمپلکسومتری اندازه‌گیری شد. بر اساس آزمایش‌های انجام یافته خاک منطقه مورد مطالعه، خاکی عمیق و با نفوذپذیری کم و بافت سطحی بسیار سنگین (رس سیلتی) و شوری زیاد و قلیائیت نسبتاً بالا می‌باشد. مهم‌ترین

2-Exchangeable Sodium Percentage

1-Electrical Conductivity

(A) در سه سطح: A<sub>1</sub>: آبشویی با ۲۵ سانتی‌متر ارتفاع آب در یک نوبت، A<sub>2</sub>: آبشویی با ۵۰ سانتی‌متر ارتفاع آب در دو نوبت، A<sub>3</sub>: آبشویی با ۷۵ سانتی‌متر ارتفاع آب در سه نوبت و کیفیت آب (B) در دو سطح: B<sub>1</sub>: شستشو با آب خالص، B<sub>2</sub>: شستشو با آب اسیدی در سه تکرار انجام گرفت. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۲ متر در ۱ متر بود که برای جلوگیری از ایجاد خطا در اثر نفوذ جانبی، با فواصل یک متری از هم قرار گرفته بودند. آبشویی با روش آبیاری کرتی متناوب صورت گرفت.

#### آب استفاده شده برای آبشویی

از آب مورد استفاده برای آبشویی (آب سد مهاباد) که برای آبیاری مزارع نیز از آن استفاده می‌شود، نمونه‌برداری و به آزمایشگاه فرستاده شد که تجزیه مواد شیمیایی آن مطابق جدول ۲ می‌باشد. طبق نمودار ویلکاکس (Bybord, 2005) در طبقه C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> قرار گرفت.

#### محاسبه مواد اصلاحی

با توجه به درصد سدیم قابل‌تبادل اولیه خاک برای عمق ۵۰ سانتی‌متری که ۱۸/۳ درصد است با لحاظ حد تعادلی آن به میزان ۱۰ درصد و با توجه به اینکه ظرفیت تبادل کاتیونی طبق جدول ۱ برابر ۲۸/۱ میلی‌اکی‌والان در صد گرم خاک بوده و چگالی ظاهری خاک نیز ۱/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب است مقدار ماده اصلاحی با استفاده از رابطه ۲ بدست آمد (Barzgar, 2000).

$$\text{رابطه ۲)} \quad \text{گج مورد نیاز (تن بر هکتار)} = \frac{(ESP_i - ESP_f) \times CEC \times \rho_b \times D \times 8.61}{100} = 15.1 \text{ ton/ha}$$

#### جدول ۱- نتایج تجزیه نمونه خاک محل آزمایش قبل از آبشویی

Table 1- Results of soil sample analysis of the test location before leaching

کلاس خاک Soil Class	سدیم تبدالی Exchangeable Sodium (meq 100g <sup>-1</sup> )	ظرفیت تبادل کاتیونی Cation Exchange Capacity (meq 100g <sup>-1</sup> )	pH	هدایت الکتریکی Electrical Conductivity (dS m <sup>-1</sup> )	بافت Texture	عمق خاک Soil Depth (cm)
شور - سدیمی Saline - Sodic	4.9	28.5	8.4	38.9	رس سیلتی Silty Clay	0-25
شور - سدیمی Saline - Sodic	5.4	27.7	8.6	27.6	رس سیلتی Silty Clay	25-50
شور - سدیمی Saline - Sodic	5.2	21.5	8.7	23.8	رس سیلتی لومی Loamy Silty Clay	50-75
شور - سدیمی Saline - Sodic	4.9	19.2	8.8	18.6	رس سیلتی لومی Loamy Silty Clay	75-100

(meq 100g<sup>-1</sup>) میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم، (dS m<sup>-1</sup>) دسی‌زیمنس بر متر

جدول ۲- نتایج تجزیه نمونه آب مورد استفاده برای آبشویی  
Table 2- Analysis of water sample used for leaching

SAR	کاتیون‌ها (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)				آنیون‌ها (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)				هدایت الکتریکی EC (dS m <sup>-1</sup> )	pH	
	Cations (meq l <sup>-1</sup> )				Anions (meq l <sup>-1</sup> )						
	کاتیون‌ها Cations	سدیم Na <sup>+</sup>	منیزیم Mg <sup>++</sup>	کلسیم Ca <sup>++</sup>	آنیون‌ها Anions	سولفات SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	کلر Cl <sup>-</sup>	بی‌کربنات HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			کربنات CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
0.29	4.3	0.4	1.9	2	4.45	0.5	0.35	3.6	-	0.44	7.8

در لایه اول شده که میزان آن به ۱۷/۹ دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافته است هر چند که کلاس شوری خاک در S<sub>3</sub> باقی مانده است. با توجه به آنچه گفته شد تیمار آب اسیدی در کاهش شوری لایه سطحی خاک نیز مؤثرتر بوده بطوری که مقدار آن را به ۸/۹ دسی‌زیمنس بر متر رسانده و کلاس شوری خاک را به S<sub>2</sub> بهبود داده است. مصرف ۵۰ سانتی‌متر آب در تحقیق حاضر با اسید و بدون اسید منجر به کاهش بیشتر شوری در عمق ۱۰۰ سانتی‌متری خاک شده که مقدار و کلاس شوری خاک را در تیمار آب خالص به ۱۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر و S<sub>2</sub> و در تیمار آب اسیدی به ۷/۸ دسی‌زیمنس بر متر و S<sub>1</sub> رسانده است. تیمار ۷۵ سانتی‌متر آب خالص در مقایسه با تیمار ۵۰ سانتی‌متری منجر به کاهش بیشتر شوری در عمق ۱۰۰ سانتی‌متری از سطح خاک و خروج املاح محلول شده بطوری که مقدار میانگین کاهش شوری در نیم‌مخ یک متری خاک برای تیمار ۵۰ سانتی‌متری آب خالص ۶۱ درصد و برای تیمار ۷۵ سانتی‌متری آن ۶۲/۵ درصد می‌باشد. ضمناً این نکته قابل تأمل است که آبشویی با اسید و یا بدون آن باعث کاهش میزان قابلیت هدایت الکتریکی خاک می‌شود. اما چون مصرف اسید باعث افزایش نفوذپذیری خاک و نیز حل شدن آهک خاک و آزاد شدن یون کلسیم و جایگزینی آن با یون سدیم می‌شود، بنابراین بطور چشم‌گیری مؤثرتر از آب خالص عمل می‌کند که این نتیجه منطبق بر مشاهدات صدیق و همکاران (Sadiq et al., 2007) و قانعی مطلق و همکاران (Ghaneie Motlag et al., 2010) می‌باشد.

ESP<sub>i</sub>: درصد سدیم قابل تبادل اولیه، ESP<sub>f</sub>: درصد سدیم قابل تبادل نهایی، D: عمق مدنظر برای اصلاح خاک (متر) با توجه به اینکه ضریب اصلاح جهت محاسبه اسید سولفوریک معادل با گچ، برابر ۰/۶۱ می‌باشد (Nahid, 1986) و با در نظر گرفتن درصد خلوص اسید سولفوریک تجاری که برابر با ۹۵ درصد است مقدار اسید مورد نیاز برابر ۹/۷ تن بر هکتار بدست آمد. آنالیز آماری نتایج حاصله با استفاده از نرم‌افزار Spss انجام شد.

### نتایج و بحث

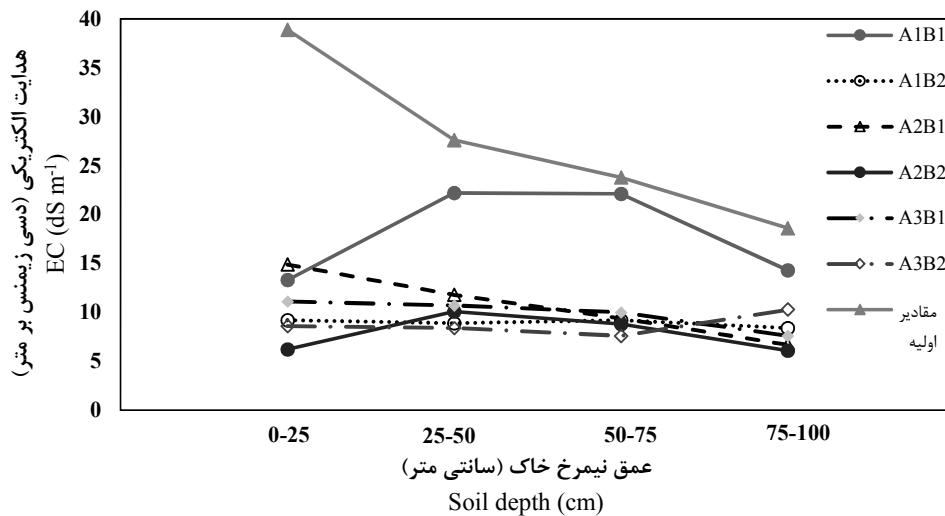
#### تأثیر تیمارهای مختلف آبشویی بر میزان کاهش قابلیت هدایت الکتریکی در لایه‌های مختلف خاک

میانگین‌های قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک و درصد کاهش پارامتر مذکور قبل و بعد از انجام آزمایش‌های آبشویی تحت تیمارهای مختلف در شکل ۲ و جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد که تیمارهای آبشویی با استفاده از اسید و شستشو با آب خالص تأثیر معنی‌داری بر کاهش شوری خاک در عمق یک متری به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد دارند. هم‌چنین مقادیر جدول ۳ نشان می‌دهد که استفاده از ماده اصلاح‌کننده همراه آبشویی تأثیر بهتری در کاهش شوری نیم‌مخ خاک دارد. بطوری که در تمامی تیمارهای مربوط به آبشویی با اسید، کاهش قابلیت هدایت الکتریکی به حدی بوده که موجب تغییر کلاس شوری خاک گردیده است. با توجه به شکل ۲ آبشویی با ۲۵ سانتی‌متر آب باعث کاهش قابل‌ملاحظه میزان شوری خاک خصوصاً

جدول ۳- تأثیر تیمارهای مختلف آبشویی بر مقدار کاهش EC خاک  
Table 3- Effect of various leaching treatments on the reduction of soil EC value

F	میانگین مربعات Mean Square	کلاس نهایی شوری خاک Final Soil Salinity Class	مقدار میانگین (دسی- زیمنس بر متر) Mean (dS m <sup>-1</sup> )	عمق خاک (سانتی‌متر) Soil Depth (cm)				آب مصرفی (سانتی‌متر) Applied Water (cm)	
				75-100	50-75	25-50	0-25		
6.44*	46.72	S <sub>3</sub>	17.9	23.1	7.1	19.6	65.8	25	آب خالص
		S <sub>2</sub>	10.7	64	60.5	57.2	61.7	50	Pure water
		S <sub>2</sub>	9.8	59.1	58	61.2	71.5	75	water
15.76**	113.98	S <sub>2</sub>	8.9	54.8	61.3	67.8	76.3	25	آب با اسید
		S <sub>1</sub>	7.8	67.2	63	63.4	84.1	50	Acid water
		S <sub>1</sub>	7.7	44.6	68.1	69.6	77.9	75	water

ns, \*, \*\* به ترتیب بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم تفاوت معنی دار.



شکل ۲- تأثیر تیمارهای مختلف آبشویی بر مقدار EC خاک  
Figure 2- Effect of different leaching treatments on the soil EC value

تأثیر تیمارهای مختلف آبشویی بر میزان درصد سدیم قابل تبادل در لایه‌های مختلف خاک  
مقادیر میانگین سدیم قابل تبادل خاک و درصد کاهش پارامتر مذکور قبل و بعد از انجام آزمایش‌های آبشویی تحت تیمارهای مختلف در شکل ۳ و جدول ۴ ارائه شده است. مقایسه میانگین‌های درصد سدیم تبدالی خاک قبل و بعد آزمایش نشان داد که متوسط میزان درصد سدیم قابل تبادل خاک در لایه یک متری قبل از انجام آزمایش آبشویی ۲۱/۵ درصد بود که آبشویی با ۲۵ سانتی‌متر آب باعث کاهش متوسط ۲۴/۷ درصدی این پارامتر شد. در تیمار آب اسیدی نیز به ازای همین مقدار آب مصرفی، کاهش سدیم قابل تبادل خاک اندکی بیشتر و به میزان ۲۶ درصد رخ داد. در هر دو تیمار مذکور مقدار درصد سدیم قابل تبادل بهبود یافت اما فقط برای تیمار آب اسیدی کلاس قلیائیت خاک

به سطح A<sub>1</sub> ارتقا یافت. مصرف ۵۰ سانتی‌متری آب با اسید و بدون اسید موجب کاهش به ترتیب ۳۵/۸ و ۳۶/۷ درصدی سدیم قابل تبادل شد. تیمار ۷۵ سانتی‌متر آب اسیدی در مقایسه با ۷۵ سانتی‌متر آب خالص منجر به کاهش بیشتر سدیم به خصوص در لایه سطحی خاک نسبت به لایه‌های زیرین شده است. به نظر می‌رسد کاهش کم مقدار سدیم لایه‌های زیرین نسبت به لایه‌های سطحی، به دلیل بالا بودن سطح آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد که مانع از آبشویی و خروج کامل سدیم از پروفیل خاک می‌شود. در هر صورت هر دو تیمار ۷۵ سانتی‌متری آب با اسید و بدون اسید موجب ارتقا کلاس قلیائیت خاک به A<sub>1</sub> شد. بطور کلی می‌توان اذعان نمود که تأثیر تیمارهای آب اسیدی نسبت به آب خالص در ارتقا کلاس قلیائیت در تمامی لایه‌های

نیمرخ خاک مؤثرتر بوده است که با نتایج حاصل از مطالعه (Sadiq *et. al*, 2007) مطابقت دارد.

جدول ۴- تأثیر تیمارهای مختلف آبخوبی بر مقدار کاهش ESP خاک  
Table 4- Effect of various leaching treatments on the reduction of soil ESP value

F	میانگین مربعات Mean Square	کلاس نهایی قلیائیت خاک Final Soil Alkalinity Class	مقدار میانگین (%) Mean (%)	عمق خاک (سانتی‌متر) Soil Depth (cm)				آب مصرفی (سانتی‌متر) Applied Water (cm)
				75-100	50-75	25-50	0-25	
7.12*	395.33	A <sub>2</sub>	15.9	29.8	34.7	21	13.5	25
		A <sub>2</sub>	15.7	42	35.1	36.4	29.8	50
		A <sub>1</sub>	13.7	31.8	38.4	34.4	31.6	75
6.51*	360.14	A <sub>1</sub>	13.4	32.5	33.5	23.1	14.6	25
		A <sub>1</sub>	13.2	51.8	30.2	33.8	31	50
		A <sub>1</sub>	12.7	38	45	38.5	43.3	75

\*\*\*، \*، ns به ترتیب بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم تفاوت معنی دار.

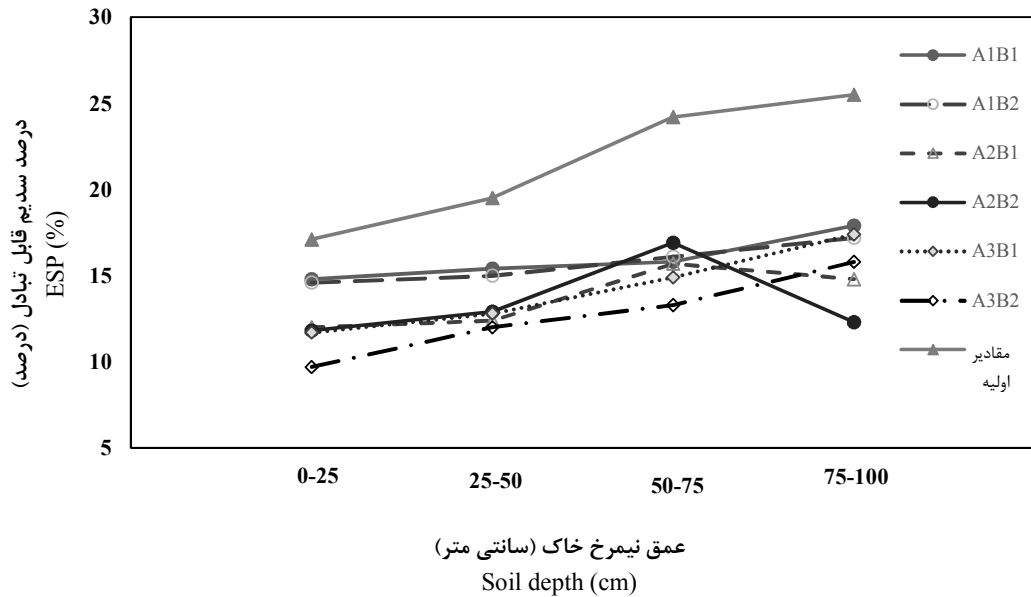
حالت اسیدیته فعال و اسیدیته ذخیره ناشی می‌شود که در صورت کاهش pH خاک با کاربرد مواد اسیدی نظیر اسید سولفوریک، عوامل قلیایی ذخیره شده در خاک نظیر آهک از کلونیدهای خاک آزاد شده و در مقابل تغییرات ناگهانی pH خاک مقاومت کرده و اثرات اسیدی شدن خاک را تعدیل می‌کند (HosseinPoor, 2008). این خاصیت در فعالیت و رشد و تکثیر موجودات زنده خاک که شدیداً تحت تأثیر تغییرات pH هستند اهمیت داشته و از نابودی آنها در اثر تغییرات ناگهانی اسیدیته جلوگیری می‌کند. همانطور که از مقادیر جدول ۵ نیز موارد مذکور قابل استناد بوده و مشاهده می‌شود که در تمامی تیمارها تفاوت چشم‌گیری در میزان واکنش خاک رخ نداده و حتی در برخی موارد pH خاک بجای کاهش، افزایش یافته و کلاس قلیائیت خاک نیز در تمامی موارد ثابت باقی مانده است.

تأثیر تیمارهای مختلف آبخوبی بر واکنش خاک (pH): مقادیر میانگین واکنش خاک و درصد کاهش پارامتر مذکور قبل و بعد از انجام آزمایش‌های آبخوبی تحت تیمارهای مختلف در جدول ۵ ارائه شده است. بررسی ارقام نشان می‌دهد که متوسط مقدار واکنش خاک در لایه یک متری قبل از انجام آزمایش ۸/۶ بوده و خاک از نظر قلیائیت در کلاس A<sub>2</sub> قرار دارد. نتایج نشان داد که تیمارهای مختلف آبخوبی در سه سطح ۲۵، ۵۰ و ۷۵ سانتی‌متر آب خالص و اسیدی در برخی موارد باعث کاهش pH خاک شده که با نتایج (Rezapour, 2014) مطابقت دارد ولی این تأثیر معنی‌دار نیست. وقوع این امر ناشی از خاصیت تامپونی خاک است. به عبارت دیگر خاک در مقابل تغییرات pH مقاومت قابل‌ملاحظه‌ای از خود نشان می‌دهد که این مقاومت را خاصیت تامپونی خاک می‌گویند. این مقاومت از تعادل بین

جدول ۵- تأثیر تیمارهای مختلف آبخوبی بر مقدار pH خاک  
Table 5- Effect of various leaching treatments on the value of soil pH

F	میانگین مربعات Mean Square	کلاس نهایی قلیائیت خاک Final Soil Alkalinity Class	مقدار میانگین Mean	عمق خاک (سانتی‌متر) Soil Depth (cm)				آب مصرفی (سانتی‌متر) Applied Water (cm)
				75-100	50-75	25-50	0-25	
1.415 <sup>ns</sup>	0.031	A <sub>2</sub>	8.6	-3.4	-3.1	-0.2	4.8	25
		A <sub>2</sub>	8.5	-3.2	-3.1	0.9	-1.2	50
		A <sub>2</sub>	8.65	-1.1	-3.1	-0.2	4.8	75
0.472 <sup>ns</sup>	0.01	A <sub>2</sub>	8.75	-2.3	-0.8	1.2	6	25
		A <sub>2</sub>	8.7	-1.1	-1.9	-0.2	6	50
		A <sub>2</sub>	8.45	-2.3	-5.4	-0.2	-1.2	75

\*\*\*، \*، ns به ترتیب بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم تفاوت معنی دار.



شکل ۳- تأثیر تیمارهای مختلف آبشویی بر مقدار درصد سدیم قابل تبادل خاک  
Figure 3- Effect of different leaching treatments on the soil ESP value

درصدی این پارامتر شده و مقدار آن را به ۳/۸ میلی‌اکی والان در ۱۰۰ گرم خاک رساند. در تیمار آب اسیدی نیز بازای همین مقدار آب مصرفی، کاهش سدیم تبادلی خاک تفاوت چشم‌گیری را نسبت به آب خالص نشان نداد. مصرف ۵۰ سانتی‌متری آب با اسید و بدون اسید موجب کاهش به ترتیب ۳۵/۵ و ۳۶/۵ درصدی سدیم تبادلی شد. تیمار ۷۵ سانتی‌متر آب اسیدی در مقایسه با ۷۵ سانتی‌متر آب خالص منجر به کاهش بیشتر قلیائیت به ترتیب با مقدار ۴۰/۳ و ۳۳/۸ درصد شده است.

#### تأثیر تیمارهای مختلف آبشویی بر سدیم تبادلی

مقادیر میانگین سدیم تبادلی و درصد کاهش پارامتر مذکور قبل و بعد از انجام آزمایش‌های آبشویی تحت تیمارهای مختلف در شکل ۴ و جدول ۶ ارائه شده است. تجزیه آماری مقادیر حاصله نشان داد که تیمارهای آبشویی با استفاده از اسید و شستشو با آب خالص تأثیر معنی‌داری بر کاهش سدیم تبادلی در عمق یک متری و در سطح ۵ درصد دارند. متوسط میزان سدیم تبادلی در لایه یک متری قبل از انجام آزمایش آبشویی ۵/۱ میلی‌اکی والان در ۱۰۰ گرم خاک بود که آبشویی با ۲۵ سانتی‌متر آب باعث کاهش متوسط ۲۴

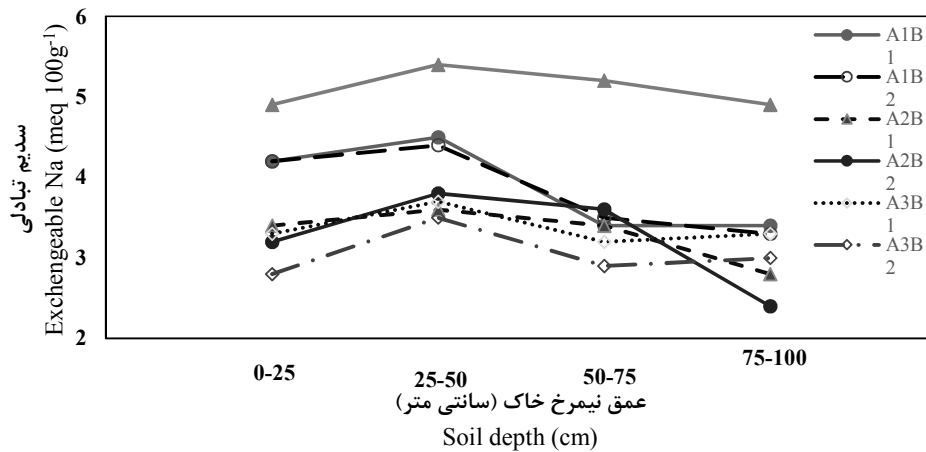
جدول ۶- تأثیر تیمارهای مختلف آبشویی بر مقدار کاهش سدیم تبادلی خاک

Table 6- Effect of various leaching treatments on the reduction of soil exchangeable sodium

F	میانگین مربعات Mean Square	مقدار میانگین (میلی-اکی‌والان در ۱۰۰ گرم) Mean (meq 100g <sup>-1</sup> )	عمق خاک (سانتی‌متر) Soil Depth (cm)				آب مصرفی (سانتی‌متر) Applied Water (cm)
			75-100	50-75	25-50	0-25	
6.92*	398.77	3.8	30.6	34.6	16.7	14.3	25
		3.3	42.9	34.5	33.3	30.6	50
		3.37	32.7	38.5	31.5	32.7	75
7.7*	440.33	3.85	32.5	32.7	18.5	14	25
		3.25	51	30.8	29.6	34.7	50
		3	38.8	44.2	35.2	42.9	75

\*\*\*, \*\*, ns به ترتیب بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم تفاوت معنی‌دار.





شکل ۴- تأثیر تیمارهای مختلف آبشویی بر مقدار سدیم تبادلی خاک  
Figure 4- Effect of various leaching treatments on the value of soil Na.Ex

قابل تبادل خاک است. علت این امر کاهش قابل ملاحظه، آزاد شدن کاتیون کلسیم از کلوئیدهای خاک در اثر انحلال آهک خاک در اسید است. قانعی مطلق و همکاران (Ghaneie Motlagh *et al.*, 2010) و صدیق و همکاران (Sadiq *et al.*, 2007) نیز نتایج مشابهی را گزارش نمودند. در مطالعه حاضر بهترین تیمار که کارایی بیشینه نسبت به سایر تیمارها از خود نشان داد تیمار آب اسیدی با سطح کاربرد ۷۵ سانتی متر بود. در صورت محدود بودن منابع آبی جهت کاهش مصرف آب آبشویی می توان از تیمار ۵۰ سانتی متر آب اسیدی به دلیل نتایج قابل قبول و مطلوب آن استفاده نمود.

#### نتیجه گیری کلی

نتایج آزمایش های آبشویی حاکی از تأثیر آبشویی با آب بدون ماده اصلاحی بر کاهش شوری، ESP و سدیم تبادلی خاک است. چرا که با شسته شدن کاتیون ها و خروج آنها همراه آب ثقیلی پارامترهای مذکور کاهش می یابد که با نتایج قانعی مطلق و همکاران (Ghaneie Motlagh *et al.*, 2010; Dahyia *et al.*, 1982) و سرخه نژاد و دهقان (Sorkhe nejad & Dehgan, 2011) مطابقت دارد. همچنین نتایج تجزیه شیمیایی خاک بعد از آبشویی با اسید سولفوریک نشان از تأثیر بسیار زیاد آن بر کاهش در صد سدیم تبادلی، قابلیت هدایت الکتریکی و مقدار سدیم

## References

- Al Yasin A. 1996. Rivers in soil and water and sustainable development scope. *Journal of Water, Soil and Machine*, 9: 34-36. (In Persian)
- Asadi Kapourchal S., Homae M., and Pazira E. 2013. Modeling leaching requirement for desalinization of saline soils. *Journal of Soil and Water Resources Conservation*, 2(2): 65-83.
- Barzgar A. 2000. Saline and Sodic Soils: Knowledge and Productivity. Shahid Chamran University Press, Iran, 273p. (In Persian)
- Barzgar A., Amirian A., and Naseri A. 2008. Study of limiting factors in Sugarcane fields (South of Ahvaz-Iran). *Journal of Agriculture and Natural Resources Science*, 14 (1): 1-11.
- Behzad M., and Akhund A. 2004. The salinization and desodification empirical equations for salt-affected soils in Mollasani's Region-Khuzestan Province. *The Scientific Journal of Agriculture*, 25(1): 106-126. (In Persian)
- Bybordi M. 2005. Principles of Land Drainage. Tehran University Press, Iran, 641p. (In Persian)
- Corwin D.L., Rhoades J.D., and Simunek J. 2007. Leaching requirement for soil salinity control: Steady-state versus transient models. *Agricultural Water Management*, 90: 165-180.
- Dahiya I.S., Malik R.S., and Singh M. 1982. Reclaiming a saline-sodic, sandy loam soil under rice production. *Agricultural Water Management*, 2: 61 -72.
- Ehiai M., and Behbahanizade A.A. 1993. Soil Chemical Analysis Methods. Technical Bulletin No. 893. *Soil and Water Research Institute* Press, Iran, 129 p. (In Persian)
- Ghaneie Motlagh G.H., Pashaiy Aval A., Khormaly F., and Mosaedy A. 2010. Investigating effect of some amendments on soil chemical properties in a saline-sodic soil. *Watershed Management Research Journal*, 86: 24-31. (In Persian)
- HosseinPoor A. 2008. Chemistry and Soil Fertility. Payam Noor University Press, Iran, 214p. (In Persian)
- Konukcu F., Gowing G.W., and Rose D.A. 2005. Dry drainage: A sustainable solution to water logging and salinity problems in irrigation areas. *Agricultural Water Management*, 83: 1-12.
- Nahid M. 1986. Describing Methods and Lab Investigations on Soil and Water Samples. Technical Bulletin No. 168. *Soil and Water Research Institute* Press, Iran, 120 p. (In Persian)
- Noshadi M., and Mehrabi F. 2015. Measuring and Simulation of Nitrate Leachate Using LEACHN Model. *Journal of Water and Soil*, 28(2): 430-439. (In Persian)
- Pazira E., and Homae M. 2010. Salt leaching efficiency of subsurface drainage systems at presence of diffusing saline water table boundary: a case study in Khuzestan plains, Iran. *Proceedings of the 8th World Congress of the International Commission of Agricultural Engineering (CIGR)*, Quebec City, Canada, pp. 1-15.
- Pazira E., and Kawachi T. 1981. Studies on appropriate depth of leaching water, Iran. A case study. *Journal of Integrated Agriculture Water Use and Freshening Reservoir*, 6: 39-49.
- Pazira E., and Keshavarz A. 1998. Studies on appropriate depth of leaching water, a case study in South-east part of Khuzestan Province, Iran. *Proceedings of the International Workshop on the Use of Saline and Brackish-Water for Irrigation*, Bali, Indonesia, pp. 328-338.
- Rajabzadeh F., Pazira E., and Mahdian M.H. 2012. Studies on appropriate and an empirical model for salt leaching of saline-sodic soils of central part of Khuzestan province. *Journal of Water and Soil Conservation*, 18(3): 61-84. (In Persian)
- Rezapour S. 2014. Effect of sulfur and composted manure on SO<sub>4</sub>-S, P and micronutrient availability in a calcareous saline-sodic soil. *Chemistry and Ecology*, 30(2): 147-155.
- Sadiq M., Hasan G., Mehdi S.M., Hussain N., and Jamil M. 2007. Amelioration of Saline-Sodic Soils with Tillage Implements and Sulfuric Acid Application. *Pedosphere*, 17(2): 182-190.
- Sorkhe Nejad M., and Dehgan M. 2011. Investigation of leaching procedure in saline and sodic soils and proposing proper empirical model to soil remediation in the south of Khuzestan. *Journal of Water science and Engineering*, 2: 87-98. (In Persian)
- Verma S.K., and Gupta R.K. 1989. Leaching behavior of saline clay soil under to modes of water application. *Journal of Indian Soil Science Society*, 37: 303-8.
- Williams M.R., King K.W., and Fausey N.R. 2015. Drainage water management effects on tile discharge and water quality. *Agricultural Water Management*, 148: 43-51.
- Zangane Yusefabadi E., Behzad M., and Boroomand Nasab S. 2012. Effects of magnetic water on the amount of leaching of the cations and anions of saline soil in laboratory conditions. *Journal of Water and Soil*, 26(3): 680-689. (In Persian)

## Assessment of Leaching of the Salt-Affected Soils Using Different Levels of Pure and Acidic Water in Selected Regions of Mahabad Irrigation and Drainage Network

Mohammad Bazzaneh<sup>1</sup>, Hosein Rezaie<sup>\*2</sup>

(Received: April 2016)

Accepted: January 2017)

### Abstract

Improvement of saline-sodic soils is very important in terms of soil and water resources conversation. Accumulation and increasing of soil salts prevents plant growth and directly affects the crop yield. Soil salts reduction through the leaching and preventing from water logging is among the most important steps to prevent the negative effects of soil salinity. Improvement of saline-sodic soils depends on the quality and amount of applied water, type of amendment material and soil drainage condition. In this study, in order to evaluate how to improve the saline and sodic soils, randomized complete block design were conducted with different leaching treatments by using acidic and pure water in three levels of 25, 50 and 75 cm with three replications. After the soil moisture content reached to field capacity, soil samples were taken to analyze the changes of soil salts. Results indicated that, soil salinity and alkalinity class changed from S<sub>3</sub>A<sub>2</sub> (high salinity and relatively high alkalinity) to S<sub>1</sub>A<sub>1</sub> (low salinity and alkalinity) after leaching. The lowest and highest percentages of salinity and alkalinity improvement were related to the 25 cm of pure water and 75 cm of acidic water treatments, with average reduction of 24.7 and 41.2 percent for exchangeable sodium (ESP) and 25.9 and 69 percent for electrical conductivity (EC), respectively. In all treatments, differences between the use of the pure and acidic water were significant. This suggests that the amendment material is effective. Statistical analysis of results showed significant changes in ESP and EC parameters in 5 and 1 percent levels, respectively. Application of 50 cm acidic water was recognized as the most appropriate treatment in terms of water use and leaching efficiency. It could be recommended that, for efficient use of applied water, 50 cm acidic water to be used for remediation of soils in this region.

**Keywords:** Alkalinity, Exchangeable sodium, Leaching, Salinity.

1-Ph.D. Student of Irrigation and Drainage Engineering, Water Engineering Department, Urmia University.

2- Associate Professor, Water Engineering Department, Urmia University.

\* Corresponding Author Email: [h.rezaie@urmia.ac.ir](mailto:h.rezaie@urmia.ac.ir)