

## فرآیند آبشویی نمک‌ها در خاک‌های شور در طول ستون‌های دست‌خورده خاک

معصومه دلبری<sup>۱</sup>، مهدیه طالب‌زاده<sup>۲</sup>، هرمزد نقوی<sup>۳</sup>، احمد غلامعلی‌زاده آهانگر<sup>۴</sup>

مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۹/۰۱

تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۹/۵۰

### چکیده

تجمع زیاد آنیون‌ها و کاتیون‌ها در محلول خاک از رشد و نمو گیاه جلوگیری می‌کند. بیشترین مشکل در خاک‌های شور مربوط به نمک‌های محلول است. خاک‌های شور حاوی مقدار زیادی از این نمک‌ها هستند. بنابراین شستشوی این خاک‌ها همواره حائز اهمیت است. به منظور بررسی حرکت املاح، آزمایش‌های آبشویی بر روی ستون‌های خاک برداشت شده از منطقه عزیزآباد بم، به اجرا در آمد. تیمارهای خاک شامل ستون‌های خاک دست‌خورده از پنج نوع بافت مختلف لومی رسی، لومی، لومی رسی شنی، لومی شنی و شنی لومی بودند. ستون‌ها به‌گونه‌ای پر شدند که چگالی ظاهری خاک داخل آن‌ها ۱/۵ گرم بر سانتیمتر مکعب باشد. آبشویی ستون‌های خاک تا پنج برابر حجم آب منفذی انجام گرفت. زه‌آب‌ها برای تجزیه شیمیایی جمع‌آوری شدند و از لحاظ کاتیون‌های محلول (کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم) مورد تجزیه قرار گرفتند. بعد از اتمام آبشویی ستون‌های خاک به سه قسمت ده سانتیمتری برش داده شدند و در هوا خشک شده و از لحاظ هدایت الکتریکی، کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم مورد آنالیز شیمیایی قرار گرفتند. نتایج نشان داد آب مورد استفاده در آزمایش‌های آبشویی توانست غلظت املاح و به تبع آن شوری خاک را کاهش دهد و این خاک‌ها برای اصلاح، نیاز به هیچ‌گونه ماده اصلاح‌کننده نداشتند. به‌طور کلی تأثیر بافت‌های درشت‌دانه روی انتقال یون‌ها بیشتر از خاک‌های ریزدانه بود و ورود املاح در زه‌آب در خاک‌های با بافت ریزتر پیشروی کمتری داشته است، مقدار رس، نقش مهمی در نگهداری و جابجایی یون‌ها در خاک بازی می‌کند. براساس نتایج حاصله تفاوت بین مقادیر آب آبیاری مورد نیاز برای جابجایی املاح و شستشوی خاک‌های شور و سدیمی، به بافت خاک بستگی دارد. به نظر می‌رسد دلیل اصلی در چنین واکنش‌هایی، پدیده تبادل کاتیونی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آبشویی، بافت خاک، خاک‌های شور، ستون‌های خاک.

<sup>۱</sup> استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، تلفن: ۰۹۱۲۸۱۰۴۳۷۴. پست الکترونیکی: mas\_delbari@yahoo.com

<sup>۲</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه زابل، تلفن: ۰۹۱۳۳۴۴۱۵۷۸. پست الکترونیکی: mah\_talebzadeh@yahoo.com

<sup>۳</sup> هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، تلفن: ۰۹۱۳۳۴۱۶۲۹۸. پست الکترونیکی: naghavii@yahoo.com

<sup>۴</sup> استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، تلفن: ۰۹۱۵۱۰۴۳۲۴۹. پست الکترونیکی: a\_ahangar2002@yahoo.com

## مقدمه

شوری و سدیمی بودن خاک، اثرات متفاوتی بر رشد و عملکرد گیاهان دارد و در ادامه باعث فرسایش خاک می‌شود. در خاک‌های با شوری زیاد وجود یون‌های محلول، با کاهش پتانسیل اسمزی، به گیاه آسیب می‌رساند (پذیرا، ۱۳۸۵). شوری و سدیمی و ماندابی شدن اراضی پدیده‌های مرتبط با یکدیگر هستند. این پدیده‌ها بر حرکت آب در خاک اثر گذاشته و تابع عواملی مانند شرایط آب و هوایی، ویژگی‌های خاک و آب آبیاری می‌باشند. بافت خاک، پستی و بلندی، مقدار شوری آب زیرزمینی، مقدار آب آبیاری، غلظت املاح و ترکیب کاتیونی و آنیونی آب آبیاری از جمله عوامل مؤثر در شور شدن اراضی می‌باشد (برزگر، ۱۳۸۷). وجود سدیم قابل تبادل بیش از اندازه در خاک‌ها موجب کاهش کیفیت خصوصیات فیزیکی خاک‌ها می‌شود و روی حرکت هوا و آب در خاک تأثیر گذاشته و رشد گیاه و حاصل‌خیزی خاک دچار مشکل می‌شود (سوئارز و همکاران، ۱۹۸۴، گوپتا و آبرول، ۱۹۹۰، شارما و منچاندا، ۱۹۹۶).

استفاده مداوم از آب‌های با باقی‌مانده کربنات سدیم (RSC) بالا، pH و درصد سدیم قابل تبادل (ESP) خاک را افزایش می‌دهد، که در ادامه باعث کاهش تخلخل، خرابی ساختمان خاک و کاهش نفوذپذیری می‌شود (اندرو و گودی، ۲۰۰۳). بنابراین مسئله اصلاح خاک‌های شور و شور سدیمی که املاح محلول آن‌ها در رشد گیاه و سدیم تبدالی آن‌ها در نحوه پایداری خاکدانه مؤثر می‌باشد، مورد توجه زیادی قرار گرفته است (وزیری، ۱۳۷۴) و همزمان با استفاده از کودها در کشاورزی پیش‌بینی حرکت املاح در خاک‌ها نیز مورد بررسی قرار گرفته است (بولت، ۱۹۸۲). راهکارهای مختلفی برای گسترش تولیدات کشاورزی در یک محیط شور وجود دارد که از جمله آن‌ها اصلاح کردن محیط برای گیاه، و اصلاح گیاه برای محیط می‌باشد (بهارات و شارما، ۲۰۰۵). بهسازی خاک‌های شور معمولاً با جابجایی نمک‌های تجمع یافته در سطح به پایین آغاز می‌شود و اصلاح این خاک‌ها با قطع جریان صعود کاپیلاری نیز مورد مطالعه قرار گرفته است (گیلفدر و همکاران، ۲۰۰۰). محققین بسیاری در نقاط مختلف، آزمایش‌های متنوعی در ارتباط با آبشویی خاک‌های شور و همچنین شور و سدیمی انجام دادند. آزمایش‌هایی در جنوب ایالت کالیفرنیا در ایالات متحده بر روی خاک‌های

خیلی شور انجام شد (ریو، ۱۹۹۵). از جمله فرآیندهای کاهش شوری و حرکت املاح در برنج‌زارهای بنگلادش مورد بررسی قرار گرفته است (مندال و همکاران، ۲۰۰۱). در ایران نیز در بیشتر استان‌هایی که مسئله شوری خاک وجود دارد آزمایش شستشوی خاک انجام شده و اقدام به تهیه منحنی شستشوی خاک کشور نموده‌اند (مهاجرمیلانی و جواهری، ۱۳۷۷). همچنین مرادی و مهاجرمیلانی (۱۳۷۴) در بوشهر، نیکمرام و رضایی (۱۳۷۴) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میان‌دوآب، یزدانی (۱۳۷۲) در منطقه رودشت اصفهان اقدام به انجام آزمایش‌های اصلاح خاک‌های شور نموده‌اند. آبشویی نمک‌ها به شدت تحت تأثیر بافت، کیفیت آب، سرعت جریان آب و رطوبت اولیه در خاک قرار می‌گیرد. در این رابطه آزمایش ستون‌های خاک با ۳ نوع خاک لومی شنی، رسی، شنی لوم نشان داد که توده خاک به طور اساسی برای آبشویی نمک‌ها نقش مهمی دارد و بعد از کاربرد یک برابر حجم آب منفذی (IPV)، تقریباً ۹۰ درصد املاح از خاک آبشویی شدند (راج و نا، ۱۹۸۰) و حضور کلسیم (Ca) در آب آبیاری و مواد معدنی خاک، عامل افزایش آبشویی پتاسیم (K) در خاک بیان شده است (کلاهیچی، ۲۰۰۷). همچنین مطالعه روی سرعت‌های مختلف آب آبشویی روی دو نوع خاک لوم رسی ماسه‌ای و لوم رسی نشان داد که در هر دو نوع خاک سرعت پایین جریان، موجب راندمان بالای آبشویی شد (اوزتورک و اوزکان، ۲۰۰۲) و عمده آبشویی در حالتی صورت می‌گیرد که رطوبت خاک کمتر از رطوبت اشباع باشد (گاردنر و فایرمن، ۱۹۵۸). همچنین آبشویی خاک‌های ترک‌خورده و ایجاد جریان‌های ترجیحی در آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاکی از آن بود که (۱) فرآیند تبادل Na-Ca با جذب و تجمع Na در خاک اتفاق می‌افتد و (۲) استراتژی کاربرد چرخه‌ای آب شیرین و شور با همدیگر برای آبیاری در جلوگیری از تجمع نمک‌ها در خاک موثر است (گوسپینا و آنتونیو، ۲۰۰۴). در شرایط ماندگار، برای دفع کردن ۸۰٪ املاح خاک لازم است تا حجم آبی به میزان ۱/۵ برابر متوسط حجم منافذ خاک از آن عبور نماید (گاردنر و بروکز، ۱۹۵۷). فرآیندهای آبشویی نمک‌ها در یک خاک قلیایی همراه با عناصر سولفور مورد بررسی قرار گرفتند، نتایج نشان داد کاتیون‌هایی مثل K و Na که قابلیت حل بالاتری داشتند بعد از کاربرد ۱/۳PV زهکشی

پی‌وی‌سی با قطر یازده میلی‌متر تهیه شد که در انتهای تحتانی آن فیلتر مناسبی برای ممانعت از عبور ذرات ریز خاک تعبیه گردید. برای هدایت زه‌آب و جمع‌آوری زه‌آب‌ها نیز ظروف دیگری طراحی و نصب گردید. سپس این ستون‌ها از خاک به گونه‌ای که وزن مخصوص ظاهری خاک درون لوله‌ها به نزدیک ۱/۵ گرم بر سانتیمتر مکعب برسد، پر شدند. برای این منظور در هنگام پر کردن ستون‌ها به طور متوالی ضرباتی به ظرف و سطح خاک وارد می‌شد یک کاغذ صافی روی سطح خاک برای جلوگیری از هم ریختن ساختمان خاک هنگام اضافه کردن آب آبخویی قرار داده شد. ستون‌های خاک به طور متوالی به اندازه پنج برابر حجم آب منفذی (Pore volume) آبخویی شدند. قابل ذکر است که در طول آزمایش از هر گونه حرکت رو به بالا (تبخیر) جلوگیری به عمل آمد. برای این منظور با استفاده از یک پوشش مناسب سطح خاک‌ها پوشانده شد. زه‌آب‌ها، بعد از خروج از ستون‌های خاک (محلول خاک)، از نظر میزان عناصر کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم و همچنین هدایت الکتریکی مورد تجزیه قرار گرفتند. قابل ذکر است آزمایش‌ها در سه تکرار انجام گرفت. سپس نمودارهای رخنه مربوط به هر عنصر (Break Trough Curve (BTC در نرم افزار (Microsoft Excell رسم گردیدند.

### نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک‌ها به ترتیب در جداول ۱ و ۲ آورده شده است. نتایج نشان داد خاک‌های مورد آزمایش دارای پنج نوع بافت شنی لومی، لومی رسی، لومی رسی شنی، لومی و لومی شنی بودند و سرعت نفوذ آب به داخل خاک‌ها نیز به ترتیب برای خاک‌های شنی لومی، لومی رسی، لومی رسی شنی، لومی و لومی شنی برابر ۳/۶، ۰/۱، ۵/۶، ۲ و ۲/۴ سانتیمتر بر ساعت بود. این تفاوت در سرعت جریان مربوط به هدایت هیدرولیکی خاک‌هاست. برخی خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده در آبخویی در جدول (۳) آورده شده است.

شدند و در شروع فرآیندهای آبخویی کاتیون‌های Ca و Mg در مقادیر بالاتری مشاهده شدند و کاربرد سولفور در خاک، حلالیت کاتیون و آنیون را افزایش داد (گراردو و همکاران، ۲۰۰۷). با توجه به اینکه مطالعات مربوط به شوری خاک در برنامه ریزی و مدیریت کشت در مناطقی که مشکل شوری دارند مهم است و به کمک آن می‌توان راهکارهای مدیریتی مناسبی را برای استفاده از آب و خاک شور به کشاورزان پیشنهاد نمود. بررسی ارائه شده در منطقه عزیزآباد بم نیز در همین مورد است، زیرا شوری خاک یک مشکل برای کشاورزی در این منطقه می‌باشد. بنابراین در این مطالعه در نظر است که بررسی‌هایی روی آبخویی خاک‌های غالب منطقه با بافت‌های مختلف صورت گیرد تا میزان جابجایی املاح و تأثیر میزان آبخویی آن‌ها مشخص گردد و در این راستا تصمیمات مدیریتی مناسب اتخاذ گردد.

### مواد و روش‌ها

منطقه عزیزآباد بم جزو مناطق نیمه خشک با میانگین بارندگی سالانه تقریباً ۶۸ میلی‌متر و میزان تبخیر ۲۸۰۰ میلی‌متر در سال و میانگین درجه حرارت ۲۲/۹ درجه سانتیگراد در جنوب استان کرمان واقع است کشت عمده در این منطقه، خرما، مرکبات، صیفی‌جات، حنا، کنجد، انگور می‌باشد. از بین نمونه‌های خاک جمع‌آوری شده در منطقه، پنج نمونه خاک با توجه به بافت، هدایت الکتریکی و کاتیون‌های همراه برای انجام این تحقیق انتخاب شدند. خاک‌های مورد نظر از عمق‌های ۰-۳۰ cm برداشت شده و خشک گردیده و از الک دو میلی‌متر عبور داده شدند. pH خاک توسط pH متر و EC خاک با استفاده از عصاره اشباع با استفاده از EC متر اندازه‌گیری شد. در عصاره اشباع کلسیم و منیزیم با استفاده از تیتراسیون، سدیم و پتاسیم به وسیله فلیم فتومتری (روول، ۱۹۹۴) و بافت خاک توسط روش هیدرومتری تعیین شد. کیفیت شیمیایی آب مورد استفاده در آبخویی نیز تعیین گردید. برای تشکیل ستون‌های خاک، لوله‌هایی از جنس

جدول (۱): برخی خصوصیات فیزیکی خاک‌های مورد آزمایش

شماره خاک	بافت	شن	سیلت	رس	رطوبت حجمی	رطوبت حجمی
					در طرفیت زراعی (%)	در نقطه پژمردگی (%)
۱	شنی لومی	۸۲	۸	۱۰	۹/۳۶	۴/۰۷
۲	لومی رسی	۲۴	۴۰	۳۶	۲۰/۹۱	۹/۲۹
۳	لومی	۳۶	۴۸	۱۶	۱۰/۸۸	۲/۹۶
۴	لومی رسی شن	۷۶	۴	۲۰	۱۰/۵۸	۵/۷
۵	لومی شن	۶۴	۲۰	۱۶	۱۵/۱۱	۷/۱۶

جدول (۲): برخی خصوصیات شیمیایی خاک‌های مورد آزمایش

بافت خاک	EC (دسی‌زیمنس بر متر)	pH	آنیون و کاتیون‌های محلول در خاک‌های مورد آزمایش (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)				
			Na	Mg	K	Ca	Cl
شنی لومی	۱۴۱/۲	۷/۱	۱۸۲/۵	۶۰	۳۰/۹	۱۶۰	۵۹۸۰
لومی رسی	۳۵/۳	۷/۵	۸۳/۲	۷۲	۸/۳	۱۰۰	۵۶۰
لومی	۱۸/۹	۷/۷	۴۷/۷	۳۵	۸/۴	۳۰	۴۰۰
لومی رسی شن	۱۹/۵۷	۷/۹	۶۰/۴	۴۳	۸/۱	۱۸	۳۶۰
لومی شن	۲۹/۸	۷/۴	۶۵/۲	۱۰۰	۱۱	۱۰۰	۱۰۶۰

جدول (۳): برخی خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده در آبیاری

SAR	Ca+Mg (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	Na (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	Cl (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	pH	EC (دسی‌زیمنس بر متر)
۴/۱	۲/۵	۴/۵	۲۶	۷/۱	۰/۸۸

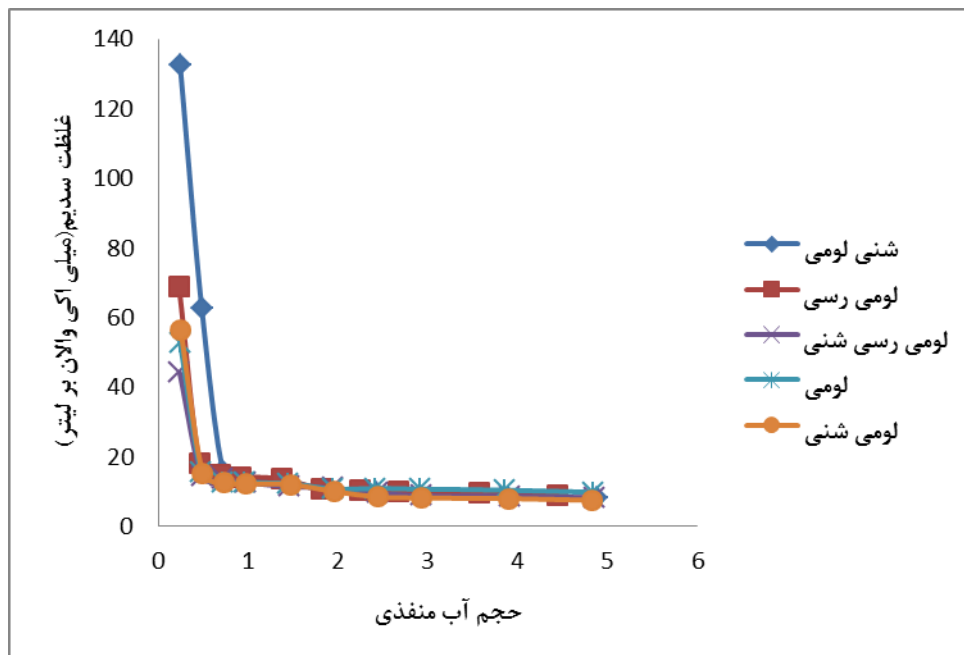
### آبشویی سدیم

شکل (۱) تغییرات مقدار سدیم در زه‌آب خروجی را از ستون‌های مورد مطالعه بر حسب حجم آب آبشویی شده از خلل و فرج نشان می‌دهد. این شکل نقش بافت‌های مختلف در خروج سدیم از خاک طی ده مرحله آبشویی (معادل  $5p_v$ ) ستون‌های مورد مطالعه را، نشان می‌دهد. غلظت سدیم در نمودارها در ابتدای آبشویی بیشترین مقدار خود را داشت. کلسیم موجود در آب آبشویی وارد فاز تبادل‌ی خاک گردیده و باعث خروج بیشتر سدیم در ابتدای مراحل آبشویی، از فاز تبادل‌ی خاک به فاز محلول شده است. مقدار سدیم آبشویی شده در مرحله اول برای بافت‌های شن لومی (Loam Sandy)، لومی رسی (Clay Loam)، لومی رسی شن (Sandy Clay Loam)، لومی (Loam) و لومی شن (Sandy Loam) به ترتیب ۴۶، ۳۷، ۲۹، ۳۲ و ۳۶ درصد مشاهده شد، روند تغییرات

نتایج آبشویی به صورت منحنی‌های رخنه نشان داده شده است. منحنی‌ها نشان‌دهنده ارتباط بین غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها و آب تجمعی خارج شده از ستون است (جلالی و راول، ۲۰۰۳). در بیشتر منحنی‌ها شیب قسمت ابتدایی آن تیز بوده و سپس کاهش می‌یابد که بیانگر این می‌باشد با افزایش مقدار آبشویی مقدار عناصر موجود در زه‌آب خروجی حاصل از ستون‌های خاک کاهش یافته است. نتایج فرآیندهای آبشویی کاتیون‌ها در شکل‌های ۱ تا ۴ نشان داده شده است. کاتیون‌های با قابلیت حل بالاتر مثل سدیم و پتاسیم به طور قابل توجهی آبشویی شدند. کلسیم و منیزیم از جمله کاتیون‌هایی هستند که قابلیت حل پایین‌تری دارند و غلظت آن‌ها در مراحل اول آبشویی یعنی  $0/2p_v$  بالا بود و مقدارشان در طول مراحل دیگر آبشویی متغیر بود.

درصد آبشویی سدیم نسبت به کل سدیم آبشویی شده در بافت‌های لومی رسی و لومی رسی شنی بیشتر بود و به ترتیب مقادیر ۵/۶ و ۶ درصد را دارا می‌باشد. زیرا پدیده تبادل کاتیونی موجب شده است که سدیم‌های جذب سطحی خاک توسط کلسیم و منیزیم آب، جایگزین شده و غلظت سدیم در محلول خروجی افزایش یابد. نتایج نشان داد که درصد سدیم آبشویی شده توسط بافت شنی لومی و لومی به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار و حدود ۸۰ و ۲۵ درصد مشاهده شد.

نشان می‌دهد که در زه‌آب غلظت سدیم به تدریج کاهش یافته و این روند در همه خاک‌ها مشاهده شد. روند کاهش سدیم در تمام تیمارها غیر خطی بوده و خروج سدیم در مراحل پایانی آبشویی به میزان ثابتی رسیده است. نتایج مطالعاتی که در گذشته توسط جلالی و مریخ‌پور در سال ۲۰۰۸ انجام شده است روند کلی خروج سدیم را در این آزمایش تأیید می‌کند و تأثیرات واکنش‌های تبدالی در این آزمایشات پس از ۱pv نمایان شد. بر اساس منحنی‌های آبشویی مشاهده می‌گردد که در مراحل انتهایی آبشویی،



شکل (۱): تغییرات غلظت سدیم در زه‌آب خروجی برحسب حجم آب آبشویی شده از خلل و فرج خاک (pv)

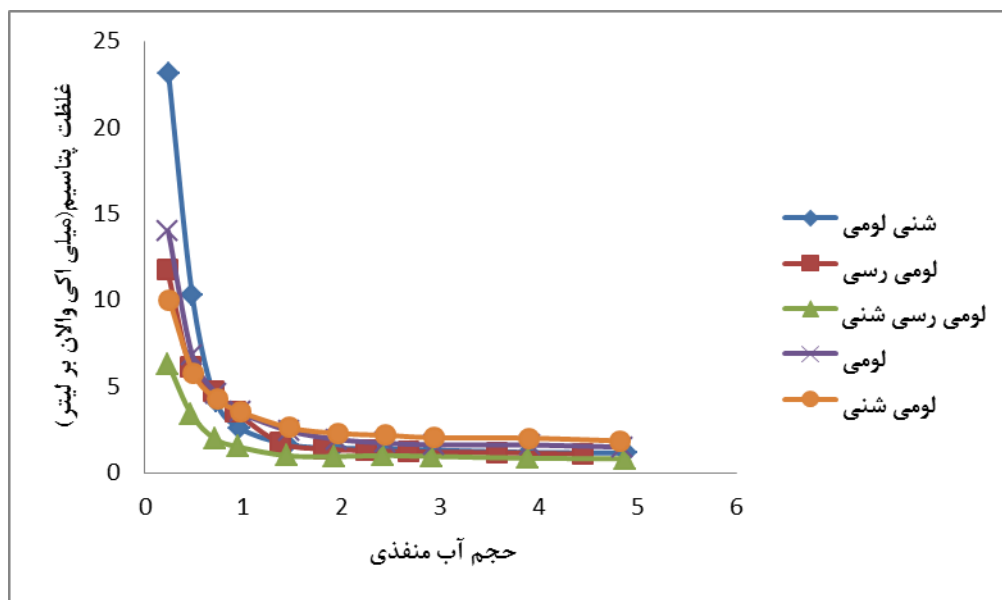
خروجی پتاسیم را داشته‌اند. که این بیانگر آن است خاک‌های با بافت سنگین‌تر ظرفیت تبادل کاتیونی بالاتری نسبت به بافت‌های سبک‌تر دارند به همین دلیل میزان از دست رفت پتاسیم آن‌ها از طریق آبشویی نسبت به بافت‌های سبک کمتر است و موجب حفظ یون پتاسیم در خاک شده و این یون را به سمت مکان‌های تبدالی و در مواردی ممکن است به سمت لایه‌های رس سوق دهد. همچنین می‌توان بیان نمود برای خاک‌های با بافت سبک‌تر با مقدار رس پایین و ظرفیت بافر کوچک، پتاسیم، واکنش شدیدی با ماتریکس خاک انجام ندهد و در نتیجه غلظت آن در محلول خاک افزایش می‌یابد و قابل ذکر است که حضور  $ca^{+2}$  در آب آبیاری و مواد معدنی خاک، باعث آبشویی مقدار زیادی پتاسیم از خاک می‌شود،

### آبشویی پتاسیم

شکل (۲) تغییرات غلظت پتاسیم محلول را در زه‌آب خروجی از ستون‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود همانند تغییرات غلظت سدیم محلول، تیمارهای مختلف بیشترین پتاسیم محلول را در مرحله اول آبشویی از ستون‌های خاک خارج کردند. سپس مقدار آن در زه‌آب‌های خروجی حاصل از آبشویی‌های بعدی روند کاهشی داشته و این روند در تمام بافت‌ها قابل مشاهده می‌باشد. آبشویی این یون نسبت به کل پتاسیم آبشویی شده از خاک، در مراحل ابتدایی به ترتیب ۴۸، ۴۴، ۳۵، ۳۳ و ۲۷ درصد برای خاک‌های شنی لومی، لومی رسی، لومی رسی شنی، لومی و لومی شنی می‌باشد. براساس مشاهدات خاک‌های با بافت سبک مانند شنی لومی نسبت به خاک‌های سنگین‌تر بیشترین

آزمایش‌های صورت گرفته توسط کلاهچی و همکاران تأیید کننده این موضوع می‌باشند. مطالعاتی که در گذشته انجام شده نشان داده که در شرایط مزرعه، دی اکسید کربن ( $CO_2$ ) در اثر تنفس ریشه گیاهان و تنفس میکروبی در ناحیه ریشه تولید می‌گردد. انحلال دی اکسید کربن در آب باعث تولید اسید کربنیک

در خاک شده و حلالیت کربنات کلسیم افزایش می‌یابد. همچنین رهاسازی یون‌های ( $H^+$ ) در ناحیه ریشه منجر به کاهش pH خاک شده در نتیجه مقداری از کربنات کلسیم حل می‌گردد. بنابراین انتظار می‌رود در شرایط مزرعه، افزایش غلظت یون‌های کلسیم منجر به افزایش آبشویی پتاسیم گردد (کلاهچی، ۱۳۸۴).



شکل (۲): تغییرات غلظت پتاسیم در زه‌آب خروجی بر حسب حجم آب آبخویی شده از خلل و فرج خاک (pv)

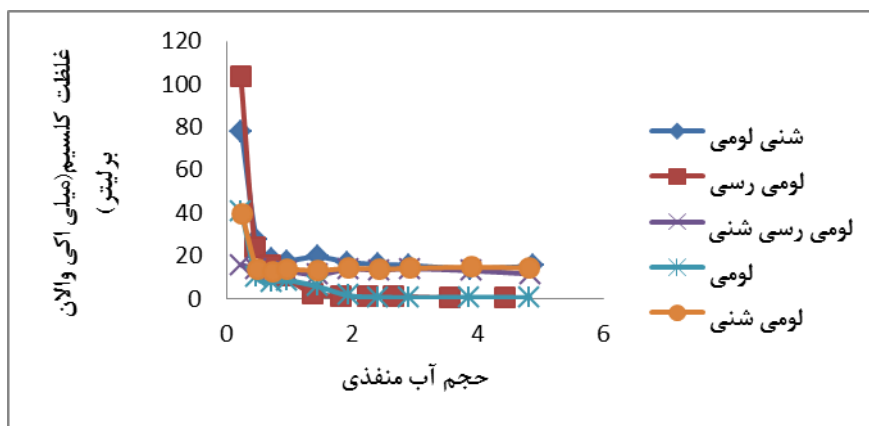
لیتر رسید. رفتار بعضی تیمارها در مراحل مختلف آبشویی با دیگر تیمارها متفاوت بوده است. قابل ذکر است در بافت لومی رسی خروج کلسیم تا پایان مراحل آبشویی روند کاهشی داشته ولی در بافت‌های دیگر تا مرحله پنجم آبشویی روندهای کاهشی و افزایشی به تناوب وجود داشته و از این مرحله به بعد در همه آن‌ها روندی تقریباً ثابت نمایان شده است. در بافت لومی مقدار ابتدایی کلسیم برابر  $40/7$  به تدریج کاهش و در  $0/9pv$  افزایش جزئی مشاهده شد و سپس به تدریج کاهش و به کمترین مقدار خود یعنی  $0/5$  میلی‌اکی‌والان بر لیتر رسید. در مراحل انتهایی آبشویی مقدار کلسیم در بافت لوم شنی نسبت به بافت‌های دیگر خاک در مقادیر بیشتری قرار دارد و بافت لوم رسی و لومی کمترین مقدار خروجی کلسیم را داشته‌اند. که بیانگر آن است کلسیم وارد فاز تبدیلی خاک شده و جایگزین سدیم خاک شده است به همین دلیل مقدار آن در زه‌آب کاهش یافته است. یعنی کاهش کلسیم و منیزیم موجود در زه‌آب تقریباً با افزایش سدیم همراه

### آبخویی کلسیم

شکل (۳) تغییرات غلظت کلسیم محلول را در زه‌آب خروجی از ستون‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، همانند تغییرات غلظت سدیم و پتاسیم محلول، تیمارهای مختلف، بیشترین کلسیم محلول را در مرحله اول آبشویی ( $0/2pv$ ) از ستون‌های خاک خارج کردند. پس از خروج بیشترین کلسیم در مرحله اول، به سرعت از میزان کلسیم خروجی کاسته شد غلظت کلسیم در مراحل ابتدایی یعنی  $0/2pv$  برای بافت لوم رسی بیشترین و برای بافت لومی رسی شنی کم‌ترین مقدار و به ترتیب برابر  $10/3/5$  و  $15/67$  میلی‌اکی‌والان بر لیتر مشاهده شد و درصد آبشویی آن‌ها نسبت به کل کلسیم موجود در زه‌آب برابر  $64$  و  $12$  بوده است. در ادامه فرآیندهای آبشویی غلظت کلسیم در خاک‌ها کاهش یافت به طوری که مقدار آن در مرحله  $4/8pv$  برای خاک لوم رسی به کمترین مقدار یعنی  $0/34$  و برای خاک لومی شنی به  $14/33$  میلی‌اکی‌والان بر

منیزیم موجود در آب در جای خالی یون دیگری که از خاک شسته شده جایگزین شده باشد و مقدار آن‌ها در زه‌آب خروجی کم شود. به نظر می‌رسد با ادامه روند آبشویی مقدار املاح خاک کاهش یافته و از قلیائیت خاک کاسته می‌شود در نتیجه باعث کاهش pH و افزایش فشار جزئی دی اکسید کربن در خاک شده و حلالیت گچ و سایر منابع کلسیم‌دار خاک را افزایش می‌دهد.

بوده است. یا به عبارت دیگر، فرآیند تبادل کاتیونی موجب می‌گردد کلسیم و منیزیم جذب خاک گردد و در مراحل انتهایی آبشویی مقدار آن در زه‌آب‌های خروجی کاهش یابد. همچنین به نظر می‌رسد در خاک‌ها با شسته شدن یک یون معمولاً جای خالی آن با یون دیگری اشغال می‌شود برای همین است که خاک دارای قدرت ترمیم است. بنابراین قابل توجه است که اگر یون‌های کلسیم و

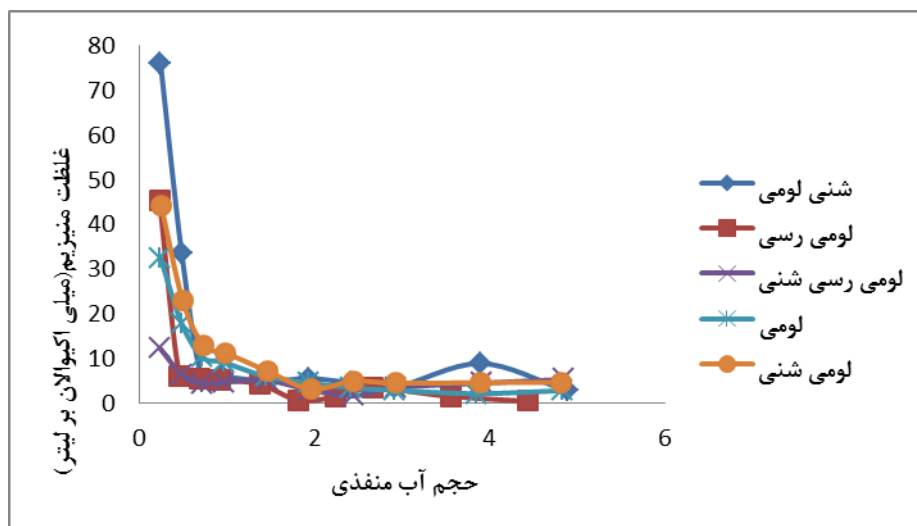


شکل (۳): تغییرات غلظت کلسیم در زه‌آب خروجی بر حسب حجم آب آبشویی شده از خلل و فرج خاک (pv)

### آبشویی منیزیم

کلسیم و منیزیم مشخص می‌شود که تقریباً از مرحله پنجم آبشویی به بعد روند ثابت خروج کلسیم به خصوص برای بافت‌های شنی لومی و لومی رسی همزمان با افزایش خروج منیزیم اتفاق افتاده است. با مقایسه درصد آبشویی کلسیم و منیزیم ملاحظه می‌گردد که درصد منیزیم آبشویی شده در همه بافت‌ها به جزء بافت لومی رسی، نسبت به کلسیم بیشتر بوده است، که احتمالاً به دلیل افزایش غلظت کلسیم در محلول آبشویی و رقابت بزرگ‌تر بین کلسیم و منیزیم برای جذب در فاز تبادل، میزان منیزیم در زه‌آب آبشویی شده، افزایش یافته است. نتایج مطالعات انجام شده در گذشته توسط جلالی و رنجبر (۲۰۰۹) این موضوع را تأیید می‌کند.

شکل (۴) تغییرات غلظت منیزیم محلول را در زه‌آب خروجی ستون‌های مورد مطالعه، در طی ده مرحله آبشویی (۵pv) نشان می‌دهد. مشابه با تغییرات غلظت سدیم، پتاسیم و کلسیم محلول، تمامی تیمارهای مورد مطالعه بیشترین منیزیم محلول را در مرحله اول آبشویی وارد فاز محلول کردند. در ابتدای آبشویی یعنی در ۰/۲pv خاک‌های شنی لومی و لومی رسی شنی با درصد آبشویی ۶۰ و ۲۳ به ترتیب بیشترین و کمترین خروجی منیزیم را داشته‌اند و بقیه بافت‌ها یعنی شنی لومی، لومی و لومی رسی به ترتیب درصد آبشویی برابر ۵۰، ۳۶ و ۳۵ را دارا می‌باشند. در مرحله آخر بافت‌های لومی رسی شنی و لومی شنی خروجی بیشتری داشتند. با مقایسه تغییرات



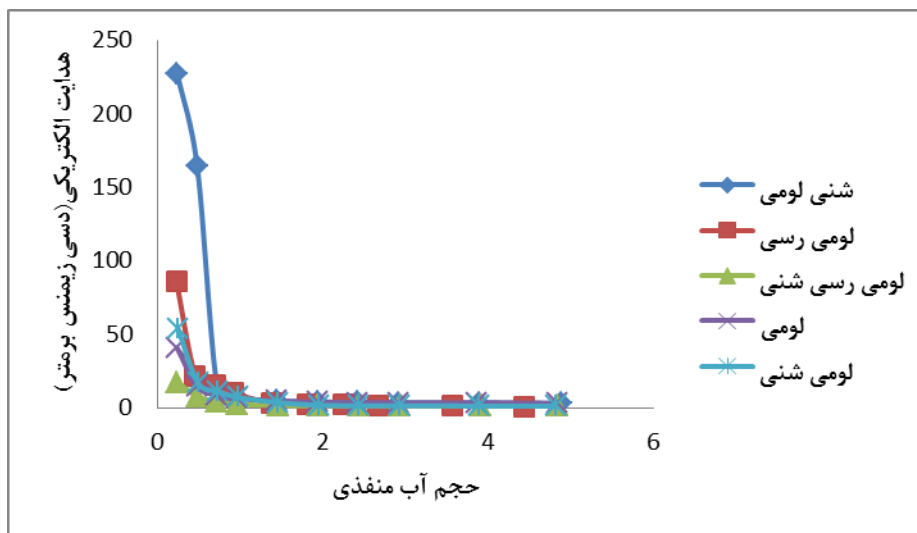
شکل (۴): تغییرات غلظت منیزیم در زه آب خروجی برحسب حجم آب آبخویی شده از خلل و فرج خاک (pv)

غالب در بین املاح محلول خروجی است، طبیعی است که بیشترین شباهت را به نمودار خروجی EC داشته باشد. در مراحل ابتدایی آبخویی بافت شنی لومی و لومی رسی بیشترین خروجی املاح را نسبت به دیگر بافت‌ها از ستون‌ها داشته است، پس از ۴ آبخویی اول تقریباً همه بافت‌ها روند مشابهی را در خروج املاح طی کردند. در مراحل آخر آبخویی بافت‌های شنی لومی و لومی شنی بیشترین املاح را در زه آب خروجی داشته‌اند. ورود کلسیم، منیزیم و پتاسیم موجود در آب آبخویی به خاک باعث شده که ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) خاک افزایش یافته و در نتیجه مکان‌های تبادلی با کلسیم، منیزیم و پتاسیم اشباع شده و از ورود سدیم به کمپلکس تبادلی خاک جلوگیری می‌شود، این حالت سدیم را در فاز محلول افزایش داده و در نهایت میزان EC در زه آب خروجی بالا می‌رود. نتایج حاصل از آزمایش‌های انجام شده توسط جلالی و رنجبر (۲۰۰۹) این روند را تأیید می‌کند.

#### تغییرات هدایت الکتریکی (EC)

شکل (۵) تغییرات غلظت کل املاح محلول خاک را طی  $p_v$  ۵ (ده مرحله) آبخویی ستون‌های خاک نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد بیشترین EC در مرحله اول از خاک خارج شده و با ادامه مراحل آبخویی، EC زه آب با روندی غیرخطی با میزان تقریباً ثابتی کاهش پیدا کرده است. بیش از ۸۵ درصد کل املاح محلول طی  $1-1/5 p_v$  اول، و حدوداً ۱۰ درصد آن در  $4 p_v$  باقی‌مانده از خاک خارج شده است. با توجه به مناسب بودن EC آب منطقه برای شستشوی املاح خاک‌های مورد آزمایش، مشخص شد که این آب کارایی بالایی در خروج املاح موجود داشته است. تیمارهای مختلف رفتار متفاوتی را نسبت به هم در خروج املاح محلول از خاک نشان دادند. با مقایسه شکل (۱) (مربوط به تغییرات غلظت سدیم) و سایر اشکال، مشخص شد که تغییرات EC بیشترین شباهت را به این نمودار دارد. نظر به اینکه سدیم یون





شکل(۵): تغییرات EC در زه آب خروجی برحسب حجم آب آبخویی شده از خلل و فرج خاک (pv)

## نتیجه گیری

نتایج آبخویی خاک‌ها نشان داد که آب مورد استفاده در آزمایشات آبخویی توانست غلظت املاح و به تبع آن شوری خاک را کاهش دهد و حتی با وجود سدیمی بودن یکی از خاک‌های مورد آزمایش، با توجه به بافت نسبتاً سبک این خاک و کیفیت مناسب آب آبخویی برای این خاک‌ها نیاز به هیچ‌گونه ماده اصلاحی نیست و اصلاح آن با استفاده از همان آب منطقه امکان‌پذیر است. به‌طور کلی تأثیر بافت‌های درشت‌دانه روی انتقال یون‌ها بیشتر از خاک‌های ریزدانه است و ورود املاح در زه آب در خاک‌های با بافت ریزتر پیشروی کمتری داشته است. مقدار رس، نقش مهمی در نگهداری و جابجایی یون‌ها در خاک بازی می‌کند. تفاوت بین مقدارهای آب آبیاری مورد نیاز برای جابجایی املاح و شستشوی شوری و سدیمی به بافت خاک نسبت داده می‌شود. به نظر می‌رسد دلیل اصلی در چنین واکنش‌هایی تبادل کاتیونی می‌باشد. همچنین در این آزمایشات مشاهده شد که برای اکثر بافت‌ها، ۹۰ درصد املاح بعد از مرحله چهارم آبخویی (۱pv) و برای بافت لومی و لومی رسی بعد از تقریباً (۱/۵pv) از خاک خارج شده‌اند. به‌طور کلی برای عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم ترتیب آبخویی بافت‌های مختلف به صورت زیر می‌باشد:

لومی رسی شنی > لومی > لومی شنی > لومی رسی > شنی لومی

و برای عنصر منیزیم به صورت زیر می‌باشد:

لومی رسی شنی > لومی رسی > لومی > شنی لومی >

لومی شنی

براساس نتایج پیشنهاد می‌گردد:

با توجه به خشکسالی‌های اخیر و گرایش خاک‌های منطقه به سمت شوری و قلیایی شدن، نسبت به ترسیم منحنی‌های آبخویی برای خاک‌های این منطقه اقدام شود.

با توجه به کمبود آب و خشکسالی‌های اخیر توصیه می‌گردد برای آبخویی یک هکتار زمین برای بافت‌های نسبتاً سبک‌تر منطقه از عمق آبی تقریباً برابر ۸/۶ سانتیمتر و برای خاک‌های لومی و لومی رسی منطقه از ۱۲/۵ سانتیمتر استفاده گردد که از هدر رفتن بیشتر آب جلوگیری گردد.

## منابع

۱. برزگر، ع. ۱۳۸۷. خاک‌های شور و سدیمی. چاپ اول. اهواز: دانشگاه شهید چمران اهواز. ص ۱۳-۱۵.
۲. پذیرا، ا. ۱۳۸۵. (ب). راهنمای کاربرد مدل‌های تجربی و نظری آبشویی نمک‌های خاک‌های شور، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. ص ۹۸-۱۰۳.
۳. کلاهچی، ز. ۱۳۸۴. اندازه‌گیری و پیش‌بینی حرکت پتاسیم در یک خاک شنی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی. دانشگاه بوعلی سینا همدان. ص ۵۴-۶۸.
۴. مهاجر میلانی، پ. و پ. جواهری. ۱۳۷۷. آب مورد نیاز شستشوی خاک‌های ایران. انتشارات سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات آب و خاک. چاپ اول. ص ۱۰۳.
۵. مرادی، ق. و پ. مهاجر میلانی. ۱۳۷۴. تهیه منحنی شوری‌زدایی و سدیم‌زدایی خاک‌های منطقه بنار، استان بوشهر. گزارش نهایی شماره ۷۴/۴۲۷ موسسه تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات بوشهر. ص ۴۳.
۶. نیک مرام، م. ص. و ح. رضایی. ۱۳۷۴. تهیه منحنی شوری‌زدایی و سدیم‌زدایی خاک‌های ایستگاه تحقیقات کشاورزی میان‌دوآب. گزارش نهایی شماره ۴۷/۲۸ موسسه تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان غربی. ص ۲۰.
۷. وزیر، ژ. ۱۳۷۴. ارزیابی مدل‌های شوری‌زدایی خاک با آزمون مزرعه‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ص ۱۴۳.
۸. یزدانی، ه. ۱۳۷۲. اصلاح خاک‌های شور و قلیا منطقه رودشت اصفهان (آبشویی و اصلاح خاک با آبیاری و کشت گیاه). گزارش نهایی شماره ۷۳/۱۱ موسسه تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان. ص ۳۶.
9. Andrew, S. and A. Goudie. 2003. Enhanced salinization, Developments in Water Science, Volume 50(2):287-293.
11. Bharat, R., P. Sharma and S. Minhas. 2005. Strategies for managing saline alkali waters for sustainable agricultural production in South Asia, Agricultural Water Management, 78:136-151.
12. Bolt, G.H. 1982. Movement of solutes in soil: principles of adsorption/exchange chromatography. In: Bolt, G.H. (Ed), Soil Chemistry. B. Physico-chemical models. Elsevier Scientific Publishing Co. Amsterdam, pp.285-348.
13. David, J., P. Michael and A. Ewing. 2006. Managing secondary dryland salinity: Options and challenges Agricultural Water Management, Volume 80, Issues 1-3, 41-56.
14. Gardner, W.R. and M. Fireman. 1958. Laboratory studies of evaporation from soil columns in the presence of a water table. Soil; 5:244-249.
15. Gardner, W.R. and R.H. Brooks. 1957. A descriptive theory of leaching. Soil Sci. 83:295-304.
16. Gerardo, J., J. Farias-Iarios, J. Molina-Ochoa, S. Aguilar-Espinosa, M. Rocio and B. Gonzalez-Ramirez. 2007. Salt leaching process in an alkaline soil treated with elemental sulphur under dry tropic conditions. World Journal of Agricultural Science 3(3):356-362.
17. Gilfedder, M.R., G. Mein and L.D. Connel. 2000. Border irrigation field experiment. II: Salt transport. J. Irrig. Drainage Eng. ASCE, 126:92-97.
18. Giuseppina, C. and D.S. Antonio. 2004. Bypass flow, salinization and sodication in a cracking clay soil Geoderma, Volume 121, Issues 3-4, 307-321.
19. Guo, G., K. Araya, H.Z. Jia, K. Ohomiya and J. Matuda. 2006. Improvement of salt affected soils, Part 1: Interception of capillary biosystems engineering, Volume 94, Issue 1, 139-150.
20. Gupta, R.K., N.T. Singh, and M. Sethi. 1994. Ground water quality for irrigation in India. Tech Bull. No. 19. Central soil salinity research institute, Karnal, India, 13pp.
22. Jalali, M. and D.L. Rowell. 2003. The role of calcite and gypsum in the leaching of potassium in a sandy soil. Expel Agric. 39: 379-394.
23. Jalali, M. and F. Ranjbar. 2009. Effects of water on soil sodicity and nutrient leaching in poultry and sheep manure amended soils. Geoderma. 153: 194-204.
24. Jalali, M., H. Merikhpour, M.J. Kaledhonkar and M. Van der zee. 2008. Effects of wastewater irrigation on soil sodicity and nutrient leaching in calcareous soils. Agricultural Water Management. Volume 95, Issue 2, 143-153.

25. Kolahchi, Z. and M. Jalali. 2007. Effect of water quality on the leaching of potassium from sandy soil. *Journal of Arid Enviroments*. 68.624-630.
26. Mondal, M.k., S.I. Bhuiyn and D.T. Franco. 2001. Soil salinity reduction and prediction of salt dynamics in the coastal Riceland of Bangladesh. *Agricul. Water Manage*. 47:9-23.
27. Ozturk, H.S. and I. Ozkan. 2002. Solute movement in large soil columns under different water flow velocities. Ankara University, Faculty of Agriculture, Dept. Soil Science, 06110, edu.tr, Angenommen is 17.
28. Raj, M. and J. Nath. 1980. Leaching of salts as modified by soil texture and quality of laeching water. *Trans. Isdt. and Ucds* 5:54-59.
29. Rowell, D.L. 1994. *Soil Science: Methods and Applications*. Longman Group, Harlow, P.350.
30. 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. *Agric. Water Manage*. 31, 225-235.
31. Soares, D.L. 2001. Sodic soil reclamation: Modeling and field study. *Aus. J. Soil Res.* 39(6), 1225-1246.

## Salt Leaching Process in saline soils through disturbed soil columns

M. Delbari<sup>1</sup>, M. Talebzadeh<sup>2</sup>, H. Naghavi<sup>3</sup>, A. Gholamalizadeh<sup>4</sup>

### Abstract

Accumulation of anions and cations in soil solution prevents growth of plant. The main problem in saline soils is related to soluble salts. Saline soils have a large amount of salts; therefore the leaching from these soils is important. This study was conducted to evaluate the movement of solutes using soil columns picked from Azizabad of Bam. Leaching experiments were conducted on columns of five soil textures (clay loam, loam, sandy clay loam, sandy loam, loam sandy). The soils were filled in columns to achieve uniform bulk density of  $1.5 \text{ g cm}^{-3}$ . The columns were leached with approximately 5 pore volumes (pv). Effluents from each leaching were collected for chemical analysis. Leachate samples were analyzed for soluble cations ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{+}$  and  $\text{K}^{+}$ ). After completion of the leaching the soil columns were split open and cut into 3 sections, each 10 cm. Soil samples at different column depths were analyzed for EC,  $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{+}$ . The results showed using water in leaching experiments could reduce solutes concentration and it following saline soils and these soils do not need any amendant. Generally the effect of coarse textured soil on the ion movement is more than in the case of fine textured soil. The solute arrival in effluent solution is ahead when soil texture is coarse. The amount of clay plays an important role for retaining and ions removal from soil. The difference between the amounts of irrigation water needed for salinity removal depends on soil texture. The most common of such reactions is cation exchange.

**Key words:** Leaching, Soil texture, Saline soils, Soil columns.

---

<sup>1</sup> Assistant Professor, Faculty of Agriculture, university of zabol, Tel:09128104373. Email: mas\_delbari@yahoo.com.

<sup>2</sup> M.Sc. Student, Irrigation & Drainage, university of zabol, Tel:09132441578. Email: mah\_talebzadeh@yahoo.com.

<sup>3</sup> Scientific Member, Research center of Agriculture, Kerman, Tel:09133416298. Email: naghavii@yahoo.com.

<sup>4</sup> Professor, Faculty of Agriculture, university of zabol, Tel:09151043249. Email: a\_ahangar2002@yahoo.com.