پژوهش های آبخیزداری شماره ۹۱، تابستان ۱۳۹۰
(پژوهش و سازندگی)

تأثیر برخی روش های اصلاح خاک شور و سدیمی در توزیع عمقی کاتیون های محلول با استفاده از ستون خاک

• **نجمه یزدان‌پناه**
عضو هیات علمی گروه مهندسی آب - دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان
• **ابراهیم پذیرا**
عضو هیات علمی گروه خاک شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات تهران
• **علی نشاط**
عضو هیات علمی گروه مهندسی آب - دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان
• **مجید محمودآبادی**
استادیار بخش مهندسی خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان (نویسنده مسئول)
تاریخ دریافت: شهریور ماه ۱۳۸۹ تاریخ پذیرش: دی ماه ۱۳۸۹
تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۳۴۴۱۰۹۶۲
Email: mmahmoodabadi@yahoo.com

چکیده

شـور و سدیمی‌شـدن خاک از جنبه‌های مهم تخریب اراضی به ویژه در مناطق خشـک و نیمه خشـک محسـوب می‌شود. تحقیق حاضر به بررسی نقش مواد اصلاح‌کننده معدنی و آلی مختلف، بر روند اصلاح خاک شور و سدیمی با تأکید بر توزیع کاتیون های محلول می‌پردازد. تیمارهای مواد اصلاحی شـامل؛ شـاهد، کود گاوی، تفاله پسته، گچ، ترکیب کود گاوی با گچ و ترکیب تفاله پسـته با گچ، دو تیمار آب آبیاری با و بدون اسـید سولفوریک بود که در سه تکرار مورد استفاده قرار گرفت. پس از اتمام آزمایش‌های آبشـویی، غلظت کاتیون های محلول در عمق های مختلف اندازه گیری شـد. نتایج حاکی از آن بود که پس از اتمام آزمایش های اصلاح، غلظت کاتیون های تک ظرفیتی و نیز میزان EC و SAR نزدیک به سـطح خاک کمتـر از عمـق بود در حالی که کاتیون های دوظرفیتی، تغییر چندانی با عمق پیدا نکردند. این یافته مشـخص می کند که کاتیون‌های تک ظرفیتی انتقال پذیری بیشـتری نسـبت به کاتیون‌های دو ظرفیتی دارند. نتایج نشان داد که در خاک های آهکی، بدون کاربرد مواد آلی و تنها از طریق آبیاری همراه با اسـید سـولفوریک می‌توان SAR را تا حد قابل قبولی کاهش داد. در مقایسـه با گچ، اسید سـولفوریک کارایی بیشتری در کاهش اثر سدیم داشت. در بین تیمارهای مورد مطالعه، تفاله پسـته و کود گاوی به ترتیب بیشـترین و کمترین کارایی را در کاهش EC و SAR داشتند. یافته‌های این تحقیق اهمیت و کارایی مطلوب تفاله پسته را در اصلاح خاک‌های شور و سدیمی روشن ساخت.

کلمات کلیدی: آبشویی، اسید سولفوریک، اصلاح خاک، گچ، مواد آلی

www.SID.ir

Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) No 91 pp: 88-96

Effect of some methods of saline- sodic soil reclamation on depth distribution of soluble cations

By: Najme Yazdanpanah, Dep. of Water Eng., Islamic Azad University, Kerman Branch, Kerman, Iran. Ebrahim Pazira, Prof., Dep. of Soil Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran Ali Neshat, Assist. Prof., Dep. of Water Eng., Islamic Azad University, Kerman Branch, Kerman, Iran. Majid Mahmoodabadi, Assistant Prof. Dep. of Soil Sci., Agri. Faculty, Shahid Bahonar University of Kerman, 22 Bahman Blvd., Kerman. Iran. (Corresponding Author; Tel: +989134410962).

Soil salinity and sodicity are escalating problems worldwide, especially in arid and semi-arid regions. This study investigates the effect of some mineral and organic amendments on reclaiming a saline- sodic soil based on distribution of soluble cations. The soil amendments consist of control, cattle manure, pistachio residue, gypsum, manure + gypsum and pistachio residue + gypsum; water treatments with and without sulfuric acid with three replicates were performed. At the end of experiments soluble cations were measured at different depths. The results indicated that monovalent cations and also the EC and SAR showed the lowest values near the soil surface, while bivalent cations had no significant variation with depth. This finding shows that monovalent cations would be more mobile than the bivalents. Also, it was found that in comparison with gypsum, sulfuric acid had more efficiency in the SAR decreasing. However, in calcareous soils, this aim would be achieved by only irrigation. Pistachio residue and cattle manure had the highest and the lost efficiencies in decreasing of the EC and SAR. The findings of this research reveal the relative importance and efficiency of pistachio residue in reclaiming of the sodium affected soil.

Key words: Leaching, Sulfuric acid, Soil reclamation, Gypsum, Organic matter.

مقدمه

امروزه شـوری خاک‌های کشـاورزی و منابع آب کـه منجر به تخریب اراضـی می‌گردد، به یک معضل جهانی در اراضی تحت آبیاری تبدیل شـده اسـت (Katerji و همکاران ۲۰۰۵). حدود نیمی از اراضی زیر کشـت آبی توسط شوری و یا سـدیم مورد تهدید قرار گرفته‌اند (Flagella و همکاران ۲۰۰۲). در ایران خاک‌های شور و سدیمی، وسعتی حدود ۱۵ تا ۲۶ میلیون هکتار و یا به‌عبارتی ۱۰ تا ۱۵ درصد مسـاحت کشـور را به خود اختصاص داده‌اند (Chorom و Rengasamy، ۱۹۹۷؛ Mostafazadeh-Fard و همکاران ۲۰۰۷). اسـتفاده از آب های شـور با کیفیت نامناسب، عملیات کشـاورزی از قبیل کوددهی، تبخیر و تعرق شدید با آبشویی ناکافی، فقدان زمین‌های مناسب و عدم مدیریت آبیاری و زهکشی مشخص، از جمله دلایل اصلی شور و سدیمی شدن خاک هستند (Villa-Castorena و همکاران ۲۰۰۳). آبیاری از طریق آب‌های با کیفیت نامطلوب سـبب تغییر در شیمی محلول خاک مانند تغییر pH، پتانسـیل رداکس و قابلیت دسترسی یون‌ها بـرای گیاهان می شـود (Boivin، ۲۰۰۲). در این حالـت املاح در خاک حرکـت کرده و در نهایت در آن تجمـع می‌یابند (David و Dimitrios، ۲۰۰۲). اثرات مضر شـوری بر رشد گیاه از دو جنبه افزایش فشار اسمزی و در نتیجه کاهش آب قابل دسـترس و همچنین اثرات خاص برخی از عناصر موجود در غلظت های بالا اهمیت دارد (Qadir و Oster، ۲۰۰۴). این در حالیست که خاک‌های سدیمی با تخریب ساختمان که به واسطه فرآیند های فیزیکی خاص (انبسـاط و پراکنده‌شـدن رس‌ها) رخ می دهد، روبرو هستند (Quirk, ۲۰۰۱). انبسـاط، مسدودشدن منافذ درشـت و کاهش شدید و غیرقابل بازگشـت هدایت آبی از تبعات سدیمی‌شـدن است (Halliwell و همـکاران ۲۰۰۱؛ Van der Zee و همکاران ۲۰۱۰). در چنین شـرایطی حرکـت آب و هوا در خاک، ظرفیت نگهداری آب قابل دسـترس گیاه، نفوذ ریشـه، جوانه زنی بذر، رواناب، فرسایش، شخم و عملیات کشت و کار تحت تأثیر قرار می گیرد. به علاوه، عدم تعادل مواد مغذی قابل دسـترس گیاه در خاک‌های تحت تأثیر نمک، رشـد گیاهان را محـدود می نماید (Qadir و Schubert، ۲۰۰۲؛ Qadir و Oster، ۲۰۰۴).

مطالعات متعددی در زمینه اصلاح خاک‌های شور و سدیمی در شرایط مزرعه (Pessarakli و Szabolics، ۱۹۹۹؛ Valzano و همکاران ۲۰۰۱؛ Qureshi و همکاران ۲۰۰۷) و یا آزمایشـگاه (Wong و همکاران ۲۰۰۹) انجام شـده اسـت. در شـرایط مزرعه‌ای، بررسـی تغییرات زمانی و مکانی حرکت املاح دشـوار اسـت (Akhtar و همکاران ۲۰۰۳) از این رو، برخی محققان از ستون خاک در شرایط قابل کنترل آزمایشگاهی استفاده نموده‌اند (Hamlen و Kachanoski، ۲۰۰۴؛ Li and Keren، ۲۰۰۹). مبنـای اصلاح خاک‌های سدیمی جایگزین نمودن سدیم تبادلی توسط کلسیم است. سـدیم جایگزین شـده با آبشـویی از ناحیه ریشـه و یا پروفیل خاک خارج می‌شـود. منبع مرسوم کلسـیم ماده‌ای است که یا اینکه خود دارای کلسیم باشـد و یـا اینکه پس از مصـرف باعث انحلال آن در محلـول خاک گردد. خاک‌های شـور و سـدیمی که حاوی $CaCO_3$ نیز می‌باشـند، در مناطق خشـک و نیمه‌خشـک جهان وسـعت قابل توجهی دارند. در این شـرایط $CaCO_3$ موجـود در خاک به آرامی حل شـده و کلسـیم را بـرای فرآیند اصلاح این خاک‌ها عرضه می نماید (Qadir و همکاران ۱۹۹۶). از آنجا که حلالیت آهک برای تأمین کلسیم بسیار کم است، معمولاً از یک ماده اسیدی و یا اسیدزا استفاده می‌شود (Keren، ۱۹۹۶). گچ (Mitchell و همکاران ۲۰۰۰؛ Wong و همـکاران ۲۰۰۹)، اسـید سـولفوریک (Amezketa و همـکاران ۲۰۰۵؛ Sadiq و همـکاران ۲۰۰۷) و ماده آلـی (Valzano و همـکاران ۲۰۰۱؛ Li و Keren، ۲۰۰۹؛ Wong و همکاران ۲۰۰۹) برخی

Archive of SID

www.SID.ir

از این اصلاح‌کننده‌ها هستند که مورد استفاده قرار می‌گیرند. علاوه بر این اصلاح خاک‌های شور و سدیمی از طریق آبشویی نیز توسط برخی از محققان (Anapali و همکاران ۲۰۰۱؛ Akhtar و همکاران ۲۰۰۳؛Ammari و همکاران ۲۰۰۸) انجام شده است.

در استان کرمان معادن وسیعی از گچ وجود دارد که کشاورزان از آن برای اصلاح خاک استفاده می کنند. از طرفی، به‌دلیل مقدار اندک ماده آلی در خاک‌های منطقه، مصرف کودهای دامی نیز رایج است. همچنین طی مرحله برداشت محصول پسته، میزان انبوهی بقایا و تفاله تولید می شود که کشاورزان آنها را بدون استفاده، دور ریخته و در عوض کودهای دامی با هزینه بالا تهیه می‌کنند. در زمینه کاربرد مواد یادشده در اصلاح خاک های شور و سدیمی منطقه بررسی چندانی صورت نگرفته است. از این رو، مطالعه حاضر به بررسی نقش گچ، کود گاوی و تفاله پسته و نیز اسید سولفوریک همراه با آب آبیاری بر اصلاح خاک شور و سدیمی با تأکید بر توزیع عمقی کاتیون های محلول می پردازد.

مواد و روش ها

خاک مورد مطالعه در این تحقیق، خاکی شور و سدیمی و همچنین آهکی است که از سطح اراضی کشاورزی استان کرمان نمونه برداری شده است. پس از انتقال نمونه خاک به آزمایشگاه، در معرض هوا خشک گردید و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. سپس برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه تعیین گردید (جدول ۱). pH و EC به‌ترتیب در گل و عصاره اشباع و کاتیون‌های محلول شامل کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون و سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فوتومتر اندازه‌گیری شدند. کربن آلی به روش والکی- بلاک، بافت خاک به روش هیدرومتری و میزان $CaCO_3$ معادل از روش تیتراسیون تعیین شد (Page و همکاران ۱۹۹۲ a,b).

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار مواد اصلاحی معدنی و آلی، ۲ تیمار آب آبیاری، در ۳ تکرار، در یک خاک شور و سدیمی، در شرایط آزمایشگاهی و با استفاده از ستون خاک اجرا شد. تیمارهای مواد اصلاح‌کننده عبارت بودند از: ۱) گچ برابر با نیاز گچی خاک مورد مطالعه به مقدار ۵/۲ گرم در کیلوگرم (G)، ۲) کود گاوی پوسیده به مقدار ۵۰ گرم در کیلوگرم (M)، ۳) تفاله پسته پوسیده به مقدار ۵۰ گرم در کیلوگرم (P)، ۴) گچ + کود گاوی (G+M)، ۵) گچ + تفاله پسته (G+P) و ۶) شاهد (C). همچنین دو تیمار آب آبیاری شامل آب معمولی (W) و آب حاوی اسید سولفوریک معادل گچ (W+S) به‌عنوان اصلاح‌کننده مورد استفاده قرار گرفت. مواد آلی مورد استفاده به‌عنوان اصلاح‌کننده دارای خصوصیات شیمیایی متفاوتی بودند. میزان EC تفاله پسته (۱۰/۸۵ دسی‌زیمنس بر متر) بیشتر از کود گاوی (۸/۶۲ دسی‌زیمنس بر متر) بود. همچنین تفاله پسته pH بیشتری نسبت به کود گاوی داشت. در بین کاتیون‌های کل، میزان سدیم و منیزیم در کود گاوی نسبت به تفاله پسته، بیشتر و پتاسیم و کلسیم کمتر بود. پس از ساخت ستون‌ها، تیمارهای مواد آلی و معدنی کاملاً با خاک مخلوط و به داخل ستون ها منتقل گردید. عمق خاک در هر ستون ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. سپس نمونه‌ها به مدت یک ماه در درجه حرارت ۲۵ درجه سانتیگراد و رطوبت ظرفیت زراعی نگهداری شد. پس از این مرحله، نمونه‌ها به مدت ۱۲۰ روز تحت آزمایش‌های آبشویی قرار گرفت. آب آبیاری دارای EC برابر با ۵۳۶ میکروموس بر سانتی متر، pH برابر با ۰/۸ و SAR برابر با ۱/۳ بود. برای نزدیک‌شدن به شرایط طبیعی، آبیاری به روش متناوب با دور ۳۰ روز و به میزان یک حجم تخلخل صورت گرفت. در مجموع، ۴ آزمایش آبشویی در فواصل زمانی یک ماهه اعمال گردید. در پایان، از هر ستون خاک در سه عمق صفر تا ۱۰، ۱۰ تا ۲۰ و ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری و ویژگی های آنها اندازه‌گیری شد (Page و همکاران ۱۹۹۲ a,b).

جدول ۱- برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

ویژگی (واحد)	مقدار	ویژگی (واحد)	مقدار
سدیم ($meq\ lit^{-1}$)	۲۶۴/۵	pH	۷/۸
پتاسیم ($meq\ lit^{-1}$)	۴/۱۹	کربنات کلسیم معادل (٪)	۲۰/۷۵
کلسیم ($meq\ lit^{-1}$)	۳۷/۰	کربن آلی (٪)	۰/۴۹
منیزیم ($meq\ lit^{-1}$)	۹۸/۰	شن (٪)	۴۸
هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	۱۹/۸۱	سیلت (٪)	۴۰
نسبت جذب سدیم	۳۲/۲	رس (٪)	۱۲

www.SID.ir
Archive of SID

نتایج و بحث

تغییرات عمقی سدیم

برای تمام تیمارها، سدیم محلول در نزدیک سطح خاک دارای کمترین مقدار بوده و با افزایش عمق، غلظت آن افزایش می‌یابد (شکل ۱). Elsharawy و همکاران (۲۰۰۸) نیز دریافتند که در اثر کاربرد مواد اصلاح‌کننده، بیشترین کاهش سدیم محلول در لایه سطحی رخ می دهد. مقدار سدیم محلول مربوط به تیمار ترکیب کود گاوی و گچ، بیشتر از سایر تیمارهای مورد مطالعه بود که یکی از دلایل آن، میزان بیشتر سدیم در این نوع ماده آلی است. بدون استفاده از هر گونه ماده اصلاح‌کننده و تنها از طریق آبشویی، غلظت سدیم تیمار شاهد نسبت به خاک اولیه کاهش معنی‌داری پیدا کرد. تیمار تفاله پسته، کمترین غلظت سدیم محلول را در پایان آزمایش‌های آبشویی در هر سه عمق نشان داد. Hanay و همکاران (۲۰۰۴)، Tejada و همکاران (۲۰۰۶) و Elsharawy و همکاران (۲۰۰۸) کاربرد مواد آلی در کاهش سدیم محلول را گزارش کردند. نتایج همچنین حاکی از آن است که تیمار گچ در مقایسه با تیمار شاهد، تغییر معنی‌داری در غلظت سدیم در عمق‌های مختلف ایجاد نکرده است. این در حالیست که Singh and Bajwa (۱۹۹۱) عنوان داشتند که مصرف گچ میزان تخلیه سدیم از خاک را افزایش و ESP را کاهش داده است.

در حضور اسید سولفوریک (شکل ۱ ب)، تیمار شاهد و گچ دارای کمترین مقادیر مربوط به غلظت سدیم در عمق‌های مختلف بودند. استفاده از مواد آلی به تنهایی و یا در ترکیب با گچ، منجر به افزایش غلظت سدیم محلول خاک شده است. البته تفاله پسته در مقایسه با کود گاوی باعث کاهش بیشتر غلظت سدیم محلول گردید. نتایج نشان می‌دهد که در خاک‌های آهکی، استفاده از اسید سولفوریک همراه با آب آبیاری، آبشویی سدیم را افزایش می‌دهد. این در حالیست که استفاده از گچ در این شرایط نتوانسته است به اندازه تیمار شاهد، باعث کاهش سدیم محلول گردد.

تغییرات عمقی پتاسیم

مشابه با تغییرات غلظت سدیم محلول، پتاسیم نیز نزدیک به سطح خاک حداقل بوده و با افزایش عمق، غلظت آن افزایش یافته است (شکل ۲ الف). در بین تیمارهای مورد مطالعه، دو تیمار شاهد و گچ کمترین غلظت پتاسیم محلول با عمق را نشان می‌دهند. همچنین برای این دو تیمار، غلظت پتاسیم افزایش معنی‌داری با عمق پیدا نکرده است. استفاده از کودهای آلی به ویژه در ترکیب با گچ، باعث افزایش غلظت پتاسیم محلول خاک شد و این افزایش در مورد تفاله پسته بیشتر بود که علت آن مقدار بیشتر پتاسیم در تفاله پسته است. در حضور اسید سولفوریک (شکل ۲ ب) همچنان تیمارهای شاهد و گچ کمترین و تیمار تفاله پسته بیشترین غلظت پتاسیم محلول را در خاک باعث شدند. مقایسه دو شکل ۲ (الف و ب) روشن می سازد که در شرایط حضور و عدم حضور اسید سولفوریک، گچ و ماده آلی در ترکیب با یکدیگر رفتار کاملاً متفاوتی در خاک بروز می‌دهند.

تغییرات عمقی کلسیم

در مقایسه با کاتیون‌های تک ظرفیتی (سدیم و پتاسیم)، کاتیون‌های دوظرفیتی توزیع متفاوتی در عمق‌های مختلف خاک پیدا کردند. نتایج نشان داد که به دلیل آهکی بودن خاک، تیمار شاهد دارای بیشترین غلظت کلسیم محلول بوده است (شکل ۳ الف). در مقابل، استفاده از تفاله پسته به تنهایی و یا همراه با گچ، کمترین مقادیر مربوط به کلسیم محلول را نشان می دهد. همچنین افزودن گچ به خاک نتوانسته غلظت کلسیم محلول را نسبت به تیمار شاهد، افزایش دهد. این در حالیست که Valzano و همکاران (۲۰۰۱) با استفاده از گچ و آهک در فرآیند اصلاح خاک سدیمی دریافتند که گچ نسبت به آهک، توانایی بیشتری در جایگزین نمودن کلسیم به جای سدیم داشته است. بر خلاف کاتیون‌های تک‌ظرفیتی، کلسیم دارای روند افزایشی معنی‌داری با عمق نبوده است. کاتیون‌های دوظرفیتی نسبت به کاتیون‌های تک‌ظرفیتی تمایل بیشتری برای قرار گرفتن بر روی مکان های تبادلی داشته و از این رو کمتر در معرض آبشویی قرار می گیرند. نتایج مربوط به کاتیون های تبادلی در مقاله بعدی ارائه می شود که این مطلب را تأیید می کند. این یافته با نتایج Hao و Chang (۲۰۰۳) تناقض دارد. آنها با کاربرد کود دامی، حرکت کم پتاسیم را مشاهده نمودند. در حضور اسید سولفوریک (شکل ۳ ب)، تیمار شاهد بیشترین و تیمارهای ترکیب ماده آلی و گچ کمترین غلظت کلسیم محلول را دارند. این موضوع را می توان به اثر یون مشترک سولفات موجود در اسید سولفوریک و گچ ارتباط داد که باعث کاهش حلالیت گچ می شود (Amezketa و همکاران ۲۰۰۵).

تغییرات عمقی منیزیم

غلظت منیزیم محلول مشابه با کلسیم به‌دلیل دوظرفیتی بودن، با عمق تغییر چندانی نداشت (شکل ۴). برخلاف کلسیم، منیزیم در تیمار شاهد تقریباً کمترین غلظت را داشته در حالی که افزودن مواد آلی به‌ویژه در ترکیب با گچ، باعث افزایش غلظت منیزیم به‌طور معنی‌داری شده است. کود گاوی نسبت به تفاله پسته، منیزیم بیشتری دارد. در نتیجه، استفاده از آن باعث افزایش منیزیم محلول خاک شده است. کاربرد گچ نسبت به تیمارهای کود گاوی و تفاله پسته، کارایی کمتری در کاهش غلظت منیزیم محلول داشته است. در مقابل، زمانی‌که از ترکیب گچ و مواد آلی استفاده می شود، کارایی مواد آلی در کاهش منیزیم محلول کاهش می یابد. یکی از دلایل این موضوع تشکیل زوج یونی $MgSO_4$ است که باعث افزایش حلالیت ترکیبات حاوی منیزیم نظیر دولومیت می گردد. در مقایسه با آب معمولی، کاربرد اسید سولفوریک همراه با آب آبیاری (شکل ۴ ب) باعث افزایش غلظت منیزیم محلول در تیمار شاهد گردید. در حضور اسید، حلالیت ترکیبات کربنات منیزیم موجود در خاک افزایش یافته و در نتیجه غلظت منیزیم محلول افزایش نشان می دهد. نتایج همچنین مشخص کرد که در حضور اسید سولفوریک، غلظت منیزیم محلول در تیمار کود گاوی از سایر تیمارها بیشتر می‌باشد. با این وجود، میزان منیزیم در مقایسه با خاک اولیه، برای تمام تیمارها کاهش یافته است.

تغییرات عمقی هدایت الکتریکی

مقدار EC خاک پس از اجرای عملیات آبشویی، کاهش بیشتری در لایه سطحی یافته است (شکل ۵). این روند تا حد زیادی به آبشویی بیشتر املاح در لایه‌های سطحی مرتبط می‌باشد. از آنجا که نمک‌های محلول، انتقال‌پذیری زیادی دارند، مقادیر EC خاک نه تنها تحت تأثیر نوع اصلاح‌کننده است، بلکه از حرکت آب در ستون خاک نیز تأثیر می‌پذیرد (Hao و Chang، ۲۰۰۳). نتایج مربوط به تیمار شاهد (شکل ۵ الف) نشان

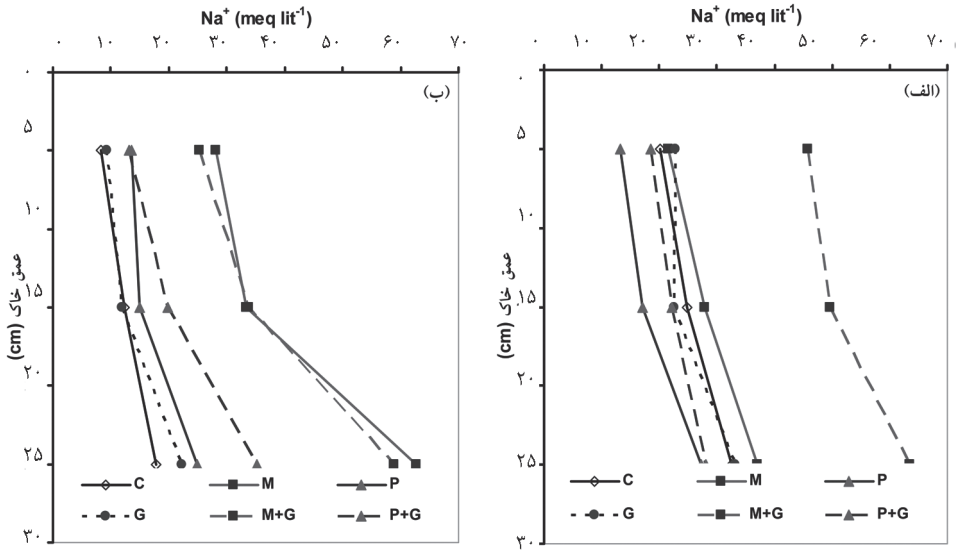
Archive of SID

www.SID.ir

می‌دهد که بدون استفاده از هر ماده اصلاح‌کننده‌ای و تنها با آبیاری می‌توان شـوری را تا حد زیادی نسـبت به خاک اولیه کاهش داد. در بین تیمارهای مورد مطالعه، تفاله پسته بیشترین تأثیر را در کاهش شوری به‌دنبال داشت و در مقابل کاربرد کود گاوی کارایی کمتری نشان داد، تا حدی که حتی نسبت به تیمار شـاهد EC بیشـتری را در خاک به جای گذاشـت. کاربرد متوالی کودهای حیوانی یا کمپوست حاوی مقادیر نسبتاً بالای نمک می تواند شوری خاک را تشـدید کنـد (Smith و همـکاران ۲۰۰۱؛ Walker و همکاران ۲۰۰۸). Hao و Chang (۲۰۰۳) پس از مصرف کود گاوی، افزایش شوری خاک را گزارش نمودند. شکل ۵ الف همچنین نشان می‌دهد که در پی آبیاری سـتون‌های خاک که با مخلوط گچ و مواد آلی تیمار شـده‌اند، شوری خاک نسـبت به کاربرد مواد آلی به تنهایی، افزایش یافته است. این نتیجه با یافته Wong و همـکاران (۲۰۰۹) همخوانی دارد. در مقابل، Vance و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که در مقایسـه با کاربرد گچ به تنهایی، افزودن توأم ماده آلی و گچ به خاک باعث کاهش میزان EC خاک می‌شـود. به نظر می رسد با افزودن گچ، شوری خاک در مقایسه با تیمار شاهد تفاوت معنی داری نداشـته اسـت. یافته های Muraoka و Dos Santos (۲۰۰۶) نشان داد که کاربرد گچ همراه با آبشـویی، باعث کاهش شـوری خاک می‌گردد.مطابق شکل ۵ ب، در حالی‌که همراه با آب آبیاری از اسید سولفوریک استفاده شده است، EC لایه سطحی کمتر از عمق‌های بیشتر به‌دست آمد. در این حالت، تیمار گچ بیشترین تأثیر را در کاهش شوری خاک داشته است، هر چند تیمار شاهد نیز EC به نسبت کمی را نشان می‌دهد. با افزودن مواد آلی به تنهایی و یا همراه گچ و در نتیجه آبیاری با آب تیمار شده با اسید سولفوریک، شوری خاک حتی نسـبت به تیمار شاهد افزایش یافته است. این افزایش شوری در حضور اسید سولفوریک، احتمالاً به افزایش یون‌های محلول در نتیجه انحلال کانی‌ها ارتباط دارد که ناشـی از افزایش فشـار دی اکسید کربن (Sekhon و Bajwa، ۱۹۹۳) و یا تشـکیل اسیدهای آلی (Wong و همکاران ۲۰۰۹) رخ می‌دهد. در بین تیمارهای مورد مطالعه در حضور اسید سولفوریک، کود گاوی کمترین کارایی را در کاهش شوری خاک نشان داد. این یافته با نتایج Hao و Chang (۲۰۰۳) با اسـتفاده از کود دامی همخوانی دارد. بیشترین کاهش شـوری در حضور اسـید سـولفوریک مربوط به تیمار گـچ بود که با مشاهدات Clark و همکاران (۲۰۰۷) تناقض دارد.

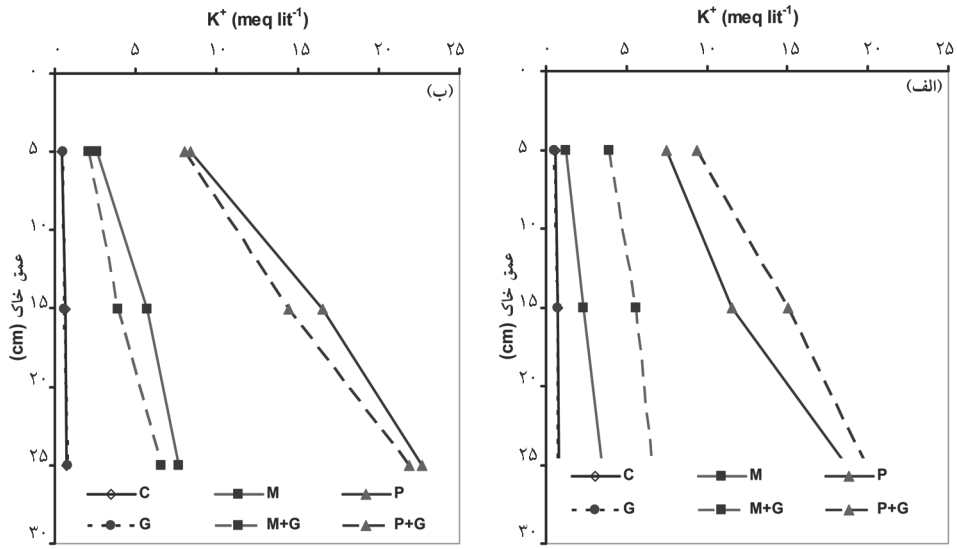
تغییرات عمقی نسبت جذب سدیم

تأثیـر اصلاح‌کننده‌هـای مختلف بـر مقدار SAR نهایـی در عمق‌های مختلـف خاک پـس از آبیاری با آب معمولی در شـکل ۶ الف نشـان داده شـده است. میزان SAR در سـطح خاک حداقل بوده و به‌تدریج به سمت عمق‌های بیشـتر افزایش می‌یابد. افزایش غلظت سـدیم با عمق (شـکل ۱ الف) و عدم تغییر غلظت کاتیون‌های دوظرفیتی (شکل‌های ۳ الف و ۴ الف) باعث افزایش مقدار SAR با عمق شـده است. کاهش محسوس SAR برای همه تیمارها و از جمله تیمار شـاهد این واقعیت را نشـان می‌دهد که بدون استفاده از هر اصلاح‌کننده‌ای و صرفاً از طریق آبشویی می‌توان SAR خاک شـور و سدیمی حاوی منبع کلسیم (آهک) را تا حد قابل قبولی کاهش داد. ایـن واقعیت وقتی اهمیت بیشـتری پیدا می‌کند که پس از افزودن اسـید سـولفوریک به آب آبیاری، تیمار شاهد کمترین SAR را دارد (شکل ۶ ب). خاک‌های آهکی به‌دلیل داشـتن منبع کلسیم این قابلیت را دارند که تحت شـرایطی، کلسیم را جایگزین سدیم تبادلی نموده و میزان SAR را کاهش دهند، این شـرایط زمانی بهبود می‌یابد که اسـید سـولفوریک همراه با آب آبیاری مورد اسـتفاده قرار گیرد. اسـید سولفوریک حلالیت آهک را افزایش

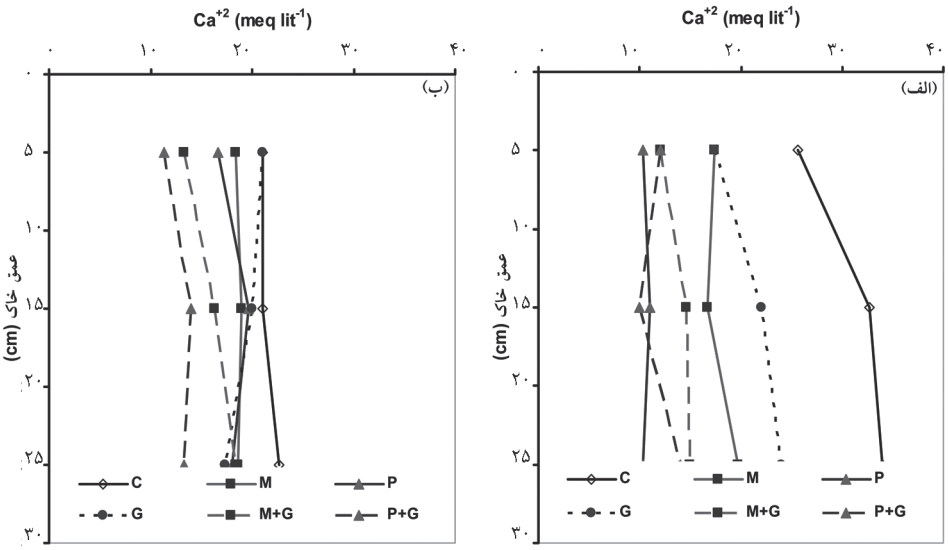


جدول ۱- برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

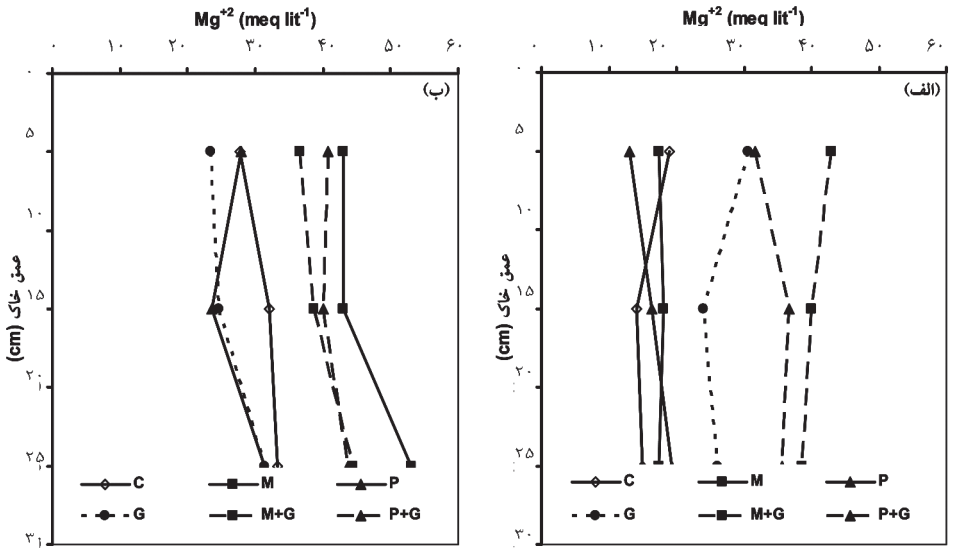
داده بنابرایـن، باعث رهاسـازی کلسـیم و قرار گرفتن آن بـر روی مکان‌های تبادلی به جای سـدیم می‌شـود. با افزودن گچ به خـاک، میزان SAR تفاوت معنی‌داری با تیمار شـاهد ندارد (شکل ۶ الف). این در حالیست که Qadir و همـکاران (۱۹۹۶) و Muraoka و Dos Santos (۲۰۰۶) دریافتند که گچ باعث کاهش SAR می شـود. ترکیب گچ و کود گاوی کمترین و ترکیب گچ و تفاله پسته بیشترین کارایی را در کاهش SAR داشته اند. استفاده از اسید سولفوریک با آب آبیاری (شکل ۶ ب) باعث شده که میزان SAR بویژه در لایه سـطحی به کمتر از مقادیر مربوط به تیمار آب معمولی برسد. در حضور اسید سـولفوریک دو تیمار گچ و شاهد بیشـترین کاهش SAR را نشان می دهند. مقایسه دو شکل ۶ الف و ب، نشان می‌دهد که اسید سولفوریک نسبت به گچ، کارایی بیشـتری در کاهش SAR داشته است. در حضور اسید سولفوریک در شـرایطی که مواد آلی با گچ ترکیب شـده‌اند، نسـبت به کاربرد مجزای آنها، SAR کمتر کاهش یافته است. کود گاوی نسبت به تفاله پسته، قابلیت کمتری در کاهش SAR داشـته که علت آن به میزان بیشـتر سـدیم ارتباط دارد. در آبیـاری با آب معمولی، تفاله پسـته به‌دلیل تولید اسـیدهای آلی (Wong و همـکاران ۲۰۰۹)، باعث افزایـش حلالیت منابع کلسـیم‌دار موجود در خاک نظیر آهک شـده و با رهاسازی کلسیم، میزان SAR را کاهش داده است. این در حالیسـت که هر چند کود گاوی، خاصیت تولید اسیدهای آلی را دارد، ولی مقدار قابل توجهی سدیم به خاک می‌افزاید. در حضور اسید سولفوریک، به‌نظر می‌رسد که اسید با سرعت بیشتری در فعل و انفعالات دخالت نموده و کارایی تیمار شـاهد را که خود دارای منبع کلسیم می‌باشد، در کاهش SAR افزایش داده است.



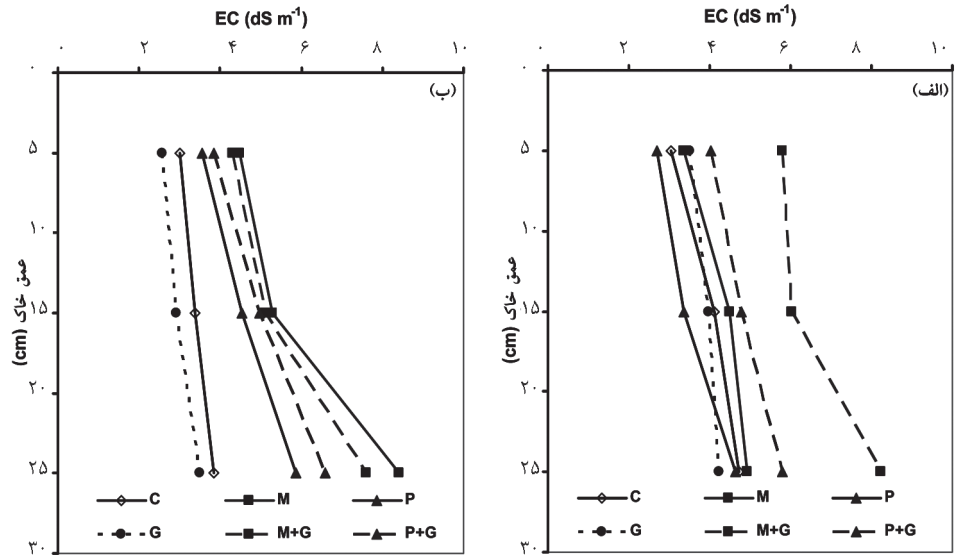
شکل ۲- توزیع عمقی پتاسیم برای تیمارهای مورد مطالعه و آبیاری با آب معمولی (الف) و آب تیمارشده با اسید سولفوریک (ب)



www.SID.ir



شکل ۴- توزیع عمقی منیزیم برای تیمارهای مورد مطالعه و آبیاری با آب معمولی (الف) و آب تیمارشده با اسید سولفوریک (ب)

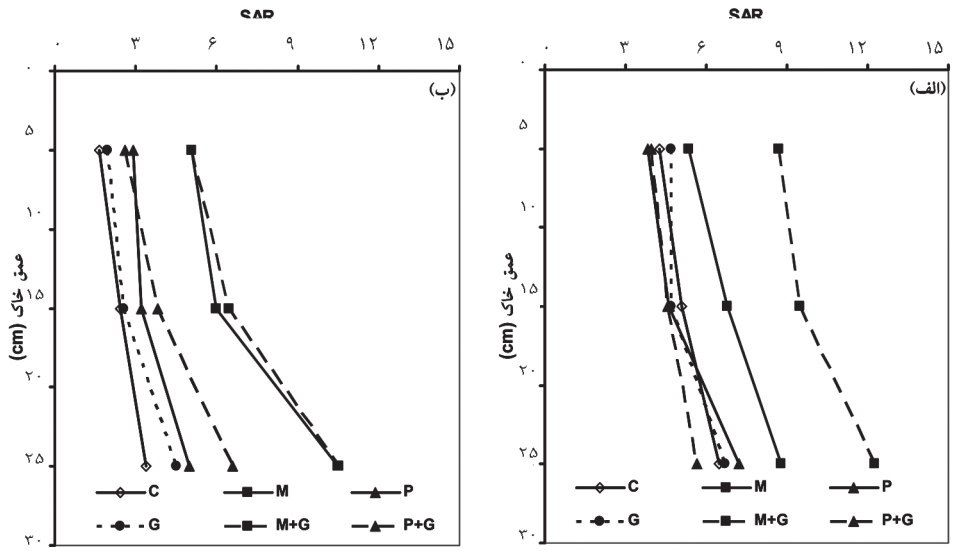


شکل ۵- توزیع عمقی EC برای تیمارهای مورد مطالعه و آبیاری با آب معمولی (الف) و آب تیمارشده با اسید سولفوریک (ب)

نتیجه گیری

پس از عملیات اصلاح، در اثر آبشـویی مقدار کاتیون های تک ظرفیتی و همچنین میزان EC و SAR در لایه سـطحی کاهش بیشـتری نسبت به عمق داشتند. بر عکس، کاتیون‌های دوظرفیتی کلسیم و منیزیم دارای روند افزایشی چندانی با عمق نبودند. این یافته مشخص می کند که کاتیون‌های تک‌ظرفیتـی در فاز محلول انتقال پذیری بیشـتری نسـبت به کاتیون‌های دوظرفیتـی دارند. نتایج همچنین نشـان داد که در مقایسـه با گچ، اسـید سـولفوریک کارایی بیشتری در کاهش SAR داشته است. کاهش محسوس EC و SAR برای همه تیمارها و از جمله تیمار شـاهد این واقعیت را نشان می دهد که بدون استفاده از هر ماده اصلاح‌کننده‌ای و تنها با آبیاری می‌توان شوری و اثر سدیم را در خاک تا حد زیادی کاهش داد. در خاک آهکی، بدون کاربرد مواد آلی و با اسـتفاده از آبیاری همراه با اسـید سـولفوریک می‌توان غلظت سـدیم محلول را نسـبت به آب معمولی کاهش داد. بسته به کیفیت آب آبیاری، تفاله پسـته و گچ بیشـترین کارایی را در کاهش EC و SAR داشـتند. در مجمـوع یافته‌های این تحقیق اهمیـت و کارایی مطلوب تفاله پسـته را در اصلاح خاک‌های شور و سـدیمی تحت آبیاری معمولی روشن ساخت.

www.SID.ir



شکل ۶- توزیع عمقی SAR برای تیمارهای مورد مطالعه و آبیاری با آب معمولی (الف) و آب تیمارشده با اسید سولفوریک (ب)

پاورقی ها

1- EC: Electrical Conductivity

2- SAR: Sodium Adsorption Ratio

منابع مورد استفاده

1- Akhtar, M. S., Steenhuis, T. S., Richards, B. K. and McBride, M. B. (2003) Chloride and lithium transport in large arrays of undisturbed silt loam and sandy loam soil columns. *Vadose Zone J*. 2, 715-727.

2- Amezketa, E., Aragues, R. and Gazol, R. (2005) Efficiency of sulfuric acid, mined gypsum and two gypsum by-products in soil crusting prevention and sodic soil reclamation. *Agron. J*. 97, 983-989.

3- Ammari, T. G., Tahboub, A. B., Saoub, H. M., Hattar, B. I. and Al-Zubi, Y. A. (2008) Salt removal efficiency as influenced by phyto-amelioration of salt-affected soils. *J. Food Agri. Environ*. 6, 456-460.

4- Anapali, O., Sahin, V., Oztas, T. and Hanay, A. (2001) Defining effective salt leaching regions between drains. *Turk. J. agric*. 25, 51-56.

5- Boivin, P., Favre, F., Hammecker, C., Maeght, J. L., Delariviere, J., Poussin, J. C. and Wopereis, M. C. S. (2002) Processes driving soil solution chemistry in a flooded rice-cropped vertisol: analysis of long-time monitoring data. *Geoderma*. 110, 87-107.

6- Chorom, M. and Rengasamy, P. (1997) Carbonate chemistry, pH and physical properties of an alkaline sodic soil as affected by various amendments. *Aust. J. Soil Res*. 35, 149-161.

7- Clark, G. J., Dodgshun, N., Sale, P. W. G. and Tang, C. (2007) Changes in chemical and biological properties of a sodic clay subsoil with addition of organic amendments. *Soil Biol. Biochem.* 39, 2806-2817.

8- David, R. and Dimitrios, P. (2002) Diffusion and cation exchange during the reclamation of saline structured soils. *Geoderma*. 107, 271-279.

9- Elsharawy, M. A. O., Elbording, M. M. and Sedeka, A. A. (2008) Improvement of a salt affected soil on Bahr EL-Bakar Area using certain industrial by products. *J. Appl. Sci. Res*. 47, 839-846.

10- Flagella, Z., Cantore, V., Giuliani, M. M., Tarantino, E. and De Caro, A. (2002) Crop salt tolerance. Physiological, yield and quality aspects. Rec. Res. Dev. *Plant Biol*. 2, 155-186.

11- Halliwell, D. J., Barlow, K. M. and Nash, D. M. (2001) A review of the effects of wastewater sodium on soil physical properties and their implications for irrigation systems. *Aust. J. Soil Res*. 39, 1259-1267.

12- Hamlen, C. J. and Kachanoski, R. G. (2004) Influence of initial and boundary conditions on solute transport through undisturbed soil columns. *Soil Sci. Soc. Am. J*. 68, 404-416.

13- Hanay, A., Buyuksanmz, F., Kiziloglu, F. M. and Canbolat, M. V. (2004) Reclamation of saline-sodic soils with gypsum and MSW compost. *Compost Sci.* Util. 12(4), 175-179.

14- Hao, X. and Chang, C. (2003) Does long-term heavy cattle manure application increase salinity of a clay loam soil in semi-arid southern Alberta? *Agri. Ecos. Envir*. 94, 89-103.

Archive of SID

www.SID.ir

15- Katerji, N., Van Hoorn, J. W., Hamdy, A., Mastrorilli, M. and Oweis, T. (2005) Salt tolerance analysis of chickpea, faba bean and durum wheat varieties I. Chickpea and faba bean. *Agri. Water Manag*. 72, 177-194.

16- Keren, R. (1996) *Reclamation of sodic-affected soils.* In: Agassi, M. (Ed.), Soil Erosion, Conservation and Rehabilitation. pp. 353-374. Marcel Dekker Inc, New York.

17- Li, F. H. and Keren, R. (2009) Calcareous sodic soil reclamation as affected by corn stalk application and incubation: A laboratory study. *Pedosphere*. 19(4), 465-475

18- Mitchell, J. P., Shennan, C., Singer, M. J., Peters, D. W., Miller, R. O., Prichard, T., Grattan, S. R., Rhoades, J. D., May, D. M. and Munk, D. S. (2000) Impacts of gypsum and winter cover crops on soil physical properties and crop productivity when irrigated with saline water. *Agri. Water Manag*. 45, 55-71.

19- Mostafazadeh-Farad, B., Heidarpour, M. Aghakhani, A. and Feizi, M. (2007) Effects of irrigation water salinity and leaching on soil chemical properties in an arid region. *Int. J. Agri. Biol*. 9(3), 466-469.

20- Muraoka, T, and Dos Santos, R. V. (2006) *Nutrition of vigha plants on a gypsum amended saline- sodic soils.* Springer Netherlands, 7105, 438-439.

21- Oster, J. D. (1982) Gypsum usage in irrigated agriculture: A review. *Fertil. Res*. 3, 73-89.

22- Page, A. L., Miller, R. H. and Jeeney, D. R. (1992a) *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical properties*. SSSA Pub., Madison. 1750 p.

23- Page, A. L., Miller, R. H. and Jeeney, D. R. (1992b) Methods of Soil Analysis, Part 2. *Chemical and mineralogical properties.* SSSA Pub., Madison. 1159 p.

24- Pessarakli, M. and Szabolics, I. (1999) *Soil salinity and sodicity as particular plant/crop stress factors*. In: Pessarakli, M. (Ed.), Handbook of Plant and Crop Stress. pp. 1-16. 2nd ed., Marcel Dekker, New York,

25- Qadir, M. and Oster, J. D. (2004) Review, Crop and irrigation management strategies for saline-sodic soils and waters aimed at environmentally sustainable agriculture. *Sci. Total Envir.* 323, 1-19.

26- Qadir, M., Qureshi R. H. and Ahmad, N. (1996) Reclamation of a saline-sodic soil by gypsum and *Leptochloa fusca. Geoderma.* 74, 207-217.

27- Qadir, M. and Schubert, S. (2002) *Degradation processes and nutrient constraints in sodic soils.* Land Deg. Dev. 13, 275-294.

28- Quirk, J. P. (2001) The significance of the threshold and turbidity concentrations in relation to sodicity and microstructure. *Aust. J. Soil Res.* 39, 1185-1217.

29- Qureshi, A. S., Qadir, M., Heydari, N., Turral, H. and Javadi, A. (2007) *A Review of Management Strategies for Salt-prone Land and Water Resources in Iran. International Water Management Institute*. Working paper 125, 24p.

30- Sadiq, M., Hassan, 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.

31- Sekhon, B. S. and Bajwa, M. S. (1993) Effect of organic matter and gypsum in controlling soil sodicity in rice-wheat-maize system irrigated with sodic waters. *Agri. Water Manag*. 24, 15-25.

32- Singh, H. and Bajwa, M. S. (1991) Effect of sodic irrigation and gypsum on the reclamation of sodic soil and growth of rice and wheat plants. *Agri. Water Manag*. 20(2), 163-171.

33- Smith, D. C., Beharee, V. and Hughes, J. C. (2001) The effects of composts produced by a simple composting procedure on the yields of Swiss chard (**Beta vulgaris** L. var. flavescens) and common bean (*Phaseolus vulgaris* L. var. nanus). *Sci. Hortic*. 91, 393-406.

34- Tejada, M., Garcia, C., Gonzalez, J. L. and Hernandez, M. T. (2006) Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: Influence on the physical, chemical and biological properties of soil. Soil Bio. *Biochem*. 38, 1413-1421.

35- Valzano, F. P., Murphy, B. W. and Greene, R. S. B. (2001) The long term effects of lime ($CaCO_3$), gypsum ($CaSO_4.2H_2O$), and tillage on the physical and chemical properties of a sodic red-brown earth. *Aust. J. Soil Res*. 39, 1307-1331.

36- Van der Zee, S. E. A. T. M., Shah, S. H. H., Van Uffelen, C. G. R., Raats, P. A. C. and dal Ferro, N. (2010) Soil sodicity as a result of periodical drought. *Agri. Water Manag*. 97, 41-49.

37- Vance, W. H., Tisdell, J. M. and McKenzie, B. M. (1998) Residual effects of surface application of organic matter and calcium salts on the sub-soil of a red-brown earth. *Aust. J. Exp. Agri.* 38, 595-600.

38- Villa-Castorena, M., Ulery, A. L., Catalan-Valencia, E. A. and Remmenga, M. D. (2003) Salinity and nitrogen rate ef fects on the growth and yield of Chilli Pepper plants. *Soil Sci. Soc.* Am. J. 37, 1781-1789.

39- Walker, D. J. and Bernal, M. P. (2008) The effects of olive mill waste compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil. *Biores. Tech*. 99, 396-403.

40- Wong, V. N. L., Dalal, R. C. and Greene, R. S. B. (2009) Carbon dynamics of sodic and saline soils following gypsum and organic material additions: A laboratory incubation. *Appl. Soil Ecol.* 41, 29-40.

Archive of SID

www.SID.ir