

## اثرات استفاده از برخی به‌سازهای آلی و گچ در یک خاک شور و سدیمی

حسین میرسید حسینی<sup>۱\*</sup>، طاهره مسلمی کلوانی<sup>۲</sup>، ارژنگ فتحی گردلیدانی<sup>۳</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۱/۲۶)

### چکیده

اصلاح خاک‌های شور و سدیمی معمولاً از طریق آبشویی نمک اضافی و به روش‌های شیمیایی، فیزیکی و زیستی و همچنین با استفاده از به‌سازهای معدنی و آلی انجام می‌شود. آزمایش انکوباسیون با استفاده از ستون‌هایی از جنس پلی اتیلن جهت بررسی اثر کاربرد ۴ به‌ساز آلی و معدنی در یک خاک شور و سدیمی ( $EC=18/7$  dS  $m^{-1}$  و  $SAR=33$ ) انجام شد. تیمارها شامل؛ کود سبز، کود دامی، بقایای گیاهی، گچ و شاهد بودند. جهت آبیاری ستون‌ها از آب منطقه مورد مطالعه با  $EC=2/19$  dS  $m^{-1}$  استفاده شد. تغییرات برخی از شاخص‌های شوری و سدیمی و غلظت عناصر در نمونه‌های خاک ستون‌ها در فواصل ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ روز در عمق‌های ۰-۱۰، ۱۰-۲۰ و ۲۰-۳۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری و مقایسه گردید. نتایج نشان داد که تیمارهای آلی به ویژه کود سبز در مقایسه با شاهد در طی دوره ماند pH خاک را به‌طور معنی‌داری ( $P<0.01$ ) کاهش دادند. کاربرد همه به‌سازها EC خاک را در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری ( $P<0.01$ ) افزایش دادند. بیشترین مقدار EC در تیمار کود سبز و بعد از آن به‌ترتیب در گچ، بقایای گیاهی و کود دامی مشاهده شد. گچ و کود سبز در مقایسه با شاهد SAR خاک را به‌طور معنی‌داری ( $P<0.01$ ) کاهش دادند که گچ موثرترین تیمار بود. کاربرد کود دامی تغییری در SAR خاک نشان نداد ولی بقایای گیاهی نسبت به شاهد SAR را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. در تیمار گچ و کود سبز، غلظت کلسیم و منیزیم در محلول خاک به‌طور معنی‌داری ( $P<0.01$ ) افزایش مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: آزمایش ستونی، اصلاح، کود دامی، کود سبز

۱- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران (مکاتبه کننده)

۲- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران و کارشناس فضای سبز شهرداری کرج

۳- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران

\* پست الکترونیک: [mirseyed@ut.ac.ir](mailto:mirseyed@ut.ac.ir)

## مقدمه

بر اساس گزارش فائو در سال ۲۰۰۰ حدود یک میلیارد هکتار از اراضی جهان متأثر از مسئله شوری و سدیمی است (Squires & Glenn, 2009). این مسئله در مناطق خشک و نیمه خشک و اراضی با زهکشی نامطلوب بیشتر دیده می‌شود. افزایش مداوم نمک با مدیریت غلط در آبیاری نیز بروز پیدا می‌کند. در ایران خاک‌های شور و سدیمی، وسعتی حدود ۱۵ تا ۲۶ میلیون هکتار دارند (Chorom & Rengasamy, 1997). در شرایطی تجمع چشمگیر نمک در نیمرخ خاک نتیجه تجزیه و تخریب مواد مادری تشکیل دهنده خاک‌ها می‌باشد که به آن شوری اولیه می‌گویند. در مقابل استفاده از آب‌های دارای کیفیت پایین، روش‌های نامناسب آبیاری، بدون در نظر گرفتن شرایط ویژه تبخیر و نفوذ آب و از همه مهم‌تر، عدم توجه به زهکشی اراضی و در نتیجه کاهش فاصله سطح سفره آب زیرزمینی حاوی نمک تا سطح زمین، خاک‌ها را به شوری ثانویه مبتلا و بر وسعت اراضی شور افزوده است (Elias Azar, 2006). تجمع نمک‌های مختلف و شور و سدیمی شدن خاک محدودیتی مهم در کشاورزی است. بنابراین مسئله اصلاح و آبشویی خاک‌های شور و سدیمی، جهت افزایش سطح زیر کشت و یا بالا بردن عملکرد محصول در واحد سطح، مورد توجه قرار گرفته است.

مطالعاتی پرشمار در زمینه اصلاح خاک‌های شور و سدیمی در شرایط مزرعه (Qadir *et al.*, 1996; Pessaraki & Szabolics, 1999; Valzano *et al.*, 20001; Qureshi *et al.*, 2007) و یا آزمایشگاه (Gharaibeh *et al.*, 2011) انجام شده است. اصلاح خاک‌های شور و سدیمی در مزرعه با استفاده از روش‌های مختلف از جمله اصلاح فیزیکی (شخم عمیق، زیرشکنی، ماسه‌گذاری، برگرداندن پروفیل) و اصلاح شیمیایی (اصلاح خاک با مواد گوناگون گچ، کلرید کلسیم، سنگ آهک، اسید سولفوریک، گوگرد، سولفات آهن) انجام می‌شود. اصلاح خاک‌های شور و سدیمی از طریق روش‌های زیستی نیز انجام می‌شود که در آن از ماده آلی زنده و یا مرده (گیاهان، ساقه، کلش، کود سبزی، کود حیوانی، کمپوست، لجن فاضلاب) استفاده می‌شود (Matsumoto *et al.*, 1994; Wang & Li, 1990).

بهبود ساختمان خاک و نفوذپذیری دو تغییر اساسی در اصلاح خاک‌های شور و سدیمی محسوب می‌شود که

موجب افزایش آبشویی نمک‌ها، کاهش تبخیر سطحی و مهار تجمع نمک در لایه‌های سطحی همچنین انتشار بهتر دی اکسید کربن در طول تنفس و تجزیه ماده آلی می‌شود. افزودن ماده آلی به خاک‌های شور و سدیمی، می‌تواند سبب تسریع آبشویی سدیم، کاهش درصد سدیم تبادلی<sup>۱</sup> و هدایت الکتریکی<sup>۲</sup> و افزایش نفوذ آب، ظرفیت نگهداری آب، و پایداری خاکدانه گردد (Lax *et al.*, 1994; Qadir *et al.*, 2001). در شرایط مزرعه، بر سی تغییرات زمانی و مکانی حرکت املح مشکل است. بنابراین، برخی پژوهشگران از ستون خاک در شرایط قابل کنترل آزمایشگاهی استفاده نموده‌اند (Hamlen & Kachanoski, 2004; Keren & Li, 2009). اساس بیشتر روش‌های موثر مینی برحذف و جایگزینی سدیم تبادلی و تغییر ترکیب یونی خاک توسط مواد شیمیایی اضافه شده و همزمان آبشویی نمک‌های سدیم از نیمرخ خاک می‌باشد (Chhabra, 1996).

هانی و همکاران (Hanay *et al.*, 2004) در اصلاح خاک‌های شور و سدیمی در ترکیه نشان دادند که کاربرد ۵۰ تن در هکتار گچ همراه با ۱۵۰ تن در هکتار کمپوست فضولات شهری به طور موثری این خاک‌ها را اصلاح می‌کند. وان روین و وبر (Van Rooyen & Weber, 1997) در مطالعه تأثیرات بلندمدت پنج به ساز شامل؛ گچ، گوگرد، سولفات پتاسیم، کود حیوانی و ملاس نیشکر روی یک خاک شور و سدیمی در آفریقای جنوبی دریافتند که گچ و گوگرد در یک دوره بلند مدت تأثیرات مطلوبی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک دارد. برزگر و همکاران (Barzegar *et al.*, 1997) دریافتند که کاربرد ماده آلی در خاک‌های شور و سدیمی می‌تواند سبب تسریع آبشویی سدیم، افزایش درصد خاکدانه‌های پایدار در آب و کاهش EC، ESP و شوری خاک گردد. همچنین ویچرن و همکاران (Wichern *et al.*, 2005) گزارش دادند که افزودن کلش ذرت به یک خاک شور اثرات منفی شوری بر جامعه میکروبی و معدنی شدن را کاهش داد. مرتضی و همکاران (Murtaza *et al.*, 2006) در یک خاک شور و سدیمی در پاکستان از دو به‌ساز کود حیوانی و گچ استفاده کردند و نتیجه گرفتند که گچ (به مقدار ۱۰۰ درصد نیاز گچی) نسبت به کود حیوانی (به مقدار ۲۵ تن در هکتار) تأثیر بیشتری دارد.

2- Electrical Conductivity (EC)

1- Exchangeable Sodium Percentage (ESP)

در ۱۰۰ گرم، (۲) کلش گندم به مقدار ۱۹/۲۳ گرم در کیلوگرم، (۳) کود دامی به مقدار ۱۹/۱ گرم در کیلوگرم، (۴) کود سبز به مقدار ۱۱۸/۸۵ گرم در کیلوگرم و (۵) شاهد اساس انتخاب مقدار تیمارهای آلی، رساندن ماده آلی خاک به سطح ۲ درصد بوده و به دلیل اختلاف وزن مخصوص آن‌ها، مقادیر متفاوت بود. در تیمار بقایای گیاهی با توجه به بالا بودن نسبت C/N نیاز نیتروژن آن محاسبه و به شکل کود اوره به ستون‌ها اضافه گردید. مواد به‌ساز آلی دارای ویژگی‌های شیمیایی و تا حدودی فیزیکی متفاوتی بودند (جدول ۲). این مواد پس از یکنواخت‌سازی با خاک ستون‌ها به خوبی مخلوط شدند. ستون‌ها در شرایط دمای (۲۸-۲۴ درجه سلسیوس) و تهویه مناسب در داخل انکوباتور نگهداری شدند. در طول دوره آزمایش رطوبت ستون‌ها در حد ۸۰ درصد ظرفیت زراعی، با استفاده از آب چاه منطقه مورد مطالعه (جدول ۳) و به روش وزنی حفظ گردید. جهت کنترل تبخیر روی نمونه‌ها با نایلون سوراخ‌دار پوشیده شد و برای فواصل زمانی، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ روز از ستون‌ها نمونه فرعی تهیه گردید. جهت نمونه‌برداری از عمق‌های مختلف ستون‌ها از اوگر علامت‌گذاری شده استفاده شد. قبل از هر نمونه برداری ستون‌ها با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب (ترکیب آب منطقه با آب مقطر) با EC برابر  $1 \text{ dS.m}^{-1}$  آبشویی شدند. نمونه‌های تهیه شده خاک ستون‌ها هوا خشک گردید و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. سپس ویژگی‌هایی مانند؛ EC، pH، کربنات و بی‌کربنات، کلر، کلسیم، منیزیم، پتاسیم و سدیم در خاک ستون‌ها اندازه‌گیری و پارامتر SAR محاسبه گردید. در پایان برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم افزار SAS نسخه ۹/۱، مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD استفاده شد.

### نتایج و بحث

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس نتایج ارائه شده، بافت خاک رسی، میانگین هدایت الکتریکی عصاره ۱:۱ خاک برابر با  $18/7 \text{ dS.m}^{-1}$  و میانگین نسبت جذب سدیم نمونه خاک برابر با ۳۳ می‌باشد. بنابراین بر اساس طبقه‌بندی آزمایشگاه شوری خاک ایالات متحده آمریکا (Richards, 1954)، خاک مورد آزمایش جزو خاک‌های شور و سدیمی طبقه‌بندی می‌شود.

در کشور ما محدودیت‌های بهره‌برداری مانند کمبود آب و خشکسالی هر ساله مشکل شور و سدیمی شدن را افزایش داده و بخشی از اراضی کشاورزی را غیر قابل استفاده می‌نماید. در خاک‌های کشاورزی دارای کمبود ماده آلی، مانند خاک‌های منطقه اختراآباد (استان تهران) افزودن ماده آلی می‌تواند راه‌کار مناسبی باشد. هدف از این مطالعه مقایسه اثرات استفاده از برخی به‌سازهای آلی با گچ بر شاخص‌های شوری و سدیمی در نمونه‌ای از خاک منطقه اختراآباد بود.

### مواد و روش‌ها

خاک مورد استفاده از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری منطقه اختراآباد استان تهران با ارتفاع ۱۲۸۵ متر از سطح دریا و طول جغرافیایی (E ۳۸' ۵۰°) و عرض جغرافیایی (N ۳۸' ۳۵°) برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. بعد از هوا خشک کردن و عبور دادن از الک ۲ میلی‌متری، برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مانند بافت خاک به روش هیدرومتری (Gee & Bauder, 1986)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش جایگزینی با استات آمونیوم (Chapman, 1965)، غلظت سولفات به روش استون (Richards, 1954)، کربن آلی به روش والکلی و بلک (Nelson & Sommers, 1982)، قابلیت هدایت الکتریکی و pH در عصاره ۱:۱ خاک به آب به ترتیب با هدایت‌سنج الکتریکی و pH متر (Rhoades, 1982)، کربنات کلسیم معادل به روش کلسیمتری (Nelson & Sommers, 1982)، درصد رطوبت ظرفیت مزرعه با دستگاه صفحات فشاری، کربنات و بی-کربنات به روش تیتراسیون، کلر به روش تیتراسیون با نترات نقره، کلسیم و منیزیم به روش کمپلکسومتری و تیتراسیون، سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری و شاخص قلیائیت خاک تعیین شد (جدول ۱). این پژوهش با ۵ تیمار در ۴ دوره زمانی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار با استفاده از ستون‌های خاک انجام گرفت. به این منظور ستون‌هایی از جنس پلی اتیلن به قطر ۱۰ و ارتفاع ۳۰ سانتیمتر با  $3/88$  کیلوگرم خاک عبور داده شده از الک ۴ میلی‌متر در تیمارهای مختلف آماده‌سازی شد. تیمارها بر اساس روش‌های اصلاحی متداول و شرایط محیطی منطقه انتخاب گردید و عبارت بودند از: (۱) گچ برابر با میزان نیاز گچی خاک منطقه به مقدار  $0/725$  گرم

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

Table 1. Some physical and chemical properties of studied soil

Property (unit)	Value	Property (unit)	Value
EC (dS m <sup>-1</sup> )	18.7	SAR	33
pH	8.05	*ESP	32.16
Na (meq l <sup>-1</sup> )	132.32	(Organic carbon) (%)	0.22
K (meq l <sup>-1</sup> )	3.2	(Calcium carbonate equivalent) (%)	31
Ca (meq l <sup>-1</sup> )	8	(Sand) (%)	17
Mg (meq l <sup>-1</sup> )	24	(Silt) (%)	35
Cl (meq l <sup>-1</sup> )	120	(Clay) (%)	48
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (meq l <sup>-1</sup> )	2	(Field capacity) (%)	20.28
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq l <sup>-1</sup> )	21	Bulk Density (g cm <sup>-3</sup> )	1.58
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq l <sup>-1</sup> )	20.4	CEC (meq 100 g <sup>-1</sup> soil <sup>-1</sup> )	33.5

\* مقدار ESP، از طریق رابطه  $ESP = \frac{100(-0.0126 + 0.01475 SAR)}{1 + (-0.0126 + 0.01475 SAR)}$  محاسبه گردید (Richards, 1954).

The ESP was calculated using this equation:  $ESP = \frac{100(-0.0126 + 0.01475 SAR)}{1 + (-0.0126 + 0.01475 SAR)}$  (Richards, 1954).

جدول ۲- برخی ویژگی‌های شیمیایی به‌سازهای آلی

Table 2. Some chemical properties of the organic amendments

Plant residues	Value		(Property (unit))
	Green manure	Manure	
0.4	0.585	0.21	Na (%)
3.51	0.206	2.97	K (%)
4.3	0.073	1.81	Ca (%)
1.8	0.084	0.47	Mg (%)
4.1	0.03	0.49	S (%)
0.43	11.5	25.33	EC (dS m <sup>-1</sup> )

و کود سبز به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار (۴/۳ و ۰/۷۳ درصد) و از نظر غلظت کل سدیم کود سبز با ۰/۵۸۵ درصد دارای بیشترین مقدار و کود دامی با ۰/۲۱ درصد دارای کمترین مقدار می‌باشد. نتایج تجزیه شیمیایی آب منطقه مورد مطالعه در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به اینکه مقدار هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم آب مورد استفاده برای آبیاری به ترتیب برابر با ۲/۱۹ و ۱/۳ می‌باشد، بنابراین این آب جزو آب‌های شور طبقه‌بندی می‌شود. براساس جدول راهنمای تفسیر کیفیت آب، این آب دارای شوری زیاد و از نظر سدیم دارای سدیم کم بوده، بنابراین در شرایط معمولی اگر نفوذپذیری خاک و زهکشی مطلوب نباشد، استفاده از آن برای آبیاری مناسب نمی‌باشد.

همچنین براساس طبقه‌بندی خاک‌های شور و سدیمی در ایران (Soil & Water Research Institute, 1989)، خاک مورد آزمون، از نظر شوری در کلاس S<sub>3</sub> (مشکل شوری زیاد) و از نظر سدیمی در کلاس A<sub>3</sub> (مشکل سدیمی شدید) قرار می‌گیرد. میانگین واکنش خاک برابر با ۸/۰۵ بوده و میانگین آهک برابر با ۳۱ درصد می‌باشد. مقدار کربن آلی خاک ناچیز و ۰/۲۲ درصد بود. سطوح تبدیلی خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری به میزان ۳۲/۱۶ درصد توسط یون سدیم اشغال شده است. برخی ویژگی‌های شیمیایی مواد آلی استفاده شده در جدول ۲ نشان داده شده است. براساس نتایج EC کود دامی، کود سبز و بقایای گیاهی به ترتیب ۲۵/۳۳، ۱۱/۵ و ۰/۴۳ dS.m<sup>-1</sup> می‌باشد. از نظر غلظت کل کلسیم، بقایای گیاهی

جدول ۳- ویژگی‌های شیمیایی آب منطقه مورد استفاده در این آزمایش

Table 3. Chemical properties of water used in this experiment

SAR	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca+Mg	Na	EC	pH
(meq l <sup>-1</sup> )				(dS m <sup>-1</sup> )	
1.3	4.5	13.33	3.44	2.19	7.2

## اثر به‌سازها بر pH خاک

با توجه به شکل ۱، اثر اصلی کاربرد مواد اضافه شده به خاک نشان دهنده کاهش pH به ۷/۶۶، ۷/۸۷ و ۷/۹۸ به ترتیب در تیمارهای کود سبز، کود دامی و بقایای گیاهی نسبت به شاهد با pH ۸/۱۵ بود در حالی که برای گچ تغییری مشاهده نشد. تفاوت بین تیمارها نسبت به شاهد به جز برای گچ معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) گردید. اختلاف بین تیمارها نشان دهنده تاثیر مقدار ماده آلی و احتمالاً میزان تجزیه آنها در طول دوره انکوباسیون می‌باشد. تجزیه ماده آلی به‌طور کلی موجب تولید اسیدهای آلی و ترکیباتی می‌شود که سبب تغییر در pH خاک می‌گردد که اغلب در جهت کاهش آن است. گودی و هال (Guidi & Hall, 1984) با کاربرد مواد آلی مختلف مشاهده کردند که به علت اسیدهای آلی و غیرآلی تشکیل شده در طی تجزیه مواد آلی مقادیر pH کاهش یافته است. در تیمار شاهد مقدار ماده آلی خاک بسیار کم بود و با انجام آبیاری در طی آزمایش بر مقدار سدیم و نمک خاک افزوده شد و در نتیجه pH خاک نیز افزایش پیدا کرده است. در تیمار گچ نیز میزان ماده آلی خاک با تیمار شاهد تفاوتی نداشت و انتظار تفاوت خاص و موثر بودن گچ در تغییرات pH از این لحاظ نمی‌رفت. قراییه و همکاران (Gharaibeh *et al.*, 2001) نیز با بررسی تاثیر گچ به تنهایی و همراه با سایر به‌سازها تغییر معنی‌داری در pH نسبت به شاهد مشاهده نکردند.

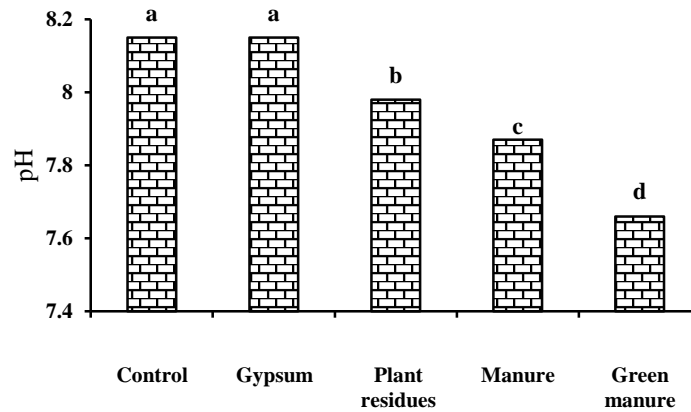
اثر متقابل تیمارها بر pH در زمان‌های مختلف در جدول ۴ ارائه شده است. با توجه به نتایج، تیمار کود سبز در بیشتر زمان‌ها دارای کمترین مقدار pH نسبت به شاهد بوده است و این تفاوت در زمان چهارم معنی‌دار گردید ( $P < 0.01$ ). این احتمال وجود دارد که در تیمار کود سبز به علت پایین بودن نسبت C/N ماده آلی در مقایسه با سایر تیمارها سریعتر تجزیه شده و روند کاهش pH در آن سریعتر است. در تیمار بقایای گیاهی و کود دامی نیز ابتدا کاهش pH و در زمان چهارم افزایش مشاهده گردید با این حال در زمان چهارم

pH این دو تیمار کمتر از شاهد بوده و تفاوت از لحاظ آماری معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) گردید. دلیل این افزایش pH ممکن است به علت ممانعت از خروج سدیم و در نهایت کاهش تاثیر این تیمارها باشد.

تاثیر عامل عمق (جدول ۴) نیز با توجه به روند آبشویی انجام شده قابل پیش‌بینی بود. تقریباً در اکثر تیمارها با افزایش عمق، pH افزایش یافت. در واقع با خروج بیشتر املاح و سدیم از سطح و تجمع آنها در لایه‌های پایینی، کمینه و بیشینه مقدار pH به ترتیب در عمق ۱۰- و ۳۰- سانتی‌متری مشاهده شد.

## اثر به‌سازها بر هدایت الکتریکی خاک (EC)

اثر تیمارهای مختلف بر قابلیت هدایت الکتریکی در شکل ۲ نشان داده شده است. کمترین مقدار EC در تیمار شاهد ( $10/66 \text{ dS m}^{-1}$ ) مشاهده گردید که نسبت به سایر تیمارها معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) است. زیرا تنها منبع ورودی نمک به این تیمار از طریق آب آبیاری می‌باشد. کود حیوانی حاوی مقادیر نسبتاً بالای نمک است (جدول ۲) که می‌تواند شوری خاک را افزایش دهد (Walker *et al.*, 2008). هاو و چانگ (۲۰۰۳) پس از مصرف کود گاوی، افزایش شوری خاک را گزارش دادند. لازم به ذکر است که در این پژوهش برای آبیاری ستون‌ها از آب منطقه مورد مطالعه با شوری نسبتاً بالا (جدول ۳) استفاده شد و میزان آب مصرفی با EC پایین جهت آبشویی هر ستون تنها ۱۰۰ میلی‌لیتر بوده است که این مقدار قادر به خارج کردن املاح تولید شده نبود و سبب افزایش EC در همه تیمارها گردید. در چند مطالعه با کاربرد مواد آلی مختلف به‌تنهایی (Rahman *et al.*, 1996) یا همراه با مواد معدنی از قبیل گچ و سولفات آهن (Udayasoorian *et al.*, 2009; Mahdy, 2011) در اصلاح خاک‌های شور و سدیمی کاهش در EC خاک نسبت به شاهد را گزارش کرده‌اند. در همه این مطالعات خاک‌های مورد آزمایش چندین مرحله یا حتی چند روز در معرض آبشویی قرار گرفته بودند.



شکل ۱- اثر اصلی تیمارهای مختلف بر pH خاک در طول دوره انکوباسیون. حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار آماری ( $P < 0.01$ ) می‌باشد.

Figure 1. The main effect of different treatments on soil pH during incubation period. Different letters indicate statistically significant differences ( $P < 0.01$ ).

جدول ۴- اثر متقابل تیمار در زمان و تیمار در عمق بر pH خاک

Table 4. Interaction between treatment\* time and treatment\* depth on soil pH

Treatment	Depth (cm)			Time (day)			
	20-30	10-20	0-10	160	120	80	40
Plant residues	8.04 <sup>ad</sup>	7.94 <sup>bd</sup>	7.96 <sup>bd</sup>	7.97 <sup>de</sup>	7.74 <sup>eg</sup>	8 <sup>de</sup>	8.22 <sup>bd</sup>
Manure	7.81 <sup>de</sup>	7.89 <sup>be</sup>	7.97 <sup>bd</sup>	7.78 <sup>eg</sup>	7.62 <sup>fg</sup>	8.02 <sup>de</sup>	8.15 <sup>cd</sup>
Green manure	7.96 <sup>bd</sup>	7.57 <sup>f</sup>	7.51 <sup>f</sup>	7.52 <sup>g</sup>	7.87 <sup>ef</sup>	7.62 <sup>fg</sup>	7.72 <sup>eg</sup>
Gypsum	8.26 <sup>a</sup>	8.12 <sup>ab</sup>	8.07 <sup>ac</sup>	7.77 <sup>eg</sup>	7.83 <sup>ef</sup>	8.58 <sup>a</sup>	8.42 <sup>ab</sup>
Control	8.04 <sup>ad</sup>	7.86 <sup>ce</sup>	7.70 <sup>ef</sup>	8.35 <sup>ab</sup>	7.73 <sup>eg</sup>	7.67 <sup>fg</sup>	7.73 <sup>eg</sup>

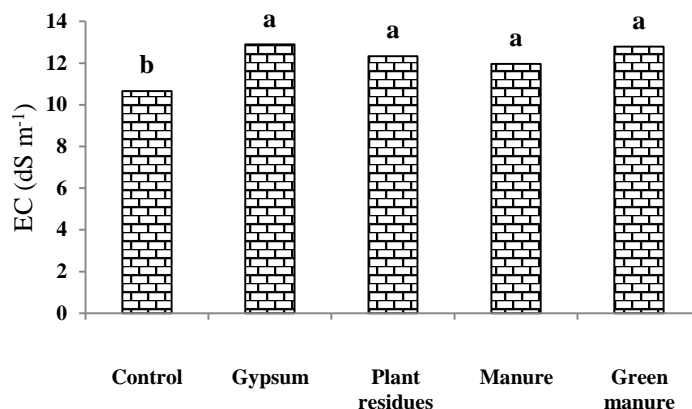
در هر سطر یا ستون، میانگین‌های دارای حروف یکسان، بدون تفاوت معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) می‌باشند.

In each row or column, means with the same letter are not significantly different ( $P < 0.01$ ).

زمان چهارم به کمترین مقدار خود رسیده است که می‌تواند ناشی از تاثیر مناسب آن‌ها در بهبود شرایط فیزیکی و در پی آن آبشویی بهتر املاح باشد.

نتایج اثر متقابل EC در عمق‌های مختلف (جدول ۵) نشان می‌دهد که با افزایش عمق در همه تیمار به علت تجمع نمک در لایه‌های پایین‌تر بر مقدار EC افزوده شده است و براساس میزان تاثیر این تیمارها بر آبشویی خاک، مقدار این افزایش متفاوت بوده است که حداقل این تاثیر مربوط به شاهد و حداکثر آن مربوط به تیمار بقایای گیاهی می‌باشد.

اثر متقابل تیمارها در زمان‌های مختلف در جدول ۵ نشان داده شده است. حداکثر مقدار EC در زمان اول در تیمار گچ مشاهده شد که احتمالاً به علت نمک افزوده شده به خاک و شرایط نامساعد جهت آبشویی می‌باشد و حداقل آن در شاهد بود که می‌تواند ناشی از دریافت کمتر نمک در این تیمار نسبت به سایر تیمارها باشد که با گذشت زمان به دلیل تجمع بر مقدار آن افزوده شد. در تیمار بقایای گیاهی نیز در زمان اول افزایش EC مشاهده می‌شود که می‌تواند به سبب تاثیر کود اوره اضافه شده باشد. در تیمارهای گچ و بقایای گیاهی با گذشت زمان EC کاهش پیدا کرده و در



شکل ۲- اثر اصلی تیمارهای مختلف بر EC خاک در طول دوره انکوباسیون.

حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار آماری ( $P < 0.01$ ) می باشد.

Figure 2. The main effect of different treatments on soil EC during incubation period. Different letters indicate statistically significant differences ( $P < 0.01$ ).

جدول ۵- اثر متقابل تیمار در زمان و تیمار در عمق بر EC خاک

Table 5. Interaction between treatment\* time and treatment\* depth on soil EC

Treatment	Depth (cm)			Time (day)			
	20-30	10-20	0-10	160	120	80	40
Plant residues	19.11 <sup>a</sup>	11.12 <sup>eg</sup>	6.8 <sup>i</sup>	11.6 <sup>df</sup>	11.72 <sup>cf</sup>	12.13 <sup>bf</sup>	13.92 <sup>bd</sup>
Manure	15.79 <sup>bc</sup>	11.88 <sup>df</sup>	8.26 <sup>hi</sup>	12.12 <sup>cf</sup>	11.45 <sup>df</sup>	14.23 <sup>ac</sup>	10.1 <sup>f</sup>
Green manure	16.78 <sup>b</sup>	12.72 <sup>de</sup>	8.75 <sup>gi</sup>	13.37 <sup>be</sup>	11.32 <sup>af</sup>	14.98 <sup>ab</sup>	11.36 <sup>df</sup>
Gypsum	16.78 <sup>b</sup>	13.34 <sup>de</sup>	8.64 <sup>gi</sup>	10.07 <sup>f</sup>	11.16 <sup>df</sup>	13.62 <sup>be</sup>	16.85 <sup>a</sup>
Control	13.77 <sup>cd</sup>	10.15 <sup>fh</sup>	8.10 <sup>hi</sup>	11.16 <sup>df</sup>	10.77 <sup>ef</sup>	11.27 <sup>df</sup>	9.48 <sup>f</sup>

در هر سطر یا ستون، میانگین‌های دارای حروف یکسان، بدون تفاوت معنی دار ( $P < 0.01$ ) می باشند.

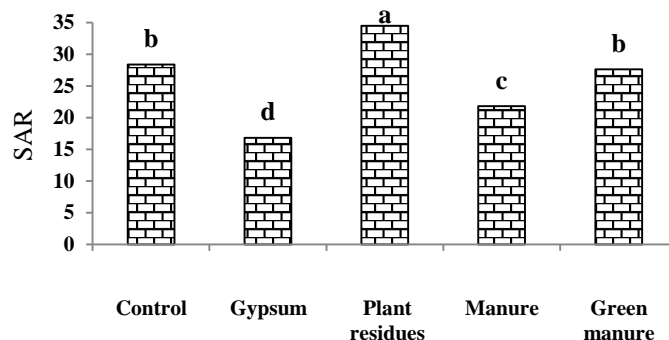
In each row or column, means with the same letter are not significantly different ( $P < 0.01$ ).

آزاد شدن این سدیم در محلول خاک به دنبال تجزیه آن می باشد. کو و همکاران (Koo *et al.*, 1990)، هانی و همکاران (Hanay *et al.*, 2004) و مرتضی و همکاران (Murtaza *et al.*, 2006) در مطالعات خود در زمینه اصلاح خاک‌های شور و سدیمی گچ را موثرترین ماده اصلاحی معرفی کردند. وان روین و وبر (Van Rooyen & Weber, 1997) نیز با بررسی تاثیر بلند مدت ۵ به‌ساز روی یک خاک شور و سدیمی در آفریقا بر اساس درصد کاهش SAR آنها را در ۳ گروه تقسیم کردند که گچ و گوگرد با بیشترین تاثیر در گروه اول، سولفات پتاسیم و ملاس نیشکر با تاثیر متوسط در گروه دوم و در نهایت کود دامی بدون داشتن تاثیر معنی دار در گروه سوم قرار داشتند. مقادیر SAR برای اثر متقابل هر تیمار در زمان‌های مختلف در جدول ۶ ارائه شده است. در تمام زمان‌ها تیمار گچ دارای کمترین مقدار SAR می باشد و همچنان که ملاحظه می‌گردد با گذشت زمان کمی افزایش نشان داده ولی این تغییرات معنی دار نشده است. تیمار کود دامی در زمان اول

اثر به‌سازها بر نسبت سدیم قابل جذب خاک (SAR) در بین تیمارها، گچ به طور معنی داری ( $P < 0.01$ ) بیشترین کاهش (۴۰ درصد) در SAR خاک نسبت به شاهد را موجب شد (شکل ۳). با حل شدن گچ و آزاد شدن یون کلسیم و به دنبال آن آبشویی سدیم به عمق‌های پایین‌تر سبب افزایش کلسیم و کاهش سدیم محلول و به عبارتی کاهش SAR می‌گردد (Suhayda *et al.*, 1997؛ Ilyas *et al.*, 1997). همچنین کاربرد گچ در خاک‌های با ساختمان ضعیف، باعث هم‌آوری ذرات خاک و افزایش نفوذپذیری شده و روند اصلاح را تسریع می‌کند (Hanny *et al.*, 2000؛ Mitchel *et al.*, 2004). کود دامی بعد از گچ بهترین اثر را در کاهش SAR نسبت به سایر تیمارها نشان داد. تیمار کود سبز اثر معنی داری در SAR نشان نداد. ولی تیمار بقایای گیاهی نسبت به شاهد سبب افزایش معنی دار ( $P < 0.01$ ) در SAR گردید (شکل ۳). احتمالاً این اثر به خاطر بالا بودن درصد سدیم بقایای گیاهی در مقایسه با سایر مواد آلی در نتیجه

در همه تیمارها کمترین مقدار SAR در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری بدست آمد (جدول ۶). با افزایش عمق به دلیل آبشویی سدیم محلول از لایه‌های سطحی به اعماق پایین‌تر SAR نیز به طور معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) افزایش پیدا کرده و به این ترتیب بیشترین مقدار SAR در عمق سوم مشاهده گردید.

و دوم تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد ندارد ولی در زمان سوم و چهارم سبب کاهش SAR شده که نسبت به شاهد این تفاوت معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) است. تیمار کود سبز در زمان اول و دوم SAR خاک را افزایش داد و در زمان سوم دارای کمترین مقدار بود که در مقایسه با شاهد تفاوت معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) نشان داد.



شکل ۳- اثر اصلی تیمارهای مختلف بر SAR خاک در طول دوره انکوباسیون حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار آماری ( $P < 0.01$ ) می‌باشد.

Figure 3. The main effect of different treatments on soil SAR during incubation period. Different letters indicate statistically significant differences ( $P < 0.01$ )

شاهد تفاوت معنی‌داری در غلظت کلسیم محلول ایجاد نکردند. مشابه غلظت کلسیم محلول، در تیمار گچ و کود سبز غلظت منیزیم محلول (جدول ۷) افزایش قابل توجهی نسبت به شاهد نشان داد. بر اساس گزارشات موجود در منابع افزایش غلظت منیزیم محلول در اثر استفاده از گچ احتمالاً به دلیل تشکیل زوج یون  $MgSO_4$  و تولید اسیدهای آلی و یا به عبارتی دیگر افزایش اسیدیته خاک و به دنبال آن افزایش حلالیت ترکیبات حاوی منیزیم از قبیل دولومیت می‌باشد. هرچند، تیمار کود دامی و بقایای گیاهی نسبت به کود سبز دارای منیزیم بیشتری بودند ولی نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری در غلظت منیزیم محلول در خاک ایجاد نکردند.

#### اثر تیمارها بر غلظت برخی کاتیون‌ها و آنیون‌ها در محلول خاک

در بین تیمارها، گچ و کود سبز تاثیر معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) در افزایش غلظت کلسیم محلول داشتند (جدول ۷). با حل شدن گچ و آزاد شدن یون کلسیم، غلظت کلسیم در محلول خاک افزایش می‌یابد (Koo *et al.*, 1990). تیمار کود سبز با وجود اینکه نسبت به دو تیمار آلی دیگر دارای محتوای کلسیم کمتری می‌باشد (جدول ۷) ولی در مقایسه با آنها غلظت کلسیم محلول را به طور معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) افزایش داده است. یکی از دلایل این موضوع می‌تواند به سبب کاهش قابل توجه pH در این تیمار (شکل ۱) و به دنبال آن افزایش انحلال کربنات کلسیم باشد. این درحالی است که استفاده از کود دامی و بقایای گیاهی در مقایسه با

جدول ۶- اثر متقابل تیمار در زمان و تیمار در عمق بر SAR خاک

Table 6. Interaction between treatment\* time and treatment\* depth on soil SAR

Treatment	Depth (cm)			Time (day)			
	20-30	10-20	0-10	160	120	80	40
Plant residues	46.4 <sup>a</sup>	31.48 <sup>b</sup>	25.51 <sup>cd</sup>	29.13 <sup>cd</sup>	30.97 <sup>bc</sup>	40.21 <sup>a</sup>	37.55 <sup>ab</sup>
Manure	29.26 <sup>bc</sup>	20.15 <sup>de</sup>	16.08 <sup>ef</sup>	21.45 <sup>fh</sup>	19.92 <sup>fh</sup>	23.35 <sup>dg</sup>	22.45 <sup>eg</sup>
Green manure	31.49 <sup>b</sup>	28.15 <sup>bc</sup>	23.22 <sup>cd</sup>	29.38 <sup>cd</sup>	23.20 <sup>dg</sup>	31.08 <sup>bc</sup>	26.84 <sup>cf</sup>
Gypsum	21.39 <sup>de</sup>	28.15 <sup>bc</sup>	23.22 <sup>cd</sup>	18.26 <sup>gh</sup>	19.69 <sup>gh</sup>	15.12 <sup>gh</sup>	14.11 <sup>h</sup>
Control	28.93 <sup>bc</sup>	28 <sup>bc</sup>	28.2 <sup>bc</sup>	30.27 <sup>c</sup>	31.09 <sup>c</sup>	30.92 <sup>c</sup>	21.23 <sup>fg</sup>

در هر سطر یا ستون، میانگین‌های دارای حروف یکسان، بدون تفاوت معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) می‌باشند.

In each row or column, means with the same letter are not significantly different ( $P < 0.01$ ).



جدول ۷- اثر تیمارها بر غلظت برخی کاتیون‌ها و آنیون‌های محلول در عصاره ۱:۱ خاک به آب

Table 7. The effect of treatments on concentration of soluble cations and anions in a 1:1 (soil: water) extract

Treatment	Anion (meq l <sup>-1</sup> )		Cation (meq l <sup>-1</sup> )			
	Cl	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> +HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	K	Na	Mg	Ca
Plant residues	117.21 <sup>a</sup>	27.68 <sup>a</sup>	1.95 <sup>b</sup> <sup>c</sup>	97.46 <sup>a</sup>	12.40 <sup>c</sup>	8.29 <sup>d</sup>
Manure	117.45 <sup>a</sup>	27.85 <sup>a</sup>	2.21 <sup>b</sup>	96.49 <sup>a</sup>	12.50 <sup>c</sup>	10.68 <sup>c</sup>
Green manure	116.37 <sup>a</sup>	15.75 <sup>b</sup>	2.61 <sup>a</sup>	99.24 <sup>a</sup>	13 <sup>b</sup>	12.97 <sup>b</sup>
Gypsum	117.9 <sup>a</sup>	9.44 <sup>c</sup>	2.01 <sup>b</sup> <sup>c</sup>	79.67 <sup>b</sup>	14.06 <sup>a</sup>	22.31 <sup>a</sup>
Control	101.1 <sup>b</sup>	15.96 <sup>b</sup>	1.78 <sup>c</sup>	85.11 <sup>b</sup>	12.32 <sup>c</sup>	8.71 <sup>cd</sup>

در هر سطر یا ستون، میانگین‌های دارای حروف یکسان، بدون تفاوت معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) می‌باشند.

In each row or column, means with the same letter are not significantly different ( $P < 0.01$ ).

نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد هر سه به‌ساز آلی با توجه به دوره ماند سبب کاهش چشمگیر pH خاک شدند که در این بین تیمار کود سبز بیشترین کاهش را در pH خاک ایجاد نمود اما تاثیر آن‌ها بر SAR به دلیل عدم یکنواختی و تفاوت در محتوی هر کدام یکسان نبود. کود سبز در افزایش مقدار کلسیم، منیزیم و پتاسیم در محلول خاک نیز موثرتر از سایر تیمارها عمل نمود. تاثیر متفاوت مواد آلی بکار رفته در خاک در ارتباط با ماهیت و میزان تجزیه‌پذیری آن‌ها است که می‌تواند معیار اصلی در کاربرد این گونه به‌سازها تلقی گردد. نتایج این پژوهش در برخی موارد موید و در برخی موارد مخالف یافته‌های سایر پژوهشگران بود، با این حال در مجموع مستندات در جهت توصیه استفاده از کود سبز و مواد آلی همراه با گچ در عملیات به‌سازی خاک‌های شور و سدیمی به‌دست می‌دهد. بر این اساس توصیه می‌شود در عملیات به‌سازی به همراه کشت به استفاده از کود سبز توجه بیشتری شود. اثر کاربرد به‌سازها با افزایش عمق در مورد کلیه شاخص‌ها منجر به افزایش در مقایسه با شاهد شد که بیانگر تاثیر در ویژگی‌های فیزیکی خاک نظیر ساختمان و نفوذپذیری است و امکان آبسویی بیشتر املاح در طول خاک‌رخ را فراهم نموده است. همچنین مشاهده شد که روند تغییرات EC خاک در صورت استفاده از آب با کیفیت پایین جهت آبیاری در حضور به-سازهای آلی و گچ قابل پیش‌بینی نیست و احتمالاً بستگی به میزان آبسویی و سرعت خروج املاح از خاک دارد.

#### تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه تهران و با استفاده از امکانات و تجهیزات گروه علوم و مهندسی خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی انجام شده که بدین وسیله از مراکز فوق تشکر و قدردانی می‌شود.

همان‌طور که در جدول ۷ نشان داده شده است، همه تیمارهای آلی غلظت سدیم محلول را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) افزایش داده‌اند. زیرا همه این مواد آلی حاوی سدیم می‌باشند که با گذشت زمان تجزیه شده و سبب افزایش غلظت سدیم در محلول خاک می‌شود. با این وجود برخی تحقیقات (Elsharawy, Tejada *et al.*, 2006) وجود برخی تیمارها با کاربرد مواد آلی در اصلاح خاک‌های شور و سدیمی، کاهش غلظت سدیم محلول را گزارش کرده‌اند. همان‌طور که قبلاً اشاره شد، این در حالی است که در همه این مطالعات آبسویی خاک به میزان کافی صورت گرفت.

با توجه به جدول ۷ ملاحظه می‌گردد، تیمار کود سبز و کود دامی در مقایسه با شاهد غلظت پتاسیم محلول در خاک را به شکل معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) افزایش دادند. تیمار بقایای گیاهی در مقایسه سایر تیمارهای آلی با وجود اینکه دارای بیشترین میزان پتاسیم (جدول ۲) است، ولی از آنجاییکه سرعت تجزیه پایینی دارد، کمترین غلظت پتاسیم محلول در خاک را نشان داد. در تیمار گچ نیز تفاوت معنی‌داری در غلظت پتاسیم محلول مشاهده نشد.

تیمار گچ مجموع غلظت کربنات و بی‌کربنات را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) کاهش داد (جدول ۷). تیمار کود سبز مجموع غلظت کربنات و بی‌کربنات در مقایسه با شاهد کاهش مشاهده شد ولی این تفاوت معنی‌دار نشد. در مقابل تیمار کود دامی و بقایای گیاهی، مجموع غلظت کربنات و بی‌کربنات را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) افزایش دادند. غلظت کلر در محلول خاک نیز (جدول ۷) در همه تیمارها در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) افزایش پیدا کرد.

#### نتیجه‌گیری کلی

## References

- Barzegar A.R., Nelson P.N., Oades J.M., and Rengasamy P. 1997. Organic matter, sodicity, and clay type: influence on soil aggregation. *Soil Science Society of America Journal*, 61: 1131–1137.
- Chapman H.D. 1965. Cation exchange capacity. In: Black C.A., Evans D.D., White L.J., Ensminger L.E., and Clark F.E. (Eds.), *Methods of Soil Analysis. American Society of Agronomy*, Madison, WI, pp. 891–901.
- Chhabra R. 1996. *Soil Salinity and Water Quality*. Oxford and IBH Publ., Co., New Delhi. 284p.
- Chorom M., and Rengasamy P. 1997. Carbonate chemistry, pH and physical properties of an alkaline sodic soil as affected by various amendments. *Australian Journal of Soil Research*, 35: 149-161.
- Elias Azar Kh. 2006. Reclamation of saline and sodic soils (soil and water management). Urmia University Press, 278p. (In Persian)
- 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. *Journal of Applied Science. Research*, 47: 839-846.
- Garcia C., Hernandez T., Pascual J.A., Moreno J.L., and Ros M. 2000. Microbial activity in soils of SE Spain exposed to degradation and desertification processes. Strategies for their rehabilitation. In: Garcia C., and Hernandez M.T. (Eds.), *Research and Perspectives of Soil Enzymology in Spain*. CEBAS-CSIC, Spain, pp.93–143.
- Gee G.W., and Bauder J.W. 1986. Particle- size analysis. In: Klute A. (Ed.). *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy*, Madison, WI, USA, pp. 383-411.
- Gharaibeh M.A., Eltaif N.I., and Albalasmeh A.A. 2011. Reclamation of Highly calcareous saline sodic soil using *Atriplex Halimus* and by-product gypsum. *International Journal of Phytoremediation*, 13: 873–883.
- Guidi G., and Hall J.E. 1984. Effect of sewage sludge on the physical and chemical properties of soils. *Journal of Indian Society of Soil Science*, 29: 129-131.
- Hamlen C.J., and Kachanoski R.G. 2004. Influence of initial and boundary conditions on solute transport through undisturbed soil columns. *Soil Science Society of America Journal*, 68: 404-416.
- Hanay A., Buyuksonmez F., Kiziloglu F.M., and Conbolat M.Y. 2004. Reclamation of saline– sodic soils with Gypsum and MSW compost. *Compost Science and Utilization*, 12: 175 –179.
- 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? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 94: 89-103.
- Ilyas M., Qureshi R.H., and Qadir M.A. 1997. Chemical changes in a saline sodic soil after gypsum application and cropping. *Soil Technology*, 10: 247 – 260.
- Koo J.W., Edling R.J., and Taylor V. 1990. A laboratory reclamation study for sodic soils used for rice production. *Agricultural Water Management*, 18: 243 –252.
- Lax A., Diaz E., Castillo V., and Albaladejo J. 1994. Reclamation of physical and chemical properties of a salinized soil by organic amendment. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 8: 9–17.
- Li F.H., and Keren R. 2009. Calcareous sodic soil reclamation as affected by corn stalk application and incubation: A laboratory study. *Pedosphere*, 19: 465-475.
- Mahdy A.M. 2011. Comparative Effects of Different Soil Amendments on Amelioration of Saline-Sodic Soils. *Soil and Water Research*, 6: 205–216.
- Matsumoto S., Zhao Q., Yang J., Zhu S., and Li L. 1994. Salinisation and its environmental hazard on sustainable agriculture in East Asia and its neighboring regions. In: 15<sup>th</sup> Congress of Soil Sciences, Mexico, pp. 236–255.
- 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. *Agricultural Water Management*, 45: 55-71.
- Murtaza G., Ghafoor A., and Qadir M. 2006. Irrigation and soil management strategies for using saline –sodic water in a cotton –wheat rotation. *Agricultural Water Management*, 81: 98–114.
- Nelson D.W., and Sommers L.E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Page, A.L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 2. 2<sup>nd</sup> Edition Agronomy Monographs*. 9. ASA, Madison, WI, pp. 539-579.

- Nelson P.N., and Oades J.M. 1998. Organic matter, sodicity and soil structure. *In: Sumner M.E., Naidu, R. (Eds.). Sodic Soils: Distribution, Processes, Management and Environmental Consequences.* Oxford University Press, New York, USA, pp. 51–75.
- Nelson R.E. 1982. Carbonate and gypsum. *In: Page A.L., Miller R.H., and Keeney D.R. (Ed.), Methods of Soil Analysis. American Society of Agronomy, Madison, pp. 181–197.*
- Pessaraki M., and Szabolcs I. 1999. Soil salinity and sodicity as particular plant/crop stress factors. *In: Pessaraki, M. (Ed.), Handbook of Plant and Crop Stress. 2<sup>nd</sup> Edition, Marcel Dekker, New York, pp. 1-16.*
- Qadir M., Oster J. D., Schubert S., Noble A.D., and Sahrawat K.L. 2007. Phytoremediation of sodic and saline-sodic soils. *Advances in Agronomy, 96, 197-247.*
- Qadir M., Qureshi R.H., and Ahmad N. 1996. Reclamation of a saline-sodic soil by gypsum and *Leptochloa fusca*. *Geoderma, 74: 207-217.*
- Qadir M., Schubert S., Ghafoor A., Murtaza G. 2001. Amelioration strategies for sodic soils: A review. *Land Degradation and Development, 12: 357–386.*
- Qureshi A.S., Qadir M., Heydari N., Turrall H., and Javadi A. 2007. A Review of Management Strategies for Salt-prone Land and Water Resources in Iran. *International Water Management Institute, 125: 1-24.*
- Rahman H., Abdel A., Dahab M.H., and Mustsfa M.A. 1996. Impact of soil amendments on intermittent evaporation, moisture distribution and salt redistribution in saline-sodic clay soil columns. *Soil Science, 16: 793-802.*
- Rhoades J.D. 1982. Soluble salts. *In: Page A.L., Miller R.H., and Keeney D.R. (Ed.). Methods of soil analysis. Part 2, 2nd edn. Chemical and microbiological methods. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI, USA, pp. 167–179.*
- Richards L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. Washington: United States Salinity Laboratory Staff. 160 p. Agriculture Handbook No. 60.
- Soil and Water Research Institute. 1989. Guide to the classification of land for irrigation. Publication No. 205. Technical Publication No. 766, Research Organization of Agriculture and Natural Resources, Ministry of Agriculture. 91p.
- Squires V.R., and Glenn E.P. 2009. Salination, desertification, and soil erosion. *The Role of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries in Human Nutrition, 3: 102-123.*
- Suhayda D.G., Lijuan Y., and Redman R.E. 1997. Gypsum amendment on saline-alkali soils in northeast China. *Soil Use and Management, 13: 43-47.*
- 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 Biology and Biochemistry, 38: 1413-1421.*
- Udayasooriyana R.M., Paul S., Jayabalakrishnan R.M., and Parameswari E. 2009. Performance of Sugarcane Varieties under organic Amendments with Poor Quality Irrigation Water. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3: 1674-1684.*
- Valzano F.P., Murphy B.W., and Greene R.S.B. 2001. The long term effects of lime (CaCO<sub>3</sub>), gypsum (CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O), and tillage on the physical and chemical properties of a sodic red-brown earth. *Australian Journal of Soil Research, 39: 1307-1331.*
- Van Rooyen P.C., and Weber H.W. 1977. Long-term effect of five ameliorants on a saline – sodic soil of South Africa. *Geoderma, 19: 213-225.*
- 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. *Bioresource Technology, 99: 396-403.*
- Wang Z.Q., and Li L.Q. 1990. Salinization in China and its prevention, studies on the prevention of land degradation in China. *Chinese Science and Technology Press, Beijing.*
- Wichern J., Wichern F., and Joergensen R.G. 2006. Impact of salinity on soil microbial communities and the decomposition of maize in acidic soils. *Geoderma, 137: 100–108.*

## Effects of Some Organic Amendments and Gypsum Application in a Saline and Sodic Soil

Hossein Mirseyed Hosseini<sup>1\*</sup>, Tahereh Moslemi Kalvani<sup>2</sup>, Arzhang Fathi Gerdelidani<sup>3</sup>

(Received: May 2016      Accepted: April 2017)

### Abstract

Remediation of Saline and sodic soils is usually done using leaching of excess salt and physical, chemical and biological methods and by application of mineral and organic amendments. An incubation experiment using poly ethylene columns was conducted to study the effect of using four organic and mineral amendments in a saline sodic soil (SAR=33, EC= 18.7 dS.m<sup>-1</sup>). The treatments included: green manure, animal manure, plant residue and gypsum along with control. The water from the area (Akhtar Abad) was used to irrigate the columns. Change in some salinity and sodicity indices and the concentration of some elements in soil solution were measured and compared in soil sub-samples at 40, 80, 120, 160 days of incubation and for 0-10, 10-20 and 20-30 cm depths. The results indicated that all organic amendments especially green manure decreased soil pH compared to control (P<0.01). Application of all amendments increased soil EC compared to control (P<0.01). Highest EC was in green manure followed by gypsum, plant residue and animal manure, respectively. The gypsum and green manure decreased the SAR in soil compared to control (P<0.01). The animal manure treatment did not change SAR but the plant residue treatment significantly increased SAR. In the gypsum and green manure treatments the concentration of Ca and Mg in soil solution increased significantly (P<0.01).

**Keywords:** Column experiment, Green manure manure, Remediation,

1- Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Iran

2- Ph.D. Student, Department of Soil Science, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Iran

3- Ph.D. Student, Department of Soil Science, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Iran

\* Corresponding Author E-mail: [mirseyed@ut.ac.ir](mailto:mirseyed@ut.ac.ir)