

## مقاله پژوهشی

# تأثیر آبخوبی یک خاک شور - سدیمی تیمار شده با دو نوع ماده آلی بر شوری و سدیمی بودن خاک و غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در جو

الناز صباغ تازه<sup>۱\*</sup>، محمد رضا نیشابوری<sup>۲</sup>، ابراهیم پذیرا<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۷/۰۵ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۰/۲۲

۱- استادیار گروه علوم خاک، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۲- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران

۳- استاد گروه خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

\*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی [elnaz\\_sabbagh@yahoo.com](mailto:elnaz_sabbagh@yahoo.com)

## چکیده

کاربرد مواد آلی در خاک‌های شور-سدیمی می‌تواند در اصلاح ویژگی‌های شیمیایی خاک بدون نیاز به مواد شیمیایی مؤثر باشد. در تحقیق حاضر آزمایش‌های آبخوبی یک نوع خاک شور-سدیمی با بافت لوم رسی در ستون‌های آزمایشگاهی در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل خرد شده با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای اصلی: (۱) نوع ماده اصلاح‌کننده شامل کود دامی و کمپوست، (۲) سطح ماده اصلاح‌کننده شامل یک، سه و پنج درصد وزنی و (۳) مرحله آبخوبی در پنج سطح شامل: بدون آبخوبی، یک بار، دو بار، سه بار و چهار بار آبخوبی با فواصل ۳۰ روزه بود. تمامی ستون‌ها بعد از اضافه کردن اصلاح‌کننده‌ها به مدت ۳۰ روز تحت انکوباسیون قرار گرفته و سپس آبخوبی شدند. صفات در هر ستون، در سه عمق به عنوان فاکتور فرعی بررسی شد. در پایان ماه چهارم از آزمایش‌های انکوباسیون و آبخوبی، شوری خاک از ۱۵ به زیر پنج دسی‌زیمنس بر متر و نسبت جذب سدیم از ۲۰/۳ به زیر ۱۳ رسید. پس از مشخص شدن بهترین سطح آبخوبی، خاک ستون‌های مربوط به آن هوا خشک گردید و گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) رقم بهمن به صورت گلدانی در آن کشت شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با هفت تیمار (شش تیمار اصلاح‌کننده‌های آلی و شاهد) و سه تکرار انجام گرفت. کاربرد سطح یک درصد وزنی از کود دامی و کمپوست، غلظت نیتروژن را به ترتیب ۳۳/۸ و ۴۰/۵ درصد، غلظت فسفر را ۳۵/۷ و ۴۳/۳ درصد و غلظت پتاسیم را ۸/۷ و ۱۹/۲ درصد در بخش هوایی افزایش داد.

کلمات کلیدی: اصلاح خاک، عناصر غذایی، کمپوست، کود دامی، نسبت جذب سدیم

## Effect of Leaching a Saline-Sodic Soil, Amended with Two Types of Organic Matters on Salinity and Sodicity of Soil and N, P and K Concentration in Barley

Elnaz Sabbagh Tazeh<sup>1\*</sup>, Mohammad Reza Neyshabouri<sup>2</sup>, Ebrahim Pazira<sup>3</sup>

Received: 27 September 2015

Accepted: 10 January 2021

<sup>1</sup> Assist. Prof., Dept. of Soil Sci., Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

<sup>2</sup> Prof., Dept. of Soil Sci., Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran

<sup>3</sup> Prof., Dept. of Soil Sci., Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

\*Corresponding Author, Email: elnaz\_sabbagh @ yahoo.com

### Abstract

Application of organic fertilizers in saline-sodic soils, can be helpful in their reclamation without chemical amendments. In this research, leaching experiments of a saline-sodic soil with clay loam texture in laboratory columns was conducted in CRD as split factorial. Main factors were: 1) amendment type including manure and compost, 2) amendment application rate including 1, 3 and 5 percentage by weight and 3) leaching stage with 5 levels including: without leaching, once, twice, three times and four times leaching with 30 days intervals. All columns were incubated for 30 days after the addition of amendments and then were leached. The parameters in each column, were studied in three depths as subplot. After the fourth month of incubation-leaching period, the EC and SAR of all soil samples decreased from 15 to below  $5\text{dSm}^{-1}$  and from 20.3 to below  $13\text{ (mmol}_c\text{ L}^{-1})^{0.5}$ , respectively. After determining the best level of leaching, the soil of that columns was air-dried and Barley (*Hordeum vulgare* L. Bahman cultivar) was cultivated in that soil. Pot experiment was conducted in CRD with 7 treatments (control and 6 amendments levels) and 3 replicate. Application of 1% by weight of manure and compost increased nitrogen concentration by 33.8 and 40.5 percentage, phosphorus concentration by 35.7 and 43.3 percentage, and potassium concentration by 8.7 and 19.2 percentage in shoot, respectively.

**Keywords:** Compost, Manure, Nutrients, Sodium adsorption ratio, Soil reclamation

### مقدمه

هزینه بالا و خطرات زیست محیطی (از جمله آلودگی آب‌های زیرزمینی) استفاده از آنها را محدود کرده است (لی و کرن ۲۰۰۹). نتایج کلارک و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که کاربرد گچ به‌عنوان اصلاحگر خاک سدیمی به‌میزان یک درصد وزنی باعث کاهش درصد سدیم تبادل (ESP) از ۲۰/۷ به ۱۰/۵ درصد گردید ولی در مقابل سبب افزایش هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک به‌میزان چهار تا پنج برابر شد که محدودیت رشد ریزجانداران و کاهش تنفس خاک را به‌دنبال داشت. خاکهای شور و سدیمی حاوی مقادیر زیاد آهک در نواحی خشک و نیمه‌خشک جهان گسترش زیادی دارند.

۶/۸ میلیون هکتار از اراضی قابل کشت در ایران دارای محدودیت شوری است و از اینرو ایران در فهرست کشورهای در معرض تهدید از لحاظ شوری قرار دارد (مومنی ۲۰۱۰). اصلاح خاک‌های شور و سدیمی با توجه به ازدیاد جمعیت و محدود بودن منابع خاکی به‌وسیله روش‌های مناسب مانند آبشویی (الیاس آذر ۲۰۰۲) و یا افزودن اصلاحگرهای آلی (هانای و همکاران ۲۰۰۴، والکر و برنال ۲۰۰۸) یا شیمیایی (موراوکو و دوس سانتوس ۲۰۰۶) امری ضروری است. روش سنتی اصلاح خاک‌های سدیمی بر مبنای افزودن یک منبع کلسیم مانند گچ یا کلرید کلسیم استوار است (کلارک و همکاران ۲۰۰۷). علی‌رغم فواید استفاده از مواد شیمیایی مذکور،

### مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه بخشی از اراضی اطراف روستای تازه‌کند واقع در جنوب‌غربی تبریز بود که در محدوده مختصات عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۹۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۰۱ دقیقه شرقی قرار گرفته است. ۲۵ نمونه خاک برای تهیه نمونه مرکب از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر از یک مزرعه جو واقع در منطقه مذکور در سال ۱۳۹۱ جمع‌آوری شد. ویژگی‌های شیمیایی خاک شامل کربن آلی (نلسون و سامرز ۱۹۸۶)، نیتروژن کل (جونز ۲۰۰۱)، فسفر قابل جذب (اولسن و سامرز ۱۹۸۲)، pH در گل اشباع (توماس ۱۹۹۶)، EC عصاره گل اشباع (رودز ۱۹۹۶)، ظرفیت تبادل کاتیونی (باور و همکاران ۱۹۵۲)، کربنات کلسیم معادل (CCE) (ریچاردز ۱۹۵۴)، کلسیم و منیزیم محلول (هیلد ۱۹۶۵)، سدیم محلول و سدیم و پتاسیم قابل جذب به ترتیب از طریق عصاره‌گیری با آب مقطر و استات آمونیوم (نودسن و همکاران ۱۹۸۲) تعیین شدند. ویژگی‌های فیزیکی شامل بافت خاک به روش هیدرومتری چهارزمانه (گی و بادر ۱۹۸۶)، جرم مخصوص ظاهری به روش استوانه (بلک و هارتج ۱۹۸۶) و درصد رطوبت ظرفیت مزرعه در مکش ۳۳ کیلوپاسکال (کلوت ۱۹۸۶) به دست آمد. دو نوع اصلاحگر آلی شامل کمپوست زباله شهری (C) با سه سطح ۱، ۳ و ۵ درصد وزنی (به ترتیب C<sub>1</sub>، C<sub>2</sub>، C<sub>3</sub>) و کود دامی (M) با سه سطح ۱، ۳ و ۵ درصد وزنی (به ترتیب M<sub>1</sub>، M<sub>2</sub>، M<sub>3</sub>) با خاک مخلوط گردید و در استوانه‌های پلی‌اتیلنی به طول ۵۰ سانتی‌متر و به قطر ۱۵ سانتی‌متر ریخته شد. کود کمپوست زباله شهری از شرکت کود آلی شهرداری تبریز تهیه شد و کود دامی از ایستگاه تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان شرقی تهیه گردید. پر کردن ستون‌ها به این ترتیب بود که تیمارهای مواد آلی با مقادیر مورد نظر با خاک مخلوط و سپس هر نمونه به آرامی در ضخامت‌های دو سانتی‌متری داخل ستون خاک ریخته شد. برای پر کردن استوانه‌ها و تشکیل ستون خاک یکنواخت ابتدا مقدار خاک لازم برای

در این شرایط آهک خاک می‌تواند به آرامی حل شده و کلسیم

موردنیاز برای اصلاح خاک سدیمی را فراهم کند (اوستر ۱۹۸۲). از آنجایی که انحلال آهک بومی خاک کم است، معمولاً به‌طور هم‌زمان از یک ماده اسیدی یا اسیدزا مثل اسیدسولفوریک (صادق و همکاران ۲۰۰۷) و یا مواد آلی (لی و کرن ۲۰۰۹) استفاده می‌شود. گزارش شده است که هر نوع ماده آلی که قادر باشد با محافظت سطح خاک از تابش مستقیم آفتاب، باعث کاهش تبخیر از سطح خاک گردیده و با ایجاد منفذی مناسب به‌ویژه در خاک‌های ریزبافت نفوذ عمقی آب را افزایش دهد، اصلاح خاک‌های شور و سدیمی را سریع‌تر می‌سازد (الیاس آذر ۲۰۰۲). ماده آلی به فرایند آزادسازی کلسیم از منابع مختلفی نظیر آهک خاک کمک کرده و از ضرورت استفاده از منابع شیمیایی کلسیم می‌کاهد (لاخدار و همکاران ۲۰۰۹). تژادا و همکاران (۲۰۰۶) با بررسی اثر کاربرد مواد آلی (شامل کمپوست حاصل از ضایعات کتان و کود ماکیان) روی خاک‌های شور، به این نتیجه رسیدند که استفاده از هر دو نوع کود با سطح ۵ تا ۱۰ تن در هکتار عملکرد گیاهان را افزایش داده و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی خاک را بهبود می‌بخشد. لی و کرن (۲۰۰۹)، به‌منظور اصلاح ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی یک خاک سدیمی از بقایای ذرت استفاده کردند. نتایج نشان داد که افزودن بقایای گیاهی مذکور به میزان ۲۲ و ۳۴ گرم بر کیلوگرم خاک، در طی انکوباسیون ۶۰ روزه و عبور ۶/۵ حجم منفذی آب مقطر، درصد سدیم تبدلی خاک را به ترتیب به میزان ۵۶ درصد و ۷۸ درصد کاهش داد. هدف اصلی این آزمایش بررسی تأثیر انکوباسیون و دوره‌های آبشویی یک نوع خاک شور-سدیمی تیمار شده با سطوح مختلفی از مواد آلی بر اصلاح ویژگی‌های شیمیایی خاک و همچنین مقایسه تأثیر آنها بر عملکرد جو بود.

طول ۳۰ سانتی‌متر، با جرم مخصوص ظاهری ۱/۳۶ گرم بر سانتی‌مترمکعب (برابر با جرم مخصوص ظاهری شرایط مزرعه)، محاسبه و پس از توزین با استفاده از قیفی فلزی به آرامی داخل استوانه‌ها ریخته شد. عمل ریختن جزء به جزء خاک و کوبیدن تا پر شدن کامل استوانه ادامه می‌یافت. در انتهای هر ستون یک قیف جهت خروج زه‌آب و یک لایه سنگ‌ریزه (با قطر متوسط ۰/۵ سانتی‌متر) که بر روی یک توری قرار داشت جهت نگهداری خاک در ستون و در عین حال تسهیل خروج هوا و زهکشی تعبیه شد. ستون‌های خاک یک ماه در حرارت  $25 \pm 5$  درجه سلسیوس و در رطوبت معادل با مکش ۳۳ کیلوپاسکال در اتاقی که دمای آن تحت کنترل بود، نگهداری شد. جهت جلوگیری از تبخیر، بالا و پایین ستون‌ها با نایلون پوشانده شد. لازم به ذکر است رطوبت معادل ظرفیت مزرعه و حرارت  $25 \pm 5$  درجه سلسیوس به‌عنوان رطوبت و دمای بهینه برای معدنی شدن مواد آلی گزارش شده است (جلالی و رنجبر ۲۰۰۹). پس از انکوباسیون اولیه، ستون‌های خاک به مدت چهار ماه تحت آبشویی متناوب (با فواصل ۳۰ روزه و هر بار با یک حجم منفذی) با آب آبیاری مورد استفاده در مزرعه قرار گرفت. مدت زمان ۳۰ روز برای توزیع املاح از مجاری ریز (درون خاکدانه‌ها) به منافذ درشت و برای افزایش کارایی آبشویی در نظر گرفته شد (کوته و همکاران ۲۰۰۰). در هر مرحله بعد از اتمام آبشویی نمونه‌برداری برای سنجش کلسیم، منیزیم و سدیم محلول و هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع خاک در اعماق ۱۰-۱۰، ۲۰-۲۰، و ۳۰-۲۰ سانتی‌متری انجام شد و در نهایت SAR نمونه‌های خاک در هر عمق محاسبه گردید. آزمایش در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل خردشده (با ۳۰ تیمار و سه تکرار) انجام شد. فاکتورهای کرت اصلی در این بخش از آزمایش شامل: ۱) نوع ماده اصلاحی با دو سطح (کود دامی و کمپوست)، ۲) مقدار مصرف مواد اصلاحی با سه سطح (یک، سه و پنج درصد وزنی) و ۳) مرحله آبشویی با پنج سطح (بدون آبشویی و تنها یک ماه انکوباسیون

(شاهد)، یک ماه انکوباسیون + یک بار آبشویی با یک حجم منفذی، یک ماه انکوباسیون + دو بار آبشویی با دو حجم منفذی، یک ماه انکوباسیون + سه بار آبشویی با سه حجم منفذی و یک ماه انکوباسیون + چهار بار آبشویی با چهار حجم منفذی) بود. فاصله زمانی بین شروع یک آبشویی تا شروع آبشویی بعدی ۳۰ روز در نظر گرفته شد. در نهایت داده‌های ۹۰ ستون از سه عمق (۱۰-۱۰، ۲۰-۲۰، و ۳۰-۲۰ سانتی‌متری) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این طرح آزمایش، عمق به‌عنوان کرت فرعی منظور شد. بعد از اتمام آزمایشات آبشویی (بخش اول) و مشخص شدن مؤثرترین سطح آبشویی، خاک ستون‌های مربوط تخلیه و پس از هواخشک شدن در گلدان‌های پلاستیکی ۱/۵ کیلوگرمی ریخته شد. بین آبشویی با سه و چهار حجم منفذی تفاوت معنادار از نظر EC و SAR مشاهده نشد و لذا ستون‌هایی که بعد از یک ماه انکوباسیون، سه بار آبشویی شده بودند، برای کشت گلدانی (در بخش دوم آزمایش) انتخاب شدند. در هر گلدان تعداد چهار بذر جو (*Hordeum vulgare L.*) رقم بهمن کاشته شده و رطوبت گلدانها به طریق وزنی تا پایان دوره رویشی در ۸۰ درصد رطوبت معادل ۳۳ کیلوپاسکال نگهداری شد. برای تأمین شرایط رشد گیاه حرارت روز حدود  $25 \pm 2$  درجه سلسیوس و شب حدود  $20 \pm 2$  درجه سلسیوس و طول دوره روشنایی ۱۶ ساعت در گلخانه برقرار گردید. در پایان دوره رشد رویشی که ۷۵ روز طول کشید، بخش‌های هوایی گیاهان برداشت گردید. بعد از اندازه‌گیری وزن تر بخش هوایی، نمونه‌های گیاهان در آون با حرارت حدود ۶۵ درجه سلسیوس و به مدت سه روز خشک شدند. سپس به کمک ترازوی حساس ماده خشک آنها نیز تعیین گردید. نمونه‌های گیاهی به روش خشک‌سوزانی هضم شد و فسفر به روش وانات‌مولیبیدات (کاؤل ۱۹۵۵)، نیتروژن به روش کجلدال (والینگ و همکاران ۱۹۸۹) و پتاسیم به روش فلیم‌فتومتر (والینگ و همکاران ۱۹۸۹) در نمونه‌های گیاهی اندازه‌گیری شد. آزمایش گلدانی در قالب طرح کاملاً تصادفی



## نتایج آزمایش آبشویی خاک

## EC و SAR خاک

نتایج تجزیه واریانس EC و SAR خاک در جدول شماره ۴ آورده شده است.

جدول ۴- تجزیه واریانس آزمایش برای هدایت الکتریکی و SAR خاک.

میانگین مربعات			منابع تغییر
SAR	EC	درجه آزادی	
۴۱/۸۵۹*	۰/۳۸۴**	۱	نوع کود
۷/۶۵۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۴**	۲	سطح کود
۱۸۱۸/۸۳۱**	۳/۵۲۳**	۴	سطح آبشویی
۶/۹۴۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۳*	۲	نوع کود × سطح کود
۷۲/۲۵۴**	۰/۰۵۳**	۴	نوع کود × سطح آبشویی
۱۲/۱۵۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۳۶**	۸	سطح کود × سطح آبشویی
۲۲/۰۳۱**	۰/۰۳۰**	۸	نوع کود × سطح کود × سطح آبشویی
۷/۰۸۶	۰/۰۰۴	۶۰	خطای اصلی
۸۷/۴۷۳**	۰/۳۹۸**	۲	عمق
۲/۲۹۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۷*	۲	عمق × نوع کود
۱/۷۲۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۶**	۴	عمق × سطح کود
۱۴/۷۷۷**	۰/۰۵۱**	۸	عمق × سطح آبشویی
۵/۳۵۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۳**	۴	عمق × نوع کود × سطح کود
۹/۰۴۶**	۰/۰۱۷**	۸	عمق × نوع کود × سطح آبشویی
۵/۵۵۴*	۰/۰۰۵**	۱۶	عمق × سطح کود × سطح آبشویی
۶/۱۲۷*	۰/۰۱۳**	۱۶	عمق × نوع کود × سطح کود × سطح آبشویی
۳/۱۵۲	۰/۰۰۱	۱۲۰	خطای فرعی
۱۰/۹۶۳	۳/۴۹		ضریب تغییرات (%) <sup>۱</sup>

ns \* و \*\* به ترتیب غیر معنادار، معنادار در سطح احتمال پنج درصد و معنادار در سطح احتمال یک درصد

ضریب تغییرات (%) مربوط به داده‌های اصلی (داده‌های تبدیل نشده) می‌باشد.

## EC خاک

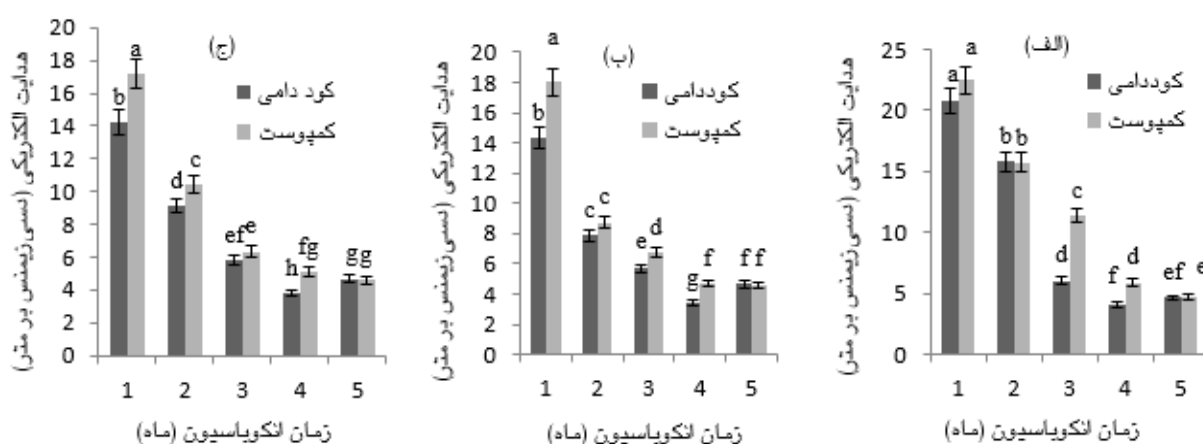
تأثیر کاربرد دو اصلاحگر همراه با عملیات آبشویی

بر EC خاک در سه عمق صفر تا ۱۰، ۱۰ تا ۲۰ و ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر در شکل ۱ نشان داده شده است. EC اولیه خاک مورد استفاده در این تحقیق ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر بود.

کاربرد هر دو اصلاحگر همراه با عملیات آبشویی توانست EC خاک را به حدود پنج دسی‌زیمنس بر متر در دو ماه پایانی عملیات اصلاحی برساند. در اکثر ماهها بین آبشویی با سه و آبشویی با چهار حجم منفذی تفاوت معناداری در هیچ کدام از اصلاحگرها مشاهده نشد. این

۳۰ سانتی‌متری، افزایش EC خاک از ماه چهارم به ماه پنجم در مورد کود دامی مشهود است. ولی در عمق اول این افزایش دیده نمی‌شود. این روند را می‌توان به آبخویی بیشتر املاح در لایه‌های سطحی مرتبط دانست. لایه‌های عمیق‌تر با آب حاوی املاح بیشتری آبخویی می‌شوند که اثر آن را از ماه چهارم به بعد می‌توان مشاهده نمود.

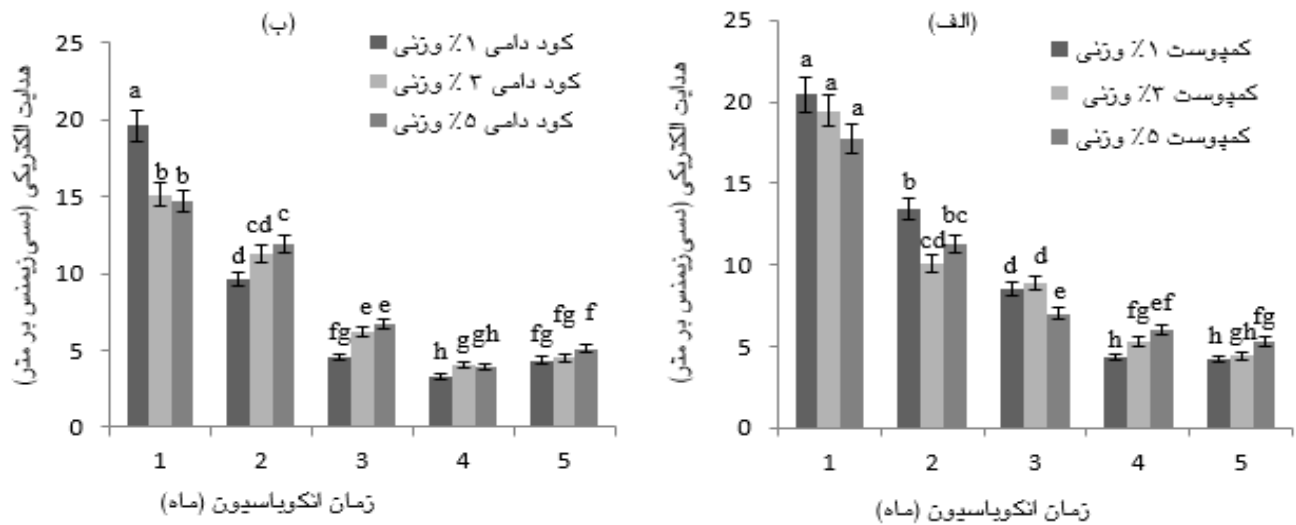
نتیجه نشان می‌دهد که برای کاهش EC به زیر پنج دسی‌زیمنس بر متر، انکوباسیون به مدت چهار ماه و آبخویی با سه حجم منفذی کافی بوده‌است. مشاهده می‌شود که در هر سه عمق کود دامی در کاهش EC خاک در طول پنج ماه آبخویی، مؤثرتر از کمپوست عمل کرده است که می‌توان علت آن را به EC بالاتر کمپوست نسبت به کود دامی مرتبط دانست. در اعماق ۱۰ تا ۲۰ و ۲۰ تا



شکل ۱- تغییرات EC خاک در سه لایه الف) (۱۰-۰، ب) (۲۰-۱۰) و ج) (۳۰-۲۰ سانتی‌متری در طول پنج ماه انکوباسیون و آبخویی در حضور کود دامی و کمپوست.

بین سطوح سه درصد وزنی و پنج درصد وزنی اختلاف معنادار مشاهده نشد ولی بین سطح یک درصد وزنی و سه درصد وزنی اختلاف وجود داشت. در ماه پایانی انکوباسیون بین سه سطح کودی اختلافی مشاهده نشد. می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد سطح یک درصد وزنی از هر دو نوع کود برای کاهش EC در مدت چهار ماه انکوباسیون و آبخویی با سه حجم منفذی، اقتصادی‌تر می‌باشد.

شکل ۲ الف تأثیر سه سطح کمپوست بر میزان EC کل ستون خاک را در طول پنج ماه انکوباسیون و آبخویی نشان می‌دهد. در این مورد نیز کاهش بیشتر EC در سطح یک درصد وزنی به‌خصوص در ماه چهارم و پنجم انکوباسیون نسبت به سطوح دیگر مشهود است. شکل ۲ ب نشان می‌دهد که روند کاهش EC در هر سه سطح تقریباً مشابه هم می‌باشد. در اکثر ماههای انکوباسیون، EC خاک تیمار شده با یک درصد وزنی کود دامی، کمتر از بقیه سطوح بود. در ماه چهارم انکوباسیون و آبخویی،



شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف الف) کمپوست و ب) کود دامی بر EC خاک در طول پنج ماه انکوباسیون و آبشویی.

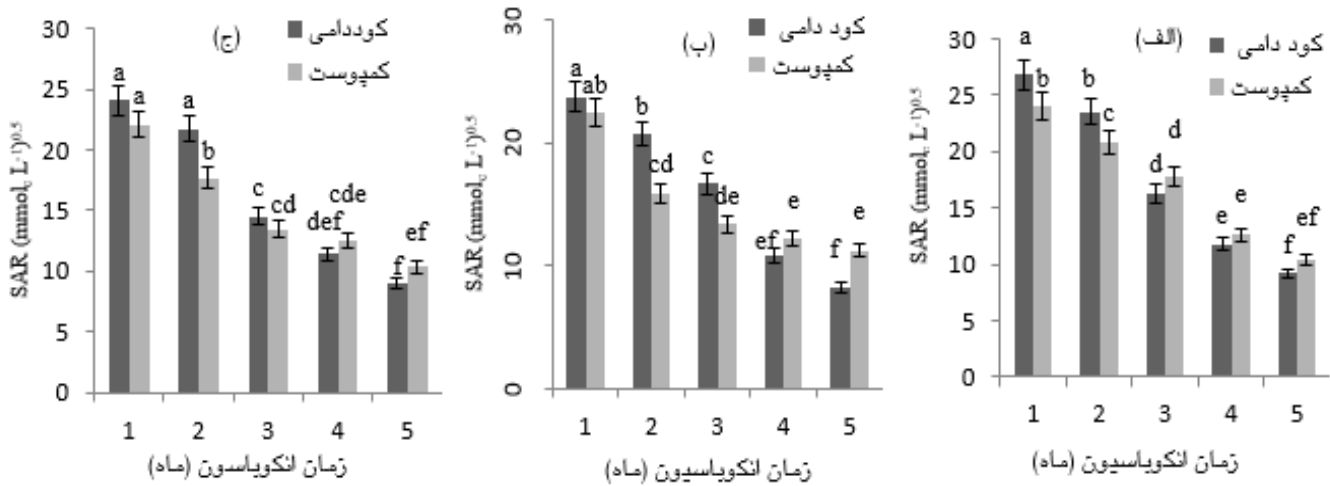
و هر دو اصلاحگر در ماههای پایانی آبشویی، مقدار SAR خاک را به زیر ۱۳ رساندند. کاهش مداوم SAR دلیلی بر آبشویی بیشتر سدیم در مقایسه با کلسیم و منیزیم است. SAR معادل ۱۳ مرز میان خاکهای سدیمی و خاکهای غیرسدیمی معرفی شده است (لی و کرن ۲۰۰۹). بین ماه چهارم و ماه پنجم انکوباسیون در مورد هر دو نوع اصلاحگر در اکثر موارد تفاوت معنادار مشاهده نگردید. کالیچ و گلچین (۲۰۰۷) طی یک مطالعه کاهش معنادار SAR یک نوع خاک شور-سدیمی را طی عملیات اصلاحی با کاربرد ۲۰ تن بر هکتار تفاله لیمو و آبشویی اصلاح، گزارش کردند. حسین و همکاران (۲۰۰۱) دریافتند که با مصرف گچ، اسیدسولفوریک و کود دامی جداگانه و در ترکیب با یکدیگر در یک خاک سدیمی SAR به طور معناداری کاهش یافت. تأثیر سطوح مختلف دو نوع اصلاحگر بر SAR کل ستون خاک در طول پنج ماه عملیات اصلاحی در شکل ۴ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود میان سطوح مختلف کود دامی و کود کمپوست در اکثر ماهها اختلافی وجود نداشت، لذا می‌توان سطح یک درصد از هر دو نوع کود را در کاهش SAR خاک مناسب معرفی کرد.

ال شاراوی و همکاران (۲۰۰۸)، گزارش کردند که کاربرد کود کمپوست به میزان ۱۰ گرم بر کیلوگرم خاک در طول ۱۲۰ روز انکوباسیون و آبشویی با آبی معادل ۳۰ درصد ظرفیت نگهداری آب در خاک در فواصل ۳۰ روزه، EC یک نوع خاک رسی را از ۹/۴ به ۷/۴ دسی‌زیمنس بر متر کاهش داد.

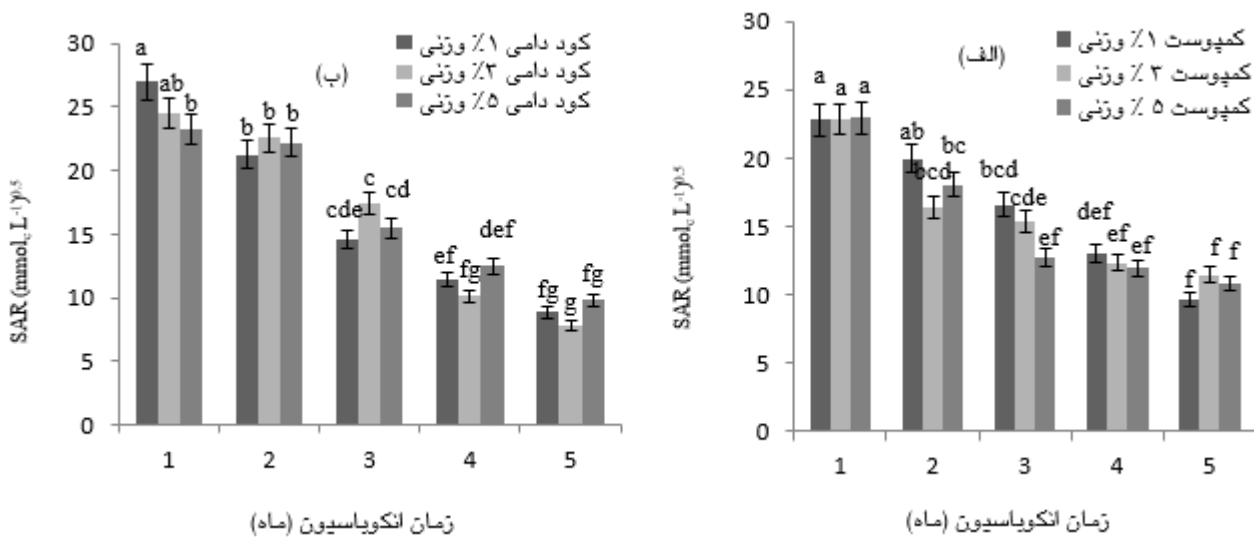
#### SAR خاک

تأثیر دو نوع اصلاحگر بر مقدار SAR خاک در سه عمق مختلف در طول پنج ماه انکوباسیون و آبشویی در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود در عمق اول در ماههای ابتدایی کود دامی SAR بالاتری در خاک ایجاد کرد ولی در ماههای پایانی تفاوت معناداری بین این دو اصلاحگر مشاهده نشد. در اعماق دیگر نیز روند مشابهی مشاهده شد. باتوجه به اینکه در مراحل قبلی این تحقیق که در این مقاله به آنها اشاره نشده است، مشاهده گردید که کود دامی در تمامی ماههای انکوباسیون و آبشویی در هر سه عمق، کلسیم و منیزیم محلول کمتری در خاک به جای گذارده است، این امر طبیعی به نظر می‌رسد. SAR اولیه خاک ۲۰/۳۶ بود





شکل ۳- تغییرات SAR خاک در سه لایه الف (۱۰-۰، ب) ۲۰-۱۰ و ج) ۳۰-۲۰ سانتی متری در طول پنج ماه انکوباسیون و آبشویی در حضور کود دامی و کمپوست.



شکل ۴- تاثیر سطوح مختلف الف (کمپوست و ب) کود دامی بر SAR خاک در طول پنج ماه انکوباسیون و آبشویی.

#### کشت گلدانی

تجزیه واریانس ماده خشک بخش هوایی و غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در جدول پنج آورده شده است.

**جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) آزمایش برای ماده خشک بخش هوایی و غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم.**

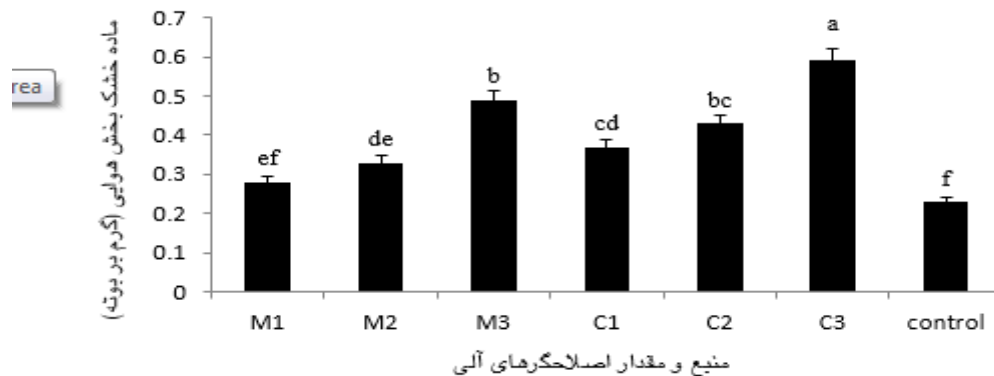
منابع تغییر	درجه آزادی	غلظت نیتروژن	غلظت فسفر	غلظت پتاسیم	ماده خشک گیاه
تیمار	۶	۰/۳۸۶**	۰/۰۰۶**	۰/۲۴۰**	۰/۰۴۷**
خطا	۱۴	۰/۰۱۸	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱۱	۰/۰۰۱
درصد ضریب تغییرات		۵/۲۶۱	۴/۷۱۴	۲/۸۸۸	۸/۱۵۰

ns. \* و \*\* به ترتیب غیرمعنادار، معنادار در سطح احتمال پنج درصد و معنادار در سطح احتمال یک درصد.

**ماده خشک بخش هوایی**

تاثیر منبع و مقدار اصلاحگرهای آلی بعد از اتمام عملیات آبشویی (چهار ماه انکوباسیون و سه مرحله آبشویی) بر میزان ماده خشک بخش هوایی گیاه جو در شکل ۵ نشان داده شده است. هر شش تیمار آلی همراه با سه بار عملیات آبشویی توانستند میزان ماده خشک بخش هوایی را نسبت به شاهد (خاک اولیه) افزایش دهند. هر چند که تفاوت میان سطح یک درصد کود دامی و شاهد معنادار نبود. در مورد هر دو کود آلی، سطح یک درصد و سه درصد با یکدیگر تفاوتی نداشتند اما بین سطح پنج درصد با دو سطح دیگر تفاوت معنادار وجود داشت. در هر سه سطح مصرف، کود کمپوست باعث تولید ماده خشک بیشتری نسبت به کود دامی شد. در کل، کاربرد سطوح سه و پنج درصد از کود دامی همراه با عملیات آبشویی توانست ماده خشک بخش هوایی جو را به ترتیب ۴۳/۵ و ۱۱۳/۴ درصد نسبت به شاهد افزایش دهد. کاربرد سطوح یک، سه و پنج درصد وزنی از کود کمپوست همراه با عملیات

آبشویی ماده خشک بخش هوایی گیاه جو را به ترتیب ۸۷/۶۰، ۸۷ و ۱۵۶/۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. مواد آلی با تسریع فراهمی عناصر غذایی به ویژه نیتروژن، فسفر و پتاسیم می‌تواند باعث بهبود وضعیت تغذیه‌ای و افزایش رشد گیاهان در خاک‌های شور گردد (لاکس و همکاران ۱۹۹۴، غدیر و همکاران ۲۰۰۱)، اما این امر به تحمل گیاهان به شوری و نیز شوری اولیه خاک بستگی دارد. چنانچه مشکل شوری شدیدتر از مشکل کمبود عناصر غذایی باشد، افزودن این عناصر به خاک باعث افزایش رشد گیاه نخواهد شد (گراتان و گریو ۱۹۹۲). گیاه جو جزو گیاهان مقاوم به شوری محسوب می‌شود (لاخدار و همکاران ۲۰۰۸). اما نتایج نشان داد که کشت گیاه جو در این خاک شور و سدیمی (شاهد) ماده خشک بخش هوایی را به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد. تاثیر افزودن مواد آلی و عملیات آبشویی بر ماده خشک بخش هوایی ممکن است مربوط به تاثیر این عملیات اصلاحی بر غلظت املاح معدنی به خصوص نیتروژن، فسفر و پتاسیم در بخش هوایی گیاه باشد.



شکل ۵- تاثیر منبع و مقدار اصلاحگرهای آلی بر ماده خشک بخش هوایی جو بعد از اتمام عملیات اصلاحی.

### غلظت فسفر بخش هوایی

غلظت فسفر کل بخش هوایی گیاهان کاشته شده در تیمارهای آلی (بعد از عملیات آبخویی) و نیز خاک شاهد در شکل ۷ نشان داده شده است. حد بحرانی کمبود فسفر در جو ۰/۲ - ۰/۱۵ درصد پیشنهاد شده است (ملکوتی و همایی ۱۹۹۴). غلظت فسفر بخش هوایی در تیمار شاهد برابر ۰/۲ درصد بود که نزدیک به مرز بحرانی کمبود فسفر است. مصرف کود آلی همراه با آبخویی توانست غلظت فسفر بخش هوایی را به طور معناداری نسبت به شاهد افزایش دهد. در مورد کود دامی سطح یک درصد با سطح سه درصد اختلاف معناداری نداشت ولی بین سطوح یک و پنج درصد اختلاف معنادار مشاهده شد. بین سه سطح مصرف کود کمپوست اختلافی مشاهده نشد. گزارش شده است که در خاک‌های شور و آهکی مانند خاک مورد مطالعه، حلالیت فسفر در خاک کم است (گراتان و گریو ۱۹۹۲). تیمار شاهد علی‌رغم وجود مقدار قابل توجهی فسفر قابل جذب در خاک (جدول ۱)، کمترین مقدار فسفر در بخش هوایی را نشان داد که نشان‌دهنده اثرات آنتاگونیستی دیگر آنیون‌های موجود در خاک اولیه بر جذب فسفر نیز هست. محمد و همکاران (۲۰۰۷)

### غلظت نیتروژن بخش هوایی

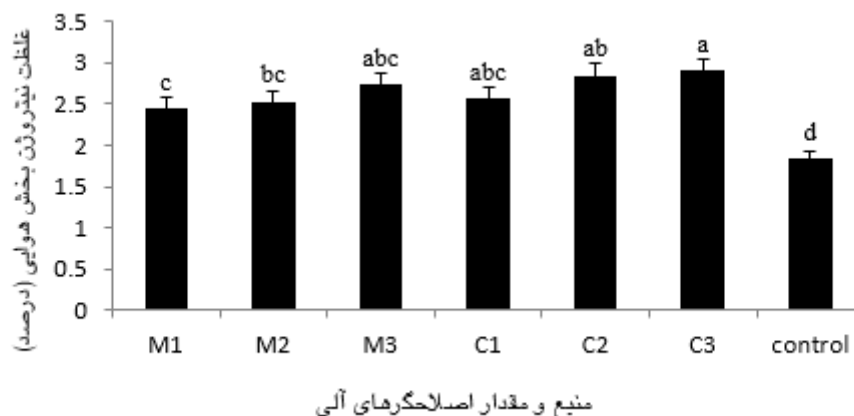
هر شش تیمار آلی (بعد از اتمام عملیات آبخویی) توانستند غلظت نیتروژن بخش هوایی گیاه را به طور معناداری نسبت به شاهد افزایش دهند (شکل ۶). در مورد هر دو کود آلی سه سطح مختلف مصرف تفاوتی با هم نداشتند و این بدان معنا است که کاربرد یک درصد وزنی از هر دو کود آلی به همراه عملیات آبخویی می‌تواند در افزایش نیتروژن بخش هوایی گیاه جو موثر باشد. حد بحرانی نیتروژن در بخش هوایی گیاه جو در مرحله شروع سنبله‌دهی، ۲/۶ درصد می‌باشد (ملکوتی و نفیسی ۱۹۹۴)، همانطور که ملاحظه می‌شود غلظت نیتروژن در تیمار شاهد ۱/۸۴ درصد بود که کمتر از حد بحرانی مذکور است. غلظت نیتروژن بخش هوایی با مصرف یک و سه درصد وزنی از کود دامی به ترتیب ۳۳/۸ و ۳۸/۳ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. مقادیر افزایش برای یک و سه درصد کود کمپوست به ترتیب ۴۰/۵ و ۵۵/۸ درصد نسبت به شاهد بود که نشان‌دهنده اثر بخشی بالاتر کود کمپوست نسبت به کود دامی است.

عملیات آبشویی) غلظت پتاسیم بخش هوایی را تقریباً به یک اندازه نسبت به شاهد افزایش داده‌اند و تنها بین تیمار کود دامی یک درصد وزنی با بقیه تیمارهای آلی به جز کود دامی سه درصد اختلاف معنادار مشاهده گردید. باتوجه به اینکه از همان ابتدا کمبودی از لحاظ پتاسیم در خاک وجود نداشت سطح یک درصد از هر دو کود آلی به‌عنوان سطح مطلوب گزارش گردید. غلظت پتاسیم بخش هوایی با سطح مصرف یک درصد از کود دامی ۸/۷ و با مصرف سه و پنج درصد، ۱۶/۴ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. مصرف کود کمپوست باعث افزایش غلظت پتاسیم بخش هوایی به‌میزان ۱۹/۲ درصد نسبت به شاهد گردید. اصلاح خاک و کم شدن مقدار سدیم در خاک باعث افزایش غلظت پتاسیم در گیاه شده است. وجود مقادیر بالای سدیم در خاک باعث کاهش جذب پتاسیم توسط گیاه می‌شود (خسروانی‌نژاد و همکاران ۲۰۰۹).

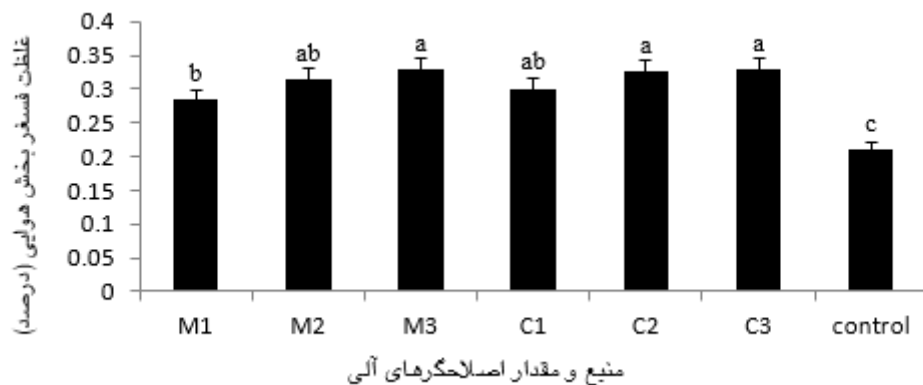
افزایش قابل توجهی را در فسفر قابل جذب یک نوع خاک شور با کاربرد یک درصد وزنی از یک نوع کمپوست گزارش کردند. این محققان تولید اسیدهومیک در طی تجزیه مواد آلی در خاک را عامل مؤثری بر تبدیل فسفات نامحلول به محلول عنوان کردند. در کل غلظت فسفر بخش هوایی با سطح مصرف یک درصد از کود دامی و کمپوست به ترتیب ۳۵/۷ و ۴۳/۳ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد، مقادیر افزایش برای سه درصد مصرف به ترتیب ۵۰ و ۵۵/۲ درصد بود.

#### غلظت پتاسیم بخش هوایی

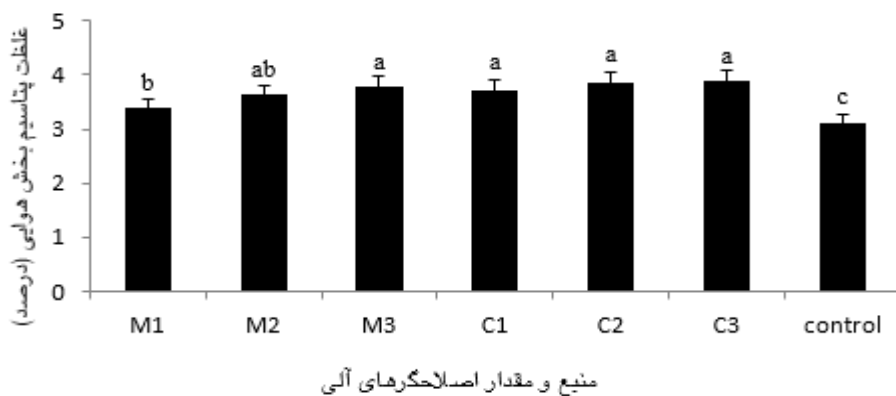
غلظت بحرانی پتاسیم در جو ۱/۸ درصد می باشد (ملکوتی و نفیسی ۱۹۹۴). باتوجه به شکل ۸ می‌توان ملاحظه نمود که غلظت پتاسیم بخش هوایی در تیمار شاهد بالاتر از حد بحرانی کمبود قرار دارد. بالا بودن میزان پتاسیم اولیه خاک (جدول ۱) دلیلی بر این امر است. مشاهده می‌شود که هر شش تیمار کود آلی (به همراه



شکل ۶- تاثیر منبع و مقدار اصلاحگرهای آلی بر غلظت نیتروژن بخش هوایی جو بعد از اتمام عملیات اصلاحی.



شکل ۷- تأثیر منبع و مقدار اصلاحگرهای آلی بر غلظت فسفر بخش هوایی جو بعد از اتمام عملیات اصلاحی.



شکل ۸- تأثیر منبع و مقدار اصلاحگرهای آلی بر غلظت پتاسیم بخش هوایی جو بعد از اتمام عملیات اصلاحی.

### نتیجه‌گیری کلی

برابر بود که نشان می‌دهد سطح مصرف یک درصد وزنی از هر دو اصلاحگر مقرون به‌صرفه‌تر می‌باشد. ماده خشک و غلظت N، P و K بخش هوایی جو نسبت به شاهد توسط هر دو اصلاحگر افزایش یافت. البته تأثیر بیشتر کمپوست نسبت به کود دامی مشهود بود. تأثیر بیشتر سطح پنج درصد وزنی (در مورد هر دو اصلاحگر) تنها در ماده خشک جو مشهود بود و بین سطوح مختلف اصلاحگرها از لحاظ غلظت N، P و K بخش هوایی تفاوتی مشاهده نشد.

بعد از چهار ماه انکوباسیون و سه مرحله آبشویی SAR و EC خاک تیمار شده با هر دو اصلاحگر آلی به زیر حد مجاز کاهش یافتند. بین آبشویی با سه و چهار حجم منفذی در مورد هیچ‌کدام از اصلاحگرها در اکثر صفات مورد اندازه‌گیری تفاوت معناداری مشاهده نشد. این نتیجه نشان داد آبشویی با سه حجم منفذی برای اصلاح خاک کافی بوده است. کارایی سطح مصرف یک درصد وزنی از هر دو اصلاحگر با سطوح دیگر در بهبود EC و SAR خاک

## منابع مورد استفاده

- Blake GR and Hartge KH, 1986. Bulk density. Pp. 363-382. In: Klute A (eds). Methods of Soil Analysis. Part 1, Agronomy Monograph No. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Bower CA, Reitemeier F and Fireman M, 1952. Exchangeable-cation analysis of saline and alkali soil Soil Science 73: 251-261.
- Clark GJ, Dodgshun N, Sale PWG and Tang C, 2007. Changes in chemical and biological properties of a sodic clay subsoil with addition of organic amendments. Soil Biology and Biochemistry 39: 2806-2817.
- Cote CM, Bristow K and Ross PJ, 2000. Increasing the efficiency of solute leaching: Impacts of flow interruption with drainage of the preferential flow paths. Journal of Contaminated Hydrology 43:191- 209.
- Elias Azar Kh, 2002. Reclamation of Salince and Sodic Soils. Jahad Daneshgahi Press. (In Persian).
- Elsharawy MAO, Elbordong MM and Sedeka AA, 2008. Improvement of a salt affected soil on Bahr EL-Bakar area using certain industrial by products. Journal of Applied Science and Research 47: 839-846.
- Gee GW and Bauder JW, 1986. Particle size analysis. Pp. 383-411. In: Klute A (ed). Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Grattan SR and Grieve CM, 1992. Mineral element acquisition and growth response of plants grown insaline environments. Agricultural Ecosystems and Environment 38: 275-300.
- Hanay A, Buyuksonmez F, Kiziloglu FM and Canbolat MY, 2004. Reclamation of saline and sodic soils with gypsum and MSW compost. Compost Science Utilization 12: 175-179.
- Heald WR, 1965. Calcium and Magnesium. Pp. 999-1010. In: Page AL, Miller RH and Keeney DR (eds)Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Edition, Agron.Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, USA.
- Hussain N, Hassan G, Arshadullah M and Mujeeb F, 2001. Evaluation of amendments for the improvement of physical properties of sodic soil. International Journal of Agriculture and Biology 3: 319-322.
- Jalali M and Ranjbar F, 2009. Effects of sodic water on soil sodicity and nutrient leaching in poultry and sheep manure amended soils. Geoderma 1531: 194-204.
- Jones BJ, 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press, USA.
- Kalich S and Golchin A, 2007. Effect of gypsum with organic acidic and non acidic wastes on remediation of a saline and sodic soil. Pp. 1348-1349. Proceedings of the Tenth International Soil Science Conference. 26-28 August, Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).
- Khosravanine Nejad F, Heydari R and Farboodnia T, 2009. Growth and inorganic solute accumulation of two varieties in salinity. Pakistan Journal of Biological Science 12:168-172.
- Klute A, 1986. Water retention: laboratory methods. Pp. 635-662. In: Klute A (eds), Methods of Soil Analysis, Part I, Physical and Mineralogical Methods. Agronomy Monograph No. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Knudsen D, Paterson GA and Pratt PF, 1982. Lithium, sodium and potassium. Pp. 225-246. In: Page AL, Miller RH and Keeney DR (eds), Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy Monograph No. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Lakhdar A, Hafsi C, Rabhi M, Debez A, Montemurro F, Abdelly C, Jedidi N and Ouerghi Z, 2008. Application of municipal solid waste compost reduces the negative effects of saline water in *Hordeum maritimum* L. Bioresource Technology 99: 7160-7167.
- Lakhdar A, Rabhi M, Ghnaya T, Montemurro F, Jedidi N and Abdelly C, 2009. Effectiveness of compost use in salt-affected soil. Journal of Hazardous Materials 171: 29-37.
- 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 Rehabilitation 8: 9-17.
- Li H and Keren R, 2009. Calcareous sodic soil reclamation as affected by corn stalk application and incubation: A laboratory study. Pedosphere 19: 465-675.
- Malakooti MJ and Homaii M, 1994. Arid and Semi Arid Fertility, Problems and Solutions. Tarbiat Modarres University Press. (In Persian).
- Malakooti MJ and Nafisi J, 1994. Fertilizer Application in Agricultural Lands. Tarbiat Modarres University Press (In Persian).
- Moameni A, 2010. Geographical distribution and salinity levels of soil resources of Iran. Soil Researchs 24: 203-215. (In Persian with English abstract).

- Muhammad S, Muller TM and Joegensen R, 2007. Compost and P amendments for stimulating microorganisms and maize growth in a saline soil from Pakistan in comparison with a nonsaline soil from Germany. *Journal of Plant Nutrition* 170: 745-751.
- Muraoka T and Dos Santos RV, 2006. Nutrition of Vigna Plants on a Gypsum-Amended Saline- Sodic Soils. Pp. 438-439, Springer, The Netherlands.
- Nelson DW and Sommers LE, 1986. Total carbon, organic carbon and organic matter. Pp. 539-579 . In: Page AL, Miller RH and Keeney DR (eds), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Monograph No. 9.* ASA and SSSA, Madison, WI.
- Olsen SR and Sommers LE, 1982. Phosphorus. Pp. 403-430. In: Page AL, Miller RH and Keeney DR (eds), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Monograph No. 9.* ASA and SSSA, Madison, WI.
- Oster JD, 1982. Gypsum usage in irrigated agriculture: A review. *Fertility Research* 3:73-89.
- Qadir M, Ghafoor A and Murtaza G, 2001. Use of saline-sodic waters through phytoremediation of calcareous saline-sodic soils. *Agricultural Water Management* 50:197-210.
- Richards LA, 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils.* Handbook 60 USDA, US Gov. Print. Office, Washington DC.
- Rhoades JD, 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. Pp. 417-435. In: Page AL, Miller RH and Keeney DR (eds), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Monograph No. 9.* ASA and SSSA, Madison, WI.
- Sadiq M, Hassan G, Mehdi SM, Hussain N and Jamil M, 2007. Amelioration of saline-sodic soils with tillage implements and sulfuric acid application. *Pedosphere* 17: 182-190.
- Tejada M, Garcia C, Gonzalez GL and Hernandez MT, 2006. Use of organic amendments as a strategy for saline soil remediation: Influence on the physical, chemical and biological properties of soil. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 1413-1421.
- Thomas GW, 1996. Soil pH and soil acidity. *Methods of Soil Analysis.* Pp. 475-490. In: Page AL, Miller RH and Keeney DR (eds), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Monograph No. 9.* ASA and SSSA, Madison, WI.
- Walker DJ and Bernal MP, 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.
- Waling I, Vark WV, Houba VJG and Van der Lee JJ, 1989. *Soil and Plant Analysis, a Series of Syllabi. Part 7, Plant Analysis Procedures,* Wageningen Agricultural University, The Netherlands.