

بررسی کارایی نانو کود حیوانی و مواد اصلاح کننده بیولوژیکی و شیمیایی در اصلاح خاک های شور

آزاده سلطانی^۱، حمیدرضا عسگری^{۲*}، حسین یوسفی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۲/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۴/۱۶

چکیده

شوری خاک یکی از مهم ترین عوامل تخریب اراضی در مناطق بیابانی است. امروزه روش های مختلفی به منظور اصلاح خاک های شور مورد استفاده قرار می گیرند. در این پژوهش سعی شده است علاوه بر مواد شیمیایی و بیولوژیکی در اصلاح خاک های شور، تأثیر نانو کود دامی بر اصلاح خاک های شور نیز مورد بررسی و مقایسه قرار گیرد. این تحقیق در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی و با به کارگیری ۸ تیمار شامل تیمار شاهد، گچ، گچ و کود دامی، کود دامی، نانوکود ۰/۰۳ درصد از ۲۵۰ گرم خاک سطحی هر گلدان، نانوکود ۰/۰۶ درصد، نانوکود ۰/۰۶ درصد و گچ، و نانوکود ۰/۰۳ درصد و گچ هر کدام با سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری داده ها توسط آنالیز واریانس یک طرفه و آزمون چنددامنه دانکن توسط نرم افزار SPSS انجام گردید. نتایج نشان داد که تیمارهای نانوکود ۰/۰۶ درصد+گچ و نانوکود ۰/۰۳ درصد گچ در سطح ۱ درصد بیشترین تأثیر را در کاهش سدیم قابل تبادل و تیمارهای کود دامی و نانوکود ۰/۰۳ درصد بیشترین تأثیر را در کاهش هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک داشتند. اسیدیته خاک نیز تحت تأثیر تیمارهای گچ و کود دامی+گچ بیشترین کاهش را داشته است. در مجموع، یافته های این تحقیق اهمیت نانو مواد در بهبود عملیات اصلاح خاک های شور-سدیمی را نشان می دهد.

کلیدواژه ها: خاک های شور، نانو کود، مواد اصلاح کننده شیمیایی و بیولوژیکی، استان گلستان، دشت صوفیکم.

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲. استادیار دانشکده مرتع و آبخیزداری، گروه آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، نویسنده مسئول؛
hras2010@gmail.com

۳. استادیار دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، گروه تکنولوژی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان است.

مقدمه

(۱۵ تا ۱۷٪ از مساحت کل کشور) در نظر گرفته‌اند. مؤمنی در سال ۲۰۱۰ با استخراج و اقتباس اطلاعات مربوط به نقشه یک میلیونیم منابع و استعداد خاک‌های اراضی ایران که توسط بنایی (۲۰۰۱) رسم شده بود، نقشه اراضی شور ایران را ترسیم کرد که بر طبق آن وسعت اراضی شور ایران معادل ۵۵/۶ میلیون هکتار برآورد گردید.

در استان گلستان و به‌خصوص در دشت‌های شمالی آن، مسئله شور شدن اراضی به یک مشکل حاد تبدیل شده است. دلیل اصلی شور شدن خاک در این مناطق عمدتاً بالا بودن سطح آب زیرزمینی، درجه حرارت بالا و به دنبال آن بالا رفتن پتانسیل تبخیر و تعرق است (خرمائی، ۲۰۰۶).

از آنجایی که خاک‌های شور-سدیمی علاوه بر نمک‌های محلول زیاد، حاوی مقادیر بالایی سدیم تبادلی هستند، در اصلاح آن‌ها می‌بایست قبل از انجام عملیات آب‌شویی، مقادیر معینی املاح به‌منظور افزایش نفوذپذیری و خنثی نمودن اثر سدیم تبادلی به خاک اضافه کرد. این املاح یا مستقیماً حاوی کلسیم هستند (مانند گچ) و یا به‌طور غیرمستقیم با استفاده از اثر اسید و مواد اسیدزا (مانند گوگرد) روی آهک موجود در خاک باعث آزادسازی کلسیم می‌شوند (عسگری، ۲۰۱۱). از انواع مواد شیمیایی که به‌عنوان مواد اصلاح‌کننده استفاده می‌شوند می‌توان به اسیدسولفوریک (عسگری، ۲۰۰۱؛ صدیق^۶ و همکاران، ۲۰۰۷؛ قزایبه^۷ و همکاران، ۲۰۱۲)، گچ آبدار یا سولفات کلسیم (عسگری، ۲۰۰۱؛ پورحکیم رضایی، ۲۰۰۷؛ وانگ^۸ و همکاران، ۲۰۰۹)، گوگرد (سپهر، ۲۰۱۷؛ عسگری، ۲۰۰۱) و تیوسولفات آمونیوم، پلی سولفیدها، اسید سولفوریک-اوره و کلرور کلسیم (بابایی، ۲۰۱۳؛ حسین ضیا^۹ و همکاران، ۲۰۰۷) اشاره کرد.

کودهای آلی دسته‌ای دیگر از مواد هستند که عمدتاً برای تقویت حاصلخیزی خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند (عسگری، ۲۰۱۲). این مواد به‌دلیل دارا بودن مقادیر بالایی از کاتیون‌های کلسیم و منیزیم می‌توانند به‌عنوان یک ماده مکمل در اصلاح خاک‌های شور-سدیمی نیز مورد استفاده قرار

شوری خاک یکی از ویژگی‌های پویای خاک و به معنای تجمع بیش از حد نمک‌ها در پروفیل خاک است که علاوه بر مشکلات زیست‌محیطی تهدیدی برای حاصلخیزی خاک (رنگازامی^۱، ۲۰۰۶) و کاهش کیفیت آب و خاک است (ایمادی^۲ و همکاران، ۲۰۱۶). شور شدن خاک علاوه بر تأثیر سوء بر فعالیت‌های کشاورزی گاهی باعث تخریب و سوق دادن اراضی به‌سمت بیابان‌زایی می‌شود. اراضی کشاورزی و مرتعی در مناطق خشک به‌علت وجود بارندگی‌های کم و تبخیر بالا و در نتیجه شست‌وشوی محدود نمک‌ها، ذاتاً مستعد تجمع نمک‌ها هستند؛ از این‌رو، وسعت این اراضی در مناطق خشک در مقایسه با مناطق مرطوب رو به گسترش است. مطالعات در خصوص یافتن راهکارهای جدید برای مقابله با معضل شوری منابع آبی و خاکی در جهان همچنان ادامه دارد. در کشورهای در حال توسعه به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک اصلاح خاک‌های شور در درجه نخست اهمیت قرار گرفته، زیرا در این کشورها اغلب از منابع خدادادی به‌خصوص خاک به‌صورت غیرعلمی و بدون توجه به قابلیت‌ها و محدودیت‌های آن‌ها بهره‌برداری می‌شود (پراسارد و پاور^۳، ۲۰۰۱).

مشکل شوری خاک در کشور ایران به‌قدری حائز اهمیت بوده است که از حدود ۱۰۰ سال پیش، ارائه راه‌حل‌هایی برای پیشگیری از آن و حل این مشکل به‌عنوان یک موضوع تحقیقاتی رایج در دانشگاه‌ها و مؤسسات تحقیقاتی تبدیل شده است. ایران بعد از هند و پاکستان به‌عنوان سومین کشور در معرض خطر شوری خاک شناخته شده است (واشو^۴ و همکاران، ۲۰۱۰).

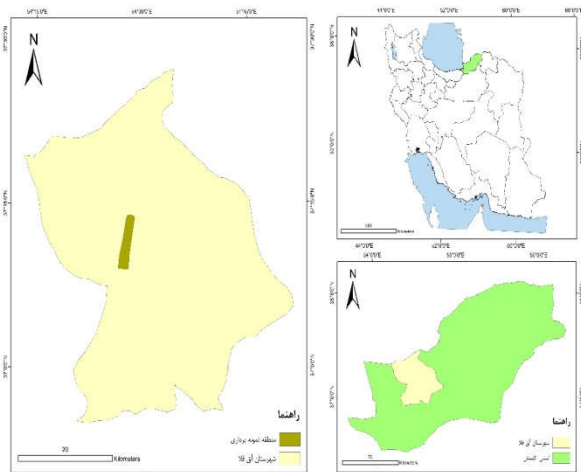
در قدیمی‌ترین منابع دیوان و فاموری^۵ (۱۹۶۴) گزارش کردند که حدود ۱۲/۵٪ از مساحت کل کشور ایران را خاک‌های شور تشکیل داده‌اند. در گزارش‌های دیگر، سیاری و محمودی (۲۰۰۲) این رقم را حدود ۲۵ تا ۲۷ میلیون هکتار

1. Rangasamy
2. Imadi
3. Prasad and power
4. Vashev
5. Dewan and Famouri

6. sadiq
7. Gharaibeh
8. Wong
9. Hossain Zia

بگیرند. تحقیقات متعددی در این زمینه صورت گرفته است (شریفی، ۲۰۱۷؛ یزدان پناه و همکاران، ۲۰۱۲؛ عسگری، ۲۰۰۱؛ آخوندی، ۲۰۱۱؛ بهمینار، ۲۰۰۷). نتایج بیانگر تأثیر مثبت این مواد در کاهش مضر خاک‌های شور و سدیمی است. فناوری نانو یک زمینه تحقیقاتی جدید است که توانسته در دهه اخیر، توجه زیادی را به خود معطوف کند. امروزه این فناوری در بیشتر زمینه‌های علمی و تحقیقاتی کاربرد وسیعی پیدا کرده و در کشاورزی و منابع طبیعی نیز ابعاد جدیدی به خود گرفته است. با توجه به حضور مواد لیگنوسولوزی در کود حیوانی، این مواد را می‌توان به نانو ساختارهای لیگنوسولوزی تبدیل کرد (جنسن^۱ و همکاران، ۲۰۱۵). در مطالعه حاضر این کار با فرایند مکانیکی صورت گرفت تا از نانو ساختارهای تولید شده برای اولین بار به منظور اصلاح خاک‌های شور-سدیمی استفاده گردد. از ویژگی‌های اصلی نانو مواد لیگنوسولوزی ابعاد بسیار کوچک در مقیاس نانومتری، دارا بودن نسبت زیاد سطح به وزن، زیست تخریب پذیری و دارا بودن مواد اولیه فراوان و ارزان است (ژانگ^۲ و همکاران، ۲۰۰۹؛ جعفری پور و همکاران، ۲۰۱۶؛ رستگار و همکاران، ۲۰۱۸).

شوری خاک منطقه بالا بوده و معادل ۱۰/۴ دسی زیمنس بر متر است، میزان سدیم تبدیلی آن نیز معادل ۱۷/۶۹ و از نظر اسیدیته خاک در دسته خاک‌های قلیایی با pH معادل ۷/۹۴ قرار می‌گیرد.



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی منطقه نمونه برداری
Figure (1): Geographical location of sampling area

مطالعات آزمایشگاهی

آزمایش‌ها در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی با به کارگیری ۸ تیمار شامل گچ، گچ + کود دامی، کود دامی، نانو کود ۰/۰۳ درصد، نانو کود ۰/۰۶ درصد، نانو کود ۰/۰۶ درصد + گچ، نانو کود ۰/۰۳ درصد + گچ، و تیمار شاهد که هر کدام سه بار تکرار شدند، انجام شد. منظور از تیمار شاهد تیماری است که هیچ گونه ماده اصلاحی به خاک آن اضافه نشده و تنها فرایند آب‌شویی در آن صورت گرفته است. پلات‌های آزمایشگاهی گلدان‌هایی با ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر و قطر ۱۵ سانتی‌متر هستند.

پژوهش‌های انجام شده در زمینه اصلاح خاک‌های شور و شور-سدیمی اغلب به استفاده از مواد مختلف اصلاحی (شیمیایی و آلی) معطوف شده‌اند و در زمینه استفاده از مواد اصلاحی آلی در مقیاس نانو، تاکنون پژوهشی انجام نشده است، لذا در این تحقیق سعی شد که تأثیر راهکارهای شیمیایی، بیولوژیکی و نانوذرات آلی برای اصلاح خاک‌های شور و سدیمی مورد بررسی و مقایسه قرار گیرند.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه نمونه برداری

زمین کشاورزی مورد نظر (منطقه نمونه برداری) با وسعت حدود ۱۰۰ هکتار در شمال غربی استان گلستان در ۱۵ کیلومتری شمال شهرستان آق‌قلا و بین عرض‌های جغرافیایی ۳۷° ۹' ۱۸" و ۳۷° ۱۰' ۱۵" شمالی و طول‌های جغرافیایی

1. Jensen
2. Zhang

پارامترهای مورد نظر، مقدار مواد اصلاح کننده مورد نیاز محاسبه شد: مقدار گچ مورد نیاز با توجه به درصد سدیم تبدل اولیه و به دست آمده است (برزگر، ۱۹۹۷). در این آزمایش، معادل ۱/۵ تن گچ در هکتار استفاده شد.

بازده گچ معمولاً بین ۴۰ تا ۷۰٪ در نظر گرفته می شود. بازده کلسیم در جابه جایی سدیم تبادل کاربرد دارد، این بازده برای ESP بالاتر بیشتر است؛ برای مثال برای خاک های با ESP کمتر از ۱۰ حدود ۳۰٪ است (برزگر، ۲۰۰۷). در این تحقیق مقدار بازده گچ معادل ۶۰٪ در نظر گرفته شد.

مقدار کود دامی مورد نیاز معادل ۵ تن در هکتار و آب مورد نیاز آب شویی برای هر گلدان طبق معادله (۱) محاسبه شد.

مقدار آب مورد نیاز معادل ۱/۶ لیتر برای هر گلدان بود که در بازه های زمانی ۷ روزه (در ۴ مرحله پس از رسیدن رطوبت خاک به رطوبت زراعی) به گلدان ها اضافه شد.

در ابتدای کار، برای تعیین وضعیت عمومی خاک منطقه مورد نظر، آزمایش های شیمی و فیزیک خاک انجام و برخی ویژگی های شیمیایی و فیزیکی خاک مشخص شد (جدول ۱).

جدول (۱): نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی اولیه خاک

Table (1): Results of soil chemical and physical analysis

مقدار	پارامترهای شیمیایی و فیزیکی مورد نظر
۱۷	Ca+Mg (meq/l)
۱۳۰/۶۷	Na (meq/l)
۱۵/۳۷	SAR
۱۷/۶۹	ESP (%)
۷/۹۴	pH
۱۰/۴	EC (dS/m)
۱۴/۸۵	CEC
۱/۰۴	جرم مخصوص ظاهری (gr/cm ³)
سیلتی-لومی	بافت خاک

مطالعات کود دامی

الف. میکرو کود دامی

کود گاوی پوسیده شده از دامداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تهیه شد و مقدار ۵۰ گرم از آن از الک

حجم استوانه بعد از اضافه کردن خاک به گلدان ها معادل ۱۲۱/۳۸ مترمکعب است. وزن خاک اضافه شده معادل ۱۱۴/۴۳ گرم است که ارتفاعی معادل ۳۵ سانتی متر از گلدان را پر کرده است. آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی خاک و طرز تهیه نانو مواد به شرح ذیل ذکر شده اند:

مطالعات فیزیک خاک

الف. جرم مخصوص ظاهری

به منظور تعیین جرم مخصوص ظاهری خاک از روش کلوخه استفاده شد.

ب. بافت خاک

در این تحقیق به منظور تعیین بافت خاک از روش هیدرومتری (بایکوس^۱، ۱۹۶۲) استفاده شد. درصد رس، سیلت و شن محاسبه شد و در پایان با استفاده از مثلث بافت خاک، نوع خاک تعیین شد.

مطالعات خصوصیات شیمیایی خاک

الف. هدایت الکتریکی (EC)

برای تعیین میزان هدایت الکتریکی خاک از دستگاه EC متر استفاده شد و با قرار دادن آن در استوانه حاوی عصاره اشباع، میزان هدایت الکتریکی بر حسب دسی زیمنس بر سانتی متر تعیین شد.

ب. اسیدیته خاک (pH)

اسیدیته خاک به وسیله قرار دادن الکتروود شیشه ای دستگاه pH متر در نمونه های عصاره اشباع اندازه گیری شد.

پ. نسبت جذب سدیم (SAR)

به منظور تعیین میزان جذب سدیم ابتدا میزان کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون و میزان سدیم با استفاده از روش فلم فوتومتری تعیین شده و سپس با استفاده از معادله مقدار SAR تعیین می شود.

ت. درصد سدیم تبدل (ESP)

بر اساس نسبت جذب سدیم میزان سدیم تبدل را می توان تعیین کرد (بای بوردی، ۱۹۸۰):

پس از تجزیه شیمیایی نمونه های خاک و اندازه گیری

1. Bouyoucos

از هر گلدان، مقدر ۲۵۰ گرم خاک که معادل ۵ سانتی متری اولیه سطح خاک بود برداشت شد و مواد اصلاحی با آن پس از مخلوط و دوباره به خاک گلدانها اضافه گردید. اضافه کردن مواد اصلاحی به سطح خاک، عملیات آب شویی انجام و سپس برای محاسبه ارتفاع آب لازم برای آب شویی از رابطه (۱) استفاده شد:

$$Dw = \left\{ \left(\frac{EC_{ei}}{5EC_{ef}} \right) + 0.15 \right\} Ds \quad (1)$$

مقدار آب مورد نیاز محاسبه شده برای آب شویی به صورت متناوب طی یک دوره ۳۰ روزه و طی سه نوبت و در هر نوبت ۱۰ سانتی متر آب به گلدانها اضافه شد. ۷ روز پس از پایان دوره آب شویی برای رسیدن رطوبت خاک گلدانها به رطوبت ظرفیت زراعی از خاک گلدانها نمونه برداری انجام شد و خاکها در معرض هوا خشک گردید. سپس برای بررسی تأثیر مواد اصلاحی بر خصوصیات شیمیایی خاک دوباره آزمایش های شیمی خاک انجام شد. نتایج تجزیه شیمیایی آب کاربردی برای آب شویی نشان می دهد که آب مورد استفاده از نظر شوری و قلیائیت کیفیت لازم را دارد. هدایت الکتریکی آن حدود ۰/۶ دسی زیمنس بر متر و مقدار SAR آن حدود ۲ است. بر اساس طبقه بندی آب های آبیاری توسط دیاگرام ویلکاکس، آب مورد استفاده در محدوده CIS2 قرار می گیرد. در نتیجه استفاده از آن برای آب شویی و آبیاری بلامانع است.

جدول (۳): خصوصیات شیمیایی آب آب شویی

Table (3): Chemical properties of brackish water

مقدار	پارامتر
۰/۶	EC (ds/m)
۷/۹	pH
۰/۵	ESP (%)
۲/۸	Ca+Mg (meq/l)
۲/۷	Na (meq/l)
۲	SAR

نتایج و بحث

برای تجزیه و تحلیل آماری از روش آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) استفاده شد. مقایسه میانگین داده ها با کمک آزمون چنددامنه دانکن و در سطح ۵٪ انجام شد. آنالیز

مش ۱۶ عبور داده شد تا برای تهیه نانو کود آماده گردد.

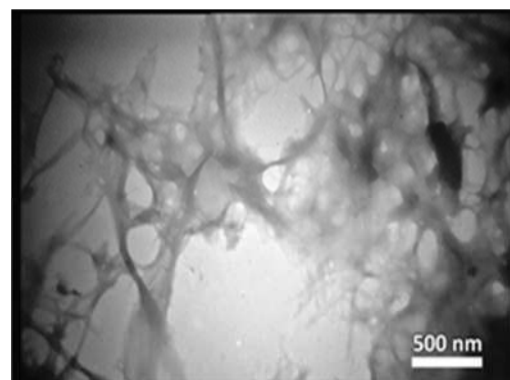
جدول (۲): خصوصیات شیمیایی کود دامی

Table (2): Chemical properties of fertilizer

مقدار	پارامترهای شیمیایی مورد نظر
۲۰/۳۴	Ca+Mg (meq/l)
۴۱/۵۷	Na (meq/l)
۱۳/۰۷	SAR
۱۵/۲۹	ESP (%)
۸/۹	pH

ب. نانو کود دامی

تولید نانو کود دامی در شرکت دانش بنیان نانو نوین پلیمر انجام شد. روش تهیه نانو کود به این ترتیب بود که ابتدا کود دامی پوسیده شده را در آب مقطر با غلظت ۰/۳٪ پخش کرده و سپس از سوپر آسیاب دیسکی (MKCA6-2) ساخت شرکت ماساکو ژاپن به تعداد ۵ بار عبور داده شد تا نانو کود دامی تولید شود. برای اطمینان از اندازه نانومتری نانو کود تولید شده از روش عکس برداری با میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) مدل Zeiss EM 10C مستقر در دانشگاه خواجه نصیر طوسی استفاده شد. شکل (۲) ریزنگاره الکترونی TEM نانو کود تولید شده را نشان می دهد. در این تصویر، شاخص مقیاس (۵۰۰ نانومتر) حاکی از این است ضخامت مواد موجود در عکس زیر ۱۰۰ نانومتر بوده لذا جزء نانو مواد تلقی می شوند.



شکل (۲): ریزنگاره الکترونی TEM نانو کود

Figure (2): Microscope electron TEM of nano manure

این آزمایش به صورت گلدانی^۱ انجام شد. گلدانها از جنس پلی اتیلن با ارتفاع ۴۰ سانتی متر و قطر دهانه ۱۵ سانتی متر تهیه شدند. برای اضافه کردن مواد اصلاحی به خاک

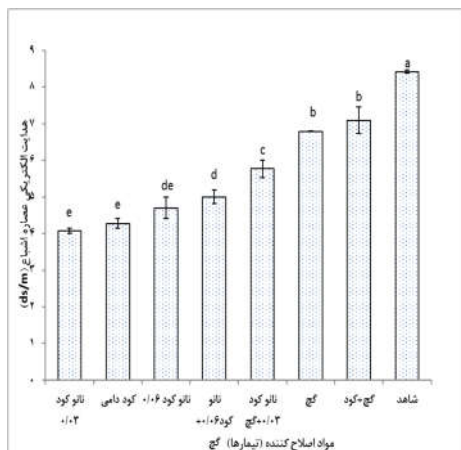
داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS انجام شد.

جدول (۴): تجزیه و تحلیل آماری واریانس و مقایسه پارامترها

Table (1): Statistical analysis of variance and comparison of parameters.

Mean	Std. Deviation	Max	Min	Sig	F	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)	مجموع مربعات (SS)	
۱۱/۶	۳/۹۸	۱۹/۰۵	۵/۱۸	۰/۰۰۰	۱۰/۰۱۲	۷	۴۲/۵۴۶	۲۹۷/۸۲۵	ESP بین گروه
						۱۶	۴/۲۵۰	۶۷/۹۹۲	درون گروه
						۲۳		۳۶۵/۸۱۷	کل
۷/۳۵	۰/۲۶	۷/۹	۷	۰/۰۰۰	۷۲/۳۴۵	۷	۰/۲۱۶	۱/۵۱۰	pH بین گروه
						۱۶	۰/۰۰۳	۰/۰۴۸	درون گروه
						۲۳		۱/۵۵۷	کل
۵/۸	۲	۱۲/۱	۳/۶۶	۰/۰۰۳	۵/۲۶۱	۷	۹/۱۹۱	۶۴/۳۴۰	EC بین گروه
						۱۶	۱/۷۴۷	۲۷/۹۵۶	درون گروه
						۲۳		۹۲/۲۹۶	کل
۹/۹۱	۳/۵۳	۱۶/۸۱	۴/۶۵	۰/۰۰۰	۹/۲۷۴	۷	۳۲/۹۲۷	۲۳۰/۴۹۱	SAR بین گروه
						۱۶	۳/۵۵۱	۵۶/۸۰۹	درون گروه
						۲۳		۲۸۷/۲۹۹	کل

است. آن‌ها دلیل این امر را کاربرد متوالی کودهای حیوانی و یا کمپوست حاوی مقادیر بالای نمک که باعث شوری خاک می‌شود دانسته‌اند. بهمنیار در سال ۲۰۰۷ آزمایشی بر روی تأثیر گچ و کود دامی بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک انجام داد. نتایج این آزمایش بیانگر این بود که تیمارهای کود دامی و گچ به‌طور یکسان بر کاهش میزان هدایت الکتریکی خاک تأثیر گذاشته‌اند و مصرف توأم گچ و کود دامی باعث افزایش میزان کلسیم محلول در خاک شده و نسبت به تیمارهای گچ و کود دامی تأثیر بیشتری در کاهش EC خاک داشته است.



۱. هدایت الکتریکی خاک عصاره اشباع خاک

نتایج حاصل از تأثیر اجرای تیمارهای مختلف بر EC خاک نشان می‌دهد که در سطح احتمال ۵٪ تیمارهای کود دامی و نانو کود ۰/۰۳ درصد بدون هیچ اختلاف معنی‌داری بیشترین تأثیر را در کاهش هدایت الکتریکی خاک داشته است (۵۱/۶۱٪ کاهش EC نسبت به تیمار شاهد). تیمارهای نانو کود ۰/۰۶ درصد و نانو کود ۰/۰۶ درصد + گچ نزدیک به ۴۲/۳۳ درصد EC خاک را با بیشترین سطح اختلاف با سایر تیمارها نسبت به تیمار شاهد کاهش داده‌اند. تیمار گچ + نانو کود ۰/۰۳ درصد نزدیک به ۳۱/۵۱ درصد هدایت الکتریکی خاک را نسبت به نمونه اولیه خاک کاهش داده است.

تیمارهای گچ و گچ + کود بدون هیچ اختلاف معنی‌داری EC خاک را نسبت به تیمار شاهد کاهش داده‌اند (شکل ۳). نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق در رابطه با تأثیر تیمارهای مختلف بر EC خاک با نتایج یزدان‌پناه و همکاران (۲۰۱۲) و بهمنیار (۲۰۰۷) مطابقت دارد. یزدان‌پناه و همکاران (۲۰۱۲) به این نتیجه رسیدند که کاربرد کود دامی همراه با گچ کمترین تأثیر را در کاهش EC خاک داشته

شکل (۳): نمودار مقایسه میانگین هدایت الکتریکی بین تیمارهای مختلف

Figure (3): The chart of average Comparison of electrical conductivity among different treatments

۲. اسیدیته خاک

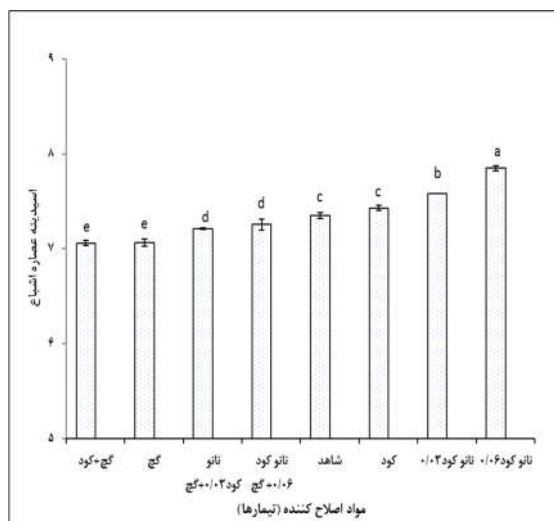
نتایج حاصل از تأثیر تیمارهای مختلف بر اسیدیته خاک نشان می‌دهد (شکل ۴) که در سطح احتمال ۵٪، تیمارهای گچ و گچ+کود دامی بدون اختلاف معنی‌دار تأثیر چندانی در کاهش اسیدیته خاک نسبت به تیمار شاهد نداشته‌اند (۰/۰۶٪ کاهش نسبت به تیمار شاهد). تیمارهای نانو کود ۰/۰۳ درصد + گچ و نانو کود ۰/۰۶ درصد + گچ نیز اختلاف معنی‌داری در تأثیر بر روی اسیدیته خاک نداشته‌اند و هر دوی آنها مقدار اسیدیته خاک را نسبت به تیمار شاهد نزدیک به ۰/۰۵٪ کاهش داده‌اند. سایر تیمارهای کود دامی، نانو کود ۰/۰۳٪ و نانو کود ۰/۰۶٪ باعث افزایش اسیدیته خاک نسبت به تیمار شاهد شده‌اند (۲/۹۴٪).

نتایج تحقیق حاضر در رابطه با تأثیر تیمارهای مختلف بر اسیدیته خاک با نتایج هانای و همکاران (۲۰۱۴)، منظور و همکاران (۲۰۰۱) و آخوندی (۲۰۱۲) که اظهار داشتند که بر اثر اعمال تیمار گچ میزان pH خاک به ترتیب نام ۱۲/۸۲، ۲/۲ و ۱۶/۲۵٪ کاهش پیدا کرده است، مطابقت دارد.

آنها دلیل این امر را این دانستند که کاهش pH خاک در اثر کاربرد گچ (به‌تنهایی و توأم با مواد آلی) ناشی از افزایش غلظت الکترولیت در اثر افزایش غلظت کاتیون کلسیم و آنیون سولفات در خاک است که به دنبال این امر جایگزینی یون‌های کلسیم محلول با H^+ در سطح کلئیدها و وارد شدن آنها به محلول خاک صورت می‌گیرد. علاوه بر این، فعالیت یون کربنات و بی‌کربنات موجود در محلول خاک از طریق رسوب آنها به صورت ترکیبات کلسیم‌دار و کم‌محلول‌تر و همچنین آب‌شویی $NaHCO_3$ و Na_2CO_3 موجود در محلول خاک می‌تواند pH خاک را کاهش دهد.

رایچو^۱ و همکاران (۲۰۰۱) اظهار داشتند که استفاده از مواد آلی در یک دوره ۶ ماهه تأثیری در تغییر pH خاک نداشته است؛ این امر با نتایج مربوط به تأثیر مواد آلی در تحقیق

حاضر بر pH خاک مطابقت ندارد. در دوره ۶ ماهه اول آزمایش که رشد گیاه وجود داشته، میزان pH تغییر چندانی تحت اعمال تیمار گچ نداشته است اما در ۶ ماهه دوم که تولید کمپوست نیز رخ داده، تغییرات pH مشهود بوده و دلیل آن حضور هوموس در ترکیب با زغال‌سنگ است که ظرفیت تبادل کاتیونی را بالا می‌برد و باعث آزاد شدن آهسته ترکیبات هوموسی می‌شود. معمولاً زمانی که اصلاح‌کننده‌های آلی به‌تنهایی برای اصلاح خاک استفاده شوند، اثر اندکی بر روی شوری و قلیائیت خاک دارند (مادجان^۲ و همکاران، ۲۰۰۱).



شکل (۴): نمودار مقایسه میانگین اسیدیته خاک بین تیمارهای مختلف
Figure (3): The chart of average comparison of soil acidity between different treatments

۳. درصد سدیم تبادل

نتایج حاصل از تأثیر اجرای تیمارهای مختلف بر ESP خاک نشان می‌دهد (شکل ۵) که در سطح احتمال ۵٪ تیمارهای گچ+نانو کود ۰/۰۳ درصد و گچ+نانو کود ۰/۰۶ درصد بدون اختلاف معنی‌داری بیشترین تأثیر را در کاهش میزان سدیم تبدلی خاک نسبت به تیمار شاهد داشته‌اند (۵۷/۸۰ درصد). تیمارهای گچ+کود دامی و گچ+نانو کود ۰/۰۳ درصد نیز با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشته و باعث کاهش ۴۹/۸۸ درصد ESP خاک نسبت به تیمار شاهد شده‌اند. تیمارهای کود دامی و گچ+کود دامی اختلاف معنی‌داری نداشته و باعث کاهش ۴۱/۸۴٪ ESP خاک نسبت به تیمار شاهد شده‌اند. تیمارهای نانو کود ۰/۰۳ درصد و کود دامی ۳۱/۶۳ درصد

نتیجه گیری کلی

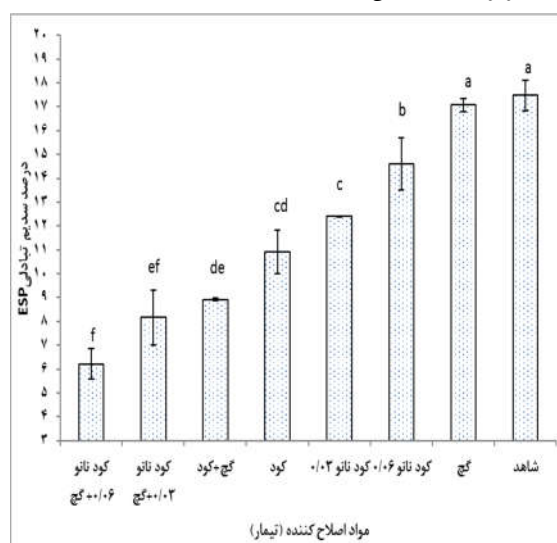
نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که استفاده از مواد اصلاح کننده آلی (میکرو/نانو) و شیمیایی به تنهایی و در ترکیب با هم باعث تغییر معنی داری در درصد سدیم تبادل، اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک شده است؛ به طوری که ماده اصلاحی گچ به همراه کود دامی در مقیاس های میکرو و نانو تأثیر چشمگیری در کاهش SEP، EC و pH داشته است. ESP خاک تحت تأثیر این تیمار نسبت به تیمار شاهد ۴۰/۴۹٪، EC خاک ۱۰/۷۰ و pH خاک هم کاهش ۲۰/۱۱٪ نسبت به تیمار شاهد کاهش داشته اند. کاتیون های کلسیم و منیزیم نیز به طور قابل توجهی افزایش یافته است که می توان دلیل آن را نیز حضور گچ و کود دامی و آزادسازی کلسیم دانست. کود دامی نیز در هر دو مقیاس نانو و میکرو تأثیر چشمگیری در کاهش ESP، EC و pH داشته است. میزان SAR و ESP خاک بر اثر استفاده از این تیمار هر کدام به ترتیب معادل ۳۶/۴۰ و ۳۸/۳۸٪ نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان داده است. میزان EC نسبت به تیمار شاهد ۹۴/۵۸٪ کاهش یافته و pH خاک ۸/۶ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان داده اند.

نانو کود به کار برده شده در این تحقیق نیز در هر دو سطح ۰/۰۶ درصد و ۰/۰۳ درصد تأثیر بسزایی در بهبود وضعیت خاک به ویژه کاهش قلیائیت داشته است. در اثر اعمال تیمار نانو کود ۰/۰۶ درصد ESP خاک نسبت به تیمار شاهد ۴۸/۱۷٪ کاهش داشته و EC و pH خاک نیز به ترتیب نسبت به تیمار شاهد ۲۳/۴۵ و ۷/۱ درصد کاهش نشان داده اند. استفاده از تیمار نانو کود ۰/۰۳ درصد نیز باعث کاهش ۹۰/۲۹ درصدی ESP خاک نسبت به تیمار شاهد، کاهش ۷۰ درصدی EC و افزایش pH خاک شده است.

تیمار نانو کود ۰/۰۳ درصد و گچ باعث کاهش قابل توجهی در میزان ESP و EC شده است. میزان این دو پارامتر به ترتیب معادل ۳۱/۵۱ و ۶۲/۳۱٪ کاهش یافته است. در این تیمار به دلیل حضور ماده اصلاحی گچ و کود دامی میزان کاتیون های کلسیم و منیزیم افزایش قابل توجهی داشته است. تیمار نانو کود ۰/۰۶ درصد و گچ نیز باعث کاهش

کاهش در ESP خاک نسبت به تیمار شاهد نشان داده اند. تیمار کود دامی نانو ۰/۰۶ درصد با سایر تیمارها اختلاف معنی داری داشته و باعث کاهش ۱۴ درصدی ESP خاک نسبت به تیمار شاهد شده و در آخر تیمار گچ با بیشترین اختلاف نسبت به سایر تیمارها باعث افزایش ESP خاک نسبت به تیمار شاهد شده است (نزدیک به ۰/۲٪).

نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر در رابطه با تأثیر تیمارهای مختلف بر کاهش ESP با یزدان پناه و همکاران (۲۰۱۲)، که برای اصلاح خاک های شور از مواد اصلاحی آلی (تفاله پسته، کود دامی) و معدنی (گچ) استفاده کردند و بیانگر تأثیر مثبت کاربرد توأم مواد آلی و شیمیایی در کاهش ESP بود. و همچنین بهمنیار (۲۰۰۷)، با آزمایش هایی که در خاک های با سطوح شوری متفاوت انجام داد، به این نتیجه دست یافت که استفاده از مواد اصلاح کننده مانند گچ و کود دامی باعث کاهش میزان ESP (از ۱۲ به ۸/۶۶) می شود مطابقت دارد. آن ها دلیل این نتایج را بالا بودن مقدار Ca و Mg در کود گاوی دانسته اند که در زمان استفاده توأم با گچ مقدار کاتیون ها افزایش یافته و تأثیر بیشتری خواهد داشت. آن ها دلیل این امر را بالا بودن مقدار Ca و Mg در کود گاوی و ایجاد همبستگی منفی با درصد سدیم تبادل و در نتیجه کاهش ESP خاک می شود. استفاده توأم این ماده آلی با گچ به دلیل بالا بودن درصد Ca تأثیر چشمگیری در کاهش ESP خاک دارد.



شکل (۵): نمودار مقایسه میانگین درصد سدیم تبادل بین تیمارهای مختلف

Figure (5): The chart of average comparison of exchangeable sodium percent between different treatments

سدیمی مورد استفاده قرار گرفته و بررسی و مطالعه شود و تأثیر نانو مواد بر اصلاح خاک‌های شور توأم با کشت محصول و تأثیر آن بر رشد محصول نیز مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد. در مرحله اجرا نیز از آنجایی که تنها انجام عملیات اصلاحی باعث بهبود وضعیت خاک منطقه نمی‌شود، پیشنهاد می‌شود در کنار انجام عملیات اصلاحی شرایط زهکشی منطقه، بهره‌برداری صحیح از منابع آب و خاک اراضی منطقه نیز مورد توجه قرار بگیرد و در کنار بهینه‌سازی روش‌های سنتی از روش‌های علمی و فناوری‌های جدید نیز برای اصلاح و احیای خاک‌های شور استفاده شود.

قابل توجهی در میزان ESP و EC شده و هرکدام به ترتیب معادل ۴۰/۸۶ و ۳۹/۶۴٪ کاهش داشته است.

به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد مواد آلی (کود دامی) در مقیاس نانو در مقایسه با مقیاس میکرو تأثیر بیشتری در بهبود وضعیت خاک‌های شور و سدیمی دارد. اگر این مواد به همراه گچ استفاده شوند، تأثیر بیشتری خواهند داشت.

در پایان برای بهبود نتایج و مؤثرتر واقع شدن آن‌ها پیشنهاد می‌شود که در زمینه‌های تحقیقاتی نانو مواد در سطوح مختلف و در درازمدت برای اصلاح خاک‌های شور و

منابع

- Akhoondi, N., 2011. Studying the effect of various gypsum and organic matter ratios on reducing the sodium absorption ratio (SAR) of soil. A thesis for the degree of Master of Science. Yazd University. 103 p.
- Asgari, H., 2001. Evaluating the Efficiency of Using Chemical amendments to Prevent Desertification in the North of Aq-Qala a thesis for the degree of Master of Science. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 90 p.
- Asgari, H., 2011. Investigating the efficiency of chemical modifier application for the reclamation of degraded lands (Case study: Agricultural lands in the north of Aq-Qala). 12th Soil Sciences Congress, Tabriz, Iran. 4p.
- Asgari, H., 2012. The importance of soil organic matter. Key to drought-resistant soil and sustained food production. Publication of GUASNR. 257p.
- Babaei, M.R., 2013. Investigating reclamation of saline-sodic soils through Sulfur and Ammonium Sulfate amendments by using LEACHC Model (Case Study: Azar Negin plain of Tabriz). A thesis for the degree of Master of Science. Imam Khomeini International University (RA). 123 p.
- Barzagar, A.R., Nelson, P.N., Oades, J.M. and Rengarmy, P., 1997. Organic matter, Sodicy, and Society of America Journal, 61: 1131-1137.
- Barzagar, A., 2007. Saline and sodic soils: recognition and productivity, Shahid Chamran University of Ahvaz Publishing, 370 p.
- Bahmanyar, M.A., 2007. The effect of gypsum and animal manure on changing the chemical properties of saline soils, The 10th Iranian soil science congress, Karaj.
- Banayi, M., 2001. Iran's Soil resources and talent map, Tehran Soil and Water Research Institute, 6 p.
- Bouyoucos, G.J., 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. Agron, 54:464-465.
- Byboordi, M., 1980. Soil (formation and classification). Tehran University Publication, 305 p.
- Chang, C., Somerfield, T.G. and Entz, T., 1988. Soil salinity by two statistical methods in an irrigated saline soil, Can Journal Soil Science, 68: 202-221.
- Dewan, M.L. and Famouri, J., 1964. The Soils of Iran. FAO.
- Gharaibeh, M.A., Eltaif, N.I. and Shra'a, S.H., 2012. Desalination and Desodification Curves of Highly Saline-Sodic Soil Amended with Phosphoric Acid and by Product Gypsum. International Journal of Environmental Science and Development, Vol. 3, No. 1. 39-42.
- Hanay, A., Büyüksönmez, F., Kızıloğlu, F. and Canbolat, M., 2014. Reclamation of Saline-Sodic Soils with Gypsum and MSW Compost. Journal of Compost Science and Utilization, 2: 175-179.
- Honardoust, F., Onaq, M. and Sheikh, V., 2011. Assessing the current state of desertification of the Suficom-Mangali plain in the northwest of Golestan province, Soil and water Protection Research Journal, 3:

- 213-220.
17. Hosein Zia, M., H., Saifullah, M., Sabir, A., Ghafoor, A. and Murtaza, G., 2007. Effectiveness of Sulphuric Acid and Gypsum for the Reclamation of a Calcareous Saline-Sodic Soil Under Four Crop Rotations. *Journal of Agronomy and Crop Science* 193(4):262-269.
 18. Imadi, S.R., Shah, S.W., Kazi, A.G., Azooz, M.M. and Ahmad, P., 2016. Phytoremediation of saline soils for sustainable agricultural productivity. *Plant Metal Interaction*, chapter. 18: 455-468.
 19. Jafari Pour, H., Khaza'ian, A. and Yousefi, H., 2017. Chemical synthesis method and nano fiber lignocellulose gel properties, National Conference on Nanostructures, Nano Engineering Sciences.
 20. Jensen, A., Lim, L.T., Barbut, S. and Marcone, M., 2015. Development and characterization of soy protein films incorporated with cellulose fibers using a hot surface casting technique. *LWT-Food Science and Technology*, 60(1):162-170.
 21. Khormali, F., 2006. Study of physico-chemical properties, mineralogy and evolution of saline-sodic soils in the dominant series of these soils in Golestan province, report of research project, 88 p.
 22. Khoshgoftarmanesh, A., Shariatmadari, H. and Vakil, R., 2002, Reclamation of Saline Soils by Leaching and Barley Production, 17th WCSS, 14-21 August, Thailand.
 23. Mahmoudi, M. and Hakimian, M., 1998. The principles of soil science. Tehran University Press .701 p.
 24. Manzoor, A., Husseini, N., Salim, M. and Niazi, B.H, 2001. Use of Chemical Amendments for Reclamation of Saline-Sodic Soils, *International Journal of Agriculture and Biology*, 3: 305-307.
 25. *Journal of Agricultural Science and Technology*, soil and water Science. 17-97: 66.
 26. Madejon E., Lopes, R., Murillo, Y.M. and Cabrera, F., 2001. Agricultural use of three sugar beet) vinasse compost: effect on crops and chemical properties of a cambisol soil in the Guadalquivir River Valley (SW Spain). *Agriculture*.
 27. Momeni, A., 2010. Geographical distribution and salinity levels of Iran's soil resources, *Soil Researches Journal (Water and Soil Science)*, 3: 215-205.
 28. Nouri, Z., 2017. Feasibility study on the improvement of chemical properties of sodic soils using various sources of biocrystalline, gypsum and sodium sulfate. A thesis for the degree of Master of Science. University of Zanjan, 120 p.
 29. Pazira, A., 2012. The possibility of improvement of saline-sodic soils by using chemical amendments, *Soil and Water Resource Conservation Journal*, No: 4, 28-43.
 30. Prasad, R. and Power, J.F, 2001. Soil fertility management for sustainable agriculture, 387p.
 31. Poor Hakim Rezaei, M.A. 1997. Investigation of the effects of consumption of different amounts of sulfur on the improvement of saline and alkaline soils combined with sugar beet cultivation, West Azerbaijan Agricultural Research Center.
 32. Rastegar, S., Rezaei, H., Yousefi, H. 2018. Evaluation of the efficiency of nanofibrillar cellulosic adsorbent in the removal of lead from aqueous solutions. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, Year 9, Issue 2, Pages 251-262
 33. Rengasamy, P, 2006. World salinization with emphasis on Australia. *J Exp. Bot.* 57: 1017-1023.
 34. Raychev, T., Popandova1, S., Józefaciuk, G., Hajnos, M. and Sokolowska, M., 2001. Physicochemical reclamation of saline soils using coal powder, *Physicochemical Reclamation of Saline Soil*: 15, 51-54.
 35. Reyhani, S., 2017. Investigating the effect of different ratios of gypsum and grape wastes on a sample of alkaline soil under barley culture. A thesis for the degree of Master of Science, Yazd University, 117 p.
 36. Sabeti, Sh., 2007. Investigation of wind erosion mechanism and its effect on desertification risk in the plains north of Aqqala (Golestan province). Master Thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 122 p.
 37. Sadiq, M., Hassan, G., Mehdi, S., Hussain, N., and Jamil, M., 2007. Amelioration of salinesodic soils with tillage implements and sulfuric acid application. *Journal of Pedosphere*, 17; 182-190.
 38. Sayyari, M. and S. Mahmoodi, 2002. An investigation of reason of soil salinity and alkalinity on some part of Khorasan province (Dizbad-e Pain Region). 17th WCSS, 14-21 August 2002, 12p.
 39. Sepehr, F., 2017. Response of some biological properties of saline-sodic soils to sulfur-containing treatments. A thesis for the

- degree of Master of Science. Isfahan University of Technology, Faculty of Agricultural Engineering, 94 p.
40. Sharifi, Sh., 2017. Comparison of the effects of cow manure, vermicompost and Azolla on the physical properties of saline-sodic soil, 15th Iranian soil science congress. University of Tehran.
41. Vashev, B., Gaiser, T., Ghawana. T., De Vries, A. and Stahr, K., 2010. Biosafor Project Deliverable 9: Cropping Potentials for Saline Areas
42. Wong, V.L.N., Dalal, R.C. and Greene, R.S.B., 2009. Carbon dynamics of sodic and saline soils following gypsum and organic material, *Soil Use and Management*, 26, 2-11.
43. Yazdanpanah, N., Pazira, E., Neshat, A. and Mahmoodabadi, M. 2012. Effect of different amendments on some physical and chemical properties of a saline-sodic soil. *Arid Biome Scientific and Research Journal*, Vol. 2 No. 1. 84-96.
44. Zhang, F. Q., She, W. J., and Fu, Y. F. 2009. Effect of nano-silver on cell division and mitotic chromosomes: a preface siren. *Geneva*. 40: 504-509.

Evaluating the Effectiveness of Animal Nano-Fertilizer and Biological and Chemical Amendments in the Reclamation of Saline Soils

Azadeh Soltani¹, Hamid Reza Asgari², Hosein Yusefi³

Received: 11/05/2019

Accepted: 06/07/2020

Expanded abstracts

Introduction: Saline soil contains large amounts of soluble salts. In addition to natural factors affecting soil salinization such as climate, topography, and abundance of evaporative formations in the region, the human factors that result from incorrect management of the agricultural system (such as using low-quality water for irrigation, overuse of chemical fertilizers, the frequency of irrigation, the type of irrigation system, poor soil drainage, etc.), are considered as the main causes of soil salinization (secondary salinity). According to the FAO report (2002), these regions' area is estimated to be approximately 831 million hectares, out of which 397 million hectares are saline soils, and 434 million hectares are sodic soils. As found by recent researches, the area of saline soils is estimated as 44.5 million hectares in Iran, constituting 27% of the total area of the country. Different methods including the selection of salinity-resistant plants, application of special methods of bed preparing and seed planting that minimize the accumulation of salts around the seeds, the use of larger amounts of irrigation water to leaching salts from the depth of plant roots penetration, and the use of chemical amendments such as sulfur, sulfuric acid, iron sulfate, gypsum, ammonium polyphosphate, calcium polyphosphate, etc., have already been used for reclamation of saline soils. Studies on this issue have often focused on the use of various amendments (chemical and organic matters). However, saline-sodic soils have not been studied based on nanoscale organic modifiers. Having various usages in natural resources and agriculture, including the remediation of soils contaminated with different contaminants such as saline-sodic soils, nanomaterials have found much application in industrial and semi-industrial laboratory scales in recent decades.

1. Graduate Master of Desert management. Department of Desert Management. Gorgan university of Agricultural Science and Natural Resources

2. Faculty Member of the University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Desert management. Department of Desert Management. Gorgan university of Agricultural Science and Natural Resources. corresponding Author; hras2010@gmail.com

3. Faculty Member of the University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Department of Wood Engineering and technology. Gorgan university of Agricultural Science and Natural Resources.

Therefore, this study sought to investigate the effects of chemical, biological, and Nano-particle solutions on the modification of these soils.

Materials and Methods: The purpose of this study was the reclamation of saline and sodic soils using chemical, biological, and nanotechnology methods. The study region with an area of about 100 hectares was located in the northwest of Golestan province, between 37° 09' 18" to 37° 10' 15" Northern latitude and 54° 25' 15" to 54° 25' 30" Eastern longitude. The study was arranged in a completely randomized factorial design by using eight treatments, including 1) control, 2) gypsum, 3) gypsum and livestock manure, 4) livestock manure, 5) nano-livestock manure of 0.03%, 6) nano-livestock manure of 0.06%, 7) nano- livestock manure of 0.06% and gypsum, 8) nano- livestock manure of 0.03% and gypsum. Each treatment was repeated three times. Statistical analysis of the data was performed by one-way analysis of variance and Duncan's multi-domain test in the SPSS software.

Results: Prior to the experiment, soil samples were examined in the laboratory, and some soil parameters such as exchange sodium percentage (ESP), acidity (pH), and soil electrical conductivity (EC) were measured. After adding the amendments to the pots, they were leached for 30 days so that this amount of water was added to the soil four times (once every seven days). After leaching, each pot's ESP, EC, and pH values were measured. The results showed that nano-manure treatments of 0.06% + gypsum and nano-manure of 0.03% + gypsum (at the level of 1%) had the greatest effect on reducing the ESP, and treatments of manure and nano-manure of 0.03% had the greatest effect on reducing EC. It was also found that soil acidity had the greatest decrease under the influence of gypsum and animal manure + gypsum treatments.

Results and discussion: The results of the study indicated that the gypsum amendment, along with animal manure, had significant effects on reducing ESP, EC, and pH in micro and nanoscales. Livestock manure was also found to positively reduce ESP, EC, and pH in both nano and micro scales. The applied nano-manure at both levels of 0.06% and 0.03% had a significant effect on improving the soil condition, especially on reducing soil acidity. In general, it could be concluded that the application of organic matter (animal manure) on a nanoscale exerts a greater influence on improving the condition of saline and sodic soils in comparison to that caused via micro-scale, which will be more effective if used in conjunction with gypsum.

Keywords: Saline soils, Nano-fertilizers, Chemical and biological amendments, Golestan province, Sufikem plain.