پژوهش های آبخیزداری شماره ۸۶، بهار ۱۳۸۹
(پژوهش و سازندگی)

بررسی تاثیر چند ماده اصلاح کننده بر روی خصوصیات شیمیایی خاک شور–سدیمی

• **غلامرضا قانعی مطلق**،دانش آموخته کارشناسی ارشد خاک شناسی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان(نویسنده مسئول)
•**عباس پاشایی اول**، عضو هیأت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
•**فرهاد خرمالی**، عضو هیأت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
•**ابوالفضل مساعدی**، عضو هیأت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: مهرماه ۱۳۸۷ تاریخ پذیرش: مهرماه ۱۳۸۸
تلفن تماس: ۰۹۱۵۱۳۳۹۷۱۹
Email: ghaneie2004@yahoo.com

چکیده

حدود ۱۳۰هزار هکتار از خاک های شور–سدیمی استان گلستان نیاز به اصلاح دارند. این آزمایش بر روی یک خاک شور– سدیمی انجام گردید تا تغییرات در ویژگی های شیمیایی خاک بعد از کاربرد تیمارهای مختلف مقایسه گردد. تیمارها شامل الف: گچ ب: اسید سولفوریک ج: گوگرد و د: شاهد بودند. هم چنین مقدار ۶۰سانتی متر آب آبشویی به تمام تیمارها اضافه گردید. هدایت الکتریکی عصاره اشباع، واکنش، سدیم تبادلی، سدیم، کلسیم و منیزیم محلول خاک برای هر تیمار در اعماق ۳۰ و ۶۰ سانتی متری فوقانی خاک بعد از ۴۰ روز اندازه گیری شدند. تجزیه آماری داده ها با استفاده از بسته نرم افزاری SAS انجام شد. فرآیندهای شوری زدایی و سدیم زدایی در تمام تیمارها مشاهده گردید. کاربرد گچ و اسید سولفوریک، مقدار یون کلسیم و منیزیم محلول را افزایش و مقدار یون سدیم محلول را در ۶۰ سانتی متری فوقانی خاک کاهش داد. بنابراین، کاربرد گچ و اسید سولفوریک مقدار نسبت جذب سدیم، هدایت الکتریکی عصاره اشباع و واکنش خاک را در ۶۰ سانتی متری فوقانی خاک به طور معنی داری کاهش داد. گوگرد مقدار نسبت جذب سدیم، هدایت الکتریکی عصاره اشباع و واکنش خاک را در مقایسه با تیمار شاهد در ۶۰ سانتی متری فوقانی خاک کاهش داد، هرچند این پارامترها را به طور معنی داری کاهش نداد. به طورکلی برای اصلاح خاک سطحی، کاربرد گچ و اسید سولفوریک موثرترین تیمارهای مورد استفاده بودند.

کلمات کلیدی:گچ، اسید سولفوریک، گوگرد، خاک های شور–سدیمی، اصلاح خاک، گرگان

Watershed Management Research Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 86 pp: 24-31

Investigating effect of some amendments on soil chemical properties in a saline-sodic soil

By: Gh. Ghaneie Motlagh, MSc Graduated of Natural Resources and Agricultural Sciences Faculty, Gorgan University, (Corresponding Author; Tel: 0989151339719), A. Pashaee Aval, F. Khormali and A. Mosaedi, Members of Scientific Board of Natural Resources and Agricultural Sciences Faculty, Gorgan University.

Reclamation is needed on about 130 thousand hectares of saline-sodic soils in the Golestan province. This field experiment was conducted on a saline-sodic soil to compare changes in chemical properties after various treatments. Treatments were: (i) gypsum, (ii) sulphuric acid, (iii) sulphur and (iv) a control. Also, 60 cm of water added to all treatments for leaching. Electrical conductivity (EC), pH, exchangeable Na^{+}, Na^{+}, Ca^{+2} and Mg^{+2} of the soil in the saturated paste extract under each treatments were measured in the 30 cm and 60 cm soil depths after 40 days. All statistical analysis were performed using the SAS software package. Desalinization and desodification processes were observed in all the treatments. Gypsum and sulphuric acid application increased the soluble Ca^{+2} Mg^{+2} and decreased the soluble Na^{+} in the top 60 cm of soil. Therefore, gypsum and sulphuric acid application significantly decreased SAR, EC and pH in the top 60 cm of soil. Sulphur decreased SAR, EC and pH when compared to control in the top 60 cm of soil. But non-significantly decreased these same parameters. In general, for surface soil improvement, gypsum and sulphuric acid application was the most effective of the treatments used.

Keywords: Gypsum, Sulphuric acid, Sulphur, Saline-sodic soils, Soil reclamation, Gorgan.

مقدمه

در ایران مساحتی در حدود ۲۳/۵میلیون هکتار از اراضی، با مسائل شوری، سدیمی و ماندابی بودن روبرو هستند (Davan و Famouri، ۱۹۶۴). حدود ۱۳۰هزار هکتار از این اراضی در نواحی پست استان گلستان قرار دارند (مهاجر میلانی و عظیم بردی، ۱۳۷۲). در بسیاری از کشورها، جهت تامین نیازمندی های جمعیت رو به رشد خود، اراضی به شدت مورد بهره برداری قرار می گیرند. افزایش جمعیت منجر به نیاز بیشتر به تولیدات کشاورزی و غیرکشاورزی نظیر توسعه های زیربنایی مانند شهرسازی و جاده سازی شده، لذا در الگوی استفاده از اراضی بایستی بازنگری صورت گیرد (Prasad و Power، ۲۰۰۱). بدلیل فشار جمعیت و پیامد آن، افزایش تقاضا برای غذا، خاک های شور و سدیمی بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته اند. تقاضای زیاد برای غذا، آبیاری را در چنین مناطقی ایجاب کرده است. بدون امکانات کافی برای زهکشی، آبیاری این اراضی وضعیت شوری و سدیمی بودن خاک را بدتر کرده است. برای تولید غذا، به این خاک ها باید به عنوان خاک های مشکل دار که نیاز به اقدامات و شیوه های مدیریتی ویژه دارند، برخورد کرد (Prasad و Power، ۲۰۰۱).

هدف از این تحقیق بررسی تاثیر گچ، اسید سولفوریک و گوگرد در کاهش شوری و یا سدیمی بودن خاک های دارای بافت سنگین دشت آق قلا و مقایسه تاثیرشان با آبشویی بدون استفاده از مواد اصلاح کننده به منظور اصلاح چنین خاکی می باشد.

Kelley و همکاران (۱۹۵۱) طی ده سال تحقیقات مداوم در زمینه اصلاح خاک های شور- سدیمی در ایالت کالیفرنیای آمریکا نتیجه گرفتند که کاربرد گچ و گوگرد، سدیمی بودن خاک را به مقدار قابل توجهی کاهش می دهد. Chand و Abrol (۱۹۷۷) در یک مطالعه مزرعه ای به بررسی تاثیر گچ، سولفات آلومینیوم و اسید سولفوریک بر روی خاک های سدیمی منطقه ای از هند پرداخته و نتیجه گرفتند که این سه ماده اصلاح کننده بازدهی تقریبا مشابهی در افزایش عملکرد جو داشته است.

Rooyen و Weber (۱۹۷۷) در مطالعه تاثیر درازمدت پنج اصلاح کننده یعنی گچ، گوگرد، سولفات پتاسیم، کود حیوانی و ملاس نیشکر روی یک خاک شور- سدیمی در آفریقای جنوبی به این نتیجه رسیدند که گچ و گوگرد در یک دوره درازمدت تاثیرات مطلوبی روی ویژگی های فیزیکی خاک دارند. Mann و همکاران (۱۹۸۲) در مطالعه یک خاک شور-سدیمی در پرتغال، نتیجه گرفتند که کاربرد گچ، درصد سدیم تبادلی خاک را کاهش و مقدار نفوذ و زه آب خروجی را افزایش می دهد.

Koo و همکاران (۱۹۹۰) در مطالعه آزمایشگاهی اصلاح یک خاک سدیمی در کره جنوبی نتیجه گرفتند که آبشویی خاک بعد از کاربرد ۴/۵تن در هکتار گچ، مؤثرترین تیمار در اصلاح خاک های سدیمی می باشد. Hanay و همکاران (۲۰۰۴) در اصلاح خاک های شور- سدیمی در ترکیه نشان دادند که کاربرد ۵۰تن در هکتار گچ همراه با ۱۵۰تن در هکتار کمپوست فضولات شهری بطور مؤثری این خاک ها را اصلاح می کند. Murtuza و همکاران (۲۰۰۵) در یک خاک شور-سدیمی در پاکستان از دو اصلاح کننده کود حیوانی و گچ استفاده کردند و نتیجه گرفتند که گچ (به مقدار ۱۰۰درصد نیاز گچی) نسبت به کود حیوانی (به مقدار ۲۵تن در هکتار) تاثیر بیشتری دارد. Sadiq و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی اصلاح خاک شور- سدیمی در پاکستان با استفاده از ادوات خاک ورزی و کاربرد اسید سولفوریک، نشان دادند که کاربرد اسید سولفوریک به مقدار ۲۰درصد نیاز گچی روند اصلاح خاک را تسریع می کند.

نیک مرام (۱۳۶۳) اثر کاربرد مقادیر مختلف گوگرد را در آذربایجان غربی بررسی نمود. نتایج تحقیق نشان داد که کاربرد ۶تن در هکتار گوگرد، درصد سدیم تبادلی خاک، هدایت الکتریکی عصاره اشباع و pH را کاهش

Archive of SID

www.SID.ir

داده است. فلاح (۱۳۶۴) اثرات استفاده از اسید سولفوریک را در شالیزارهای استان مازندران بررسی کرد و به این نتیجه رسید که با مصرف ۴ تن در هکتار اسید سولفوریک، یون های کلسیم و منیزیم در آب زهکشی افزایش خطی داشته است. خطیبی (۱۳۶۶) تاثیر مصرف گوگرد را در آذربایجان شرقی بررسی کرد و نتیجه گرفت که مصرف ۱۵/۶تن در هکتار گوگرد، درصد سدیم تبادلی خاک را کاهش داده است.

صدیق (۱۳۷۲) تاثیرات اسید سولفوریک را در استان خراسان مورد بررسی قرار داد. نامبرده کاربرد ۵۰۲۵کیلوگرم در هکتار را به همراه مصرف ۶۰سانتی متر آب توصیه کرد. اسلامی (۱۳۷۳) به مقایسه کارایی استفاده از گچ، اسید سولفوریک و گوگرد در خاک های شور- سدیمی گنبد پرداخت. نتایج تحقیق نشان داد که در تمامی تیمارهای استفاده شده از مواد اصلاح کننده مقدار هدایت الکتریکی عصاره اشباع و درصد سدیم تبادلی خاک نسبت به تیمار شاهد کاهش یافته است. تشکری (۱۳۷۶) تاثیر نوع، مقدار و نحوه استفاده از گچ را در استان مازندران مورد مطالعه قرار داد و نشان داد که کاربرد ۲۸/۴تن در هکتار گچ نسبت جذب سدیم خاک را از ۶۰ به ۱۴ کاهش داده است. عسگری (۱۳۸۰) تاثیر مواد اصلاح کننده گچ، گوگرد و اسید سولفوریک را در خاک های شور- سدیمی سقرتپه استان گلستان مورد بررسی قرار داد. نامبرده نتیجه گرفت که کاربرد ۳ تن در هکتار اسید سولفوریک و ۵/۳تن در هکتار گچ بیشترین تاثیر را در اصلاح خاک نسبت به تیمارهای شاهد و گوگرد داشته است.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در مزرعه ای در ۲۳ کیلومتری شمال شرقی شهر آق قلا واقع در استان گلستان انجام گرفت. اقلیم منطقه با توجه به تقسیم بندی اقلیمی آمبرژه "خشک و معتدل" گزارش شده است. متوسط بارندگی سالیانه منطقه با توجه به آمار ۱۱ ساله (۲۰۰۰-۱۹۹۰) ایستگاه هواشناسی سد وشمگیر ۳۱۸ میلی متر و متوسط درجه حرارت سالیانه منطقه ۱۸/۳ درجه سانتی گراد می باشد. از نظر فیزیوگرافی، منطقه مذکور شامل تیپ دشت آبرفتی رودخانه ای بوده که مواد مادری آنها مواد آبرفتی است. سنگ مادر خاک های منطقه از نظر زمین شناسی، تشکیلات کواترنری می باشد (پاشایی اول، ۱۳۶۸). سطح آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه بین ۲/۷متر در دی ماه و ۲/۲متر در تیرماه متغیر است.

محاسبه نیاز گچی، مقدار آب آبشویی و زمان لازم جهت اصلاح خاک

نیاز گچی با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید.

رابطه (۱)

$$(Ca+Mg)= (ESP_i-ESP_f) \times CEC \times D_b \times D_{soil}/۱۰۰$$

در رابطه فوق مقدار (Ca+Mg) مقدار کل کاتیون های دوظرفیتی بر حسب keq/ha است که قرار است با آب آبشویی وارد خاک شود، ESP_i مقدار اولیه سدیم تبادلی خاک، ESP_f مقدار نهایی سدیم تبادلی خاک بر حسب درصد که باید بدست آید، CEC ظرفیت تبادلی خاک بر حسب meq/100g، D_b جرم مخصوص ظاهری خاک بر حسب g/cm^3 و D_{soil} عمق خاک بر حسب سانتی متر می باشند. در این آزمایش موارد مذکور به ترتیب برابر با ۳۷درصد، ۵درصد، ۲۲ میلی اکی والان در ۱۰۰گرم خاک، ۱/۴ گرم بر سانتی متر مکعب و ۳۰ سانتی متر بر اساس داده های بدست آمده در نظر گرفته شده اند. مقدار گچ بر حسب kg/ha از ضرب مقدار (Ca+Mg) در ۸۶ به دست می آید. به دلیل ناخالص بودن گچ، مقدار آن در فاکتور تصحیح ۱/۲۵ ضرب گردید. مقدار موردنیاز اسید سولفوریک و گوگرد از ضرب مقدار نیاز گچی در ضریب های مربوطه که برای اسید سولفوریک برابر با ۰/۵۷ و برای گوگرد برابر با ۰/۱۹ می باشد محاسبه گردید (برزگر، ۱۳۷۹).

مقدار آب آبشویی با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید.

رابطه (۲)

$$\text{مقدار آب آبشویی (میلی‌متر)} = \frac{(Ca+Mg)}{10[C_{i,2+}+X]\times f}$$

مقدار (Ca+Mg) از رابطه ۱ بدست می آید. Ci_{2+}، غلظت کاتیون های دوظرفیتی در آب آبشویی بر حسب meq/ml، X غلظت لازم گچ بر حسب meq/ml در آب آبشویی و f فاکتور راندمان آبشویی که بین ۰/۸-۰/۳ متغیر است.

زمان لازم جهت اصلاح خاک از تقسیم مقدار آب آبشویی بر حسب سانتی متر بر ظرفیت زهکشی خاک بر حسب سانتیمتر در روز محاسبه گردید. ظرفیت زهکشی خاک مورد بررسی برابر با ۱/۵۴ سانتی متر در روز می باشد.

تیمارها

آزمایش در ۴ تکرار در کرت های ۲×۲ متری در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با استفاده از تیمارهای زیر انجام گردید.

۱- آبشویی خاک با آب شور-سدیمی

$(EC=۵/۱۷\ dS\ m^{-1}, SAR=۱۲/۵, RSC=۲۰/۸\ mg\ l^{-1})$

۲- کاربرد صد در صد نیاز گچی (به مقدار ۳۲ تن در هکتار) به همراه آبشویی خاک با آب شور-سدیمی

۳- کاربرد اسید سولفوریک (به مقدار ۱۸/۲ تن در هکتار) به همراه آبشویی خاک با آب شور-سدیمی

۴- کاربرد گوگرد (به مقدار ۶ تن در هکتار) به همراه آبشویی خاک با آب شور-سدیمی

روش آزمایش

به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نیمرخ خاک، یک پروفیل در مزرعه آزمایشی موردنظر حفر و از تمامی لایه های آن نمونه های خاک برداشته شد.

خاک مورد بررسی بر اساس رده بندی جامع آمریکایی (Key to soil taxonomy، ۲۰۰۶) در خانواده Fine-Silty, mixed, active, Thermic Typic Haplosalids قرار می گیرد.

قبل از اضافه کردن مواد اصلاح کننده به خاک، نسبت به زیرشکنی

Archive of SID

خـاک اقدام گردید. سـپس کرت های آزمایشـی به تعـداد ۱۶ قطعه با فواصل دومتری و دیواره هایی به ارتفاع ۵۰ سـانتی متر آماده شـدند. به منظور جلوگیری از حرکت جانبی آب از کرتی به کرت دیگر، دیواره عایق پلاستیکی تا عمق یک متر در اطراف تمام کرت ها کار گذاشته شد. بلوک ها به موازات کانال زهکشی روباز استقرار یافته تا شرایط زهکشی برای تمام بلوک ها یکسان باشد.

پس از آماده شـدن کرت های آزمایشی، مواد اصلاح کننده به خاک اضافـه و گـچ و گوگرد به خوبی با خاک مخلـوط گردیدند. بعد از اضافه کـردن مواد اصـلاح کننـده، آب موردنیاز در ۳ نوبـت (در هر نوبت ۲۰ سـانتیمتر) و بـه فاصله ۶ روز به کـرت ها اضافه گردید. در اسـتفاده از روش های آبشویی، روش غرقاب متناوب راندمان بیشتری نسبت به روش غرقـاب دایم دارد (Cote و همکاران، ۲۰۰۰). آب آبشـویی از منبع آبی موجود در منطقه که شور- سدیمی نیز بود تامین گردید. به منظور تعیین دقیق مقدار آب به کار گرفته شده در سطح کرت ها، آب در محل ایستگاه پمپـاژ آب که مجهز به کنتورهـای حجمی آب بود، به داخل تانک حمل کننـده منتقل گردیـد. پس از طی زمان لازم جهـت اصلاح خاک یعنی ۴۰روز از شـروع آزمایش، نمونه های مرکب خاک از عمق های ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی متری هر کرت برداشت شد و برخی خصوصیات شیمیایی لازم جهت بررسی تغییرات شیمیایی خاک مورد اندازه گیری قرار گرفت (جـدول ۳). دلیل انتخاب این عمق ها مطالعه تاثیر مواد اصلاح کننده بر اصلاح خاک سطحی می باشـد. تجزیه آماری داده ها با استفاده از بسته نـرم افـزاری SAS(SAS Institute،۲۰۰۵) و مقایسـه میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ صورت گرفت.

مشاهدات و نتایج

برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی لایه های مختلف خاک مورد آزمایش در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است. بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۱، بافت خاک سنگین و عمدتاً لوم رسی سیلتی می باشد.

میانگیـن هدایت الکتریکی عصاره اشـباع خاک برابر با ۵۶ دسـی زیمنس بر متر و میانگین نسـبت جذب سـدیم در نیمرخ خاک برابر با ۴۴/۵ می باشد (جدول ۲). بنابراین خاک مورد آزمایش جزو خاک های

جدول۱-برخی خصوصیات فیزیکی نیمرخ خاک مورد بررسی

عمق خاک (سانتی متر)	بافت خاک	ماسه (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)
۰-۳۰	لوم سیلتی	۸	۶۸	۲۴
۳۰-۶۰	لوم رسی سیلتی	۱۰	۶۰	۳۰
۶۰-۹۰	رس سیلتی	۱۰	۴۶	۴۴
۹۰-۱۲۰	لوم رسی سیلتی	۱۹	۵۳	۲۸

شور-سدیمی طبقه بندی می شود. میانگین واکنش خاک برابر با ۷/۷۵ بوده و میانگین آهک در نیمرخ خاک برابر با ۱۳ درصد می باشد. مقدار کربن آلی در نیمرخ خاک ناچیز و کمتر از ۱ درصد بود. سـطوح تبادلی خاک در ۳۰ و ۶۰ سانتی متری فوقانی خاک به ترتیب ۳۷ و ۵۵ درصد (بر حسب ۱۰۰meq/g) توسط یون سدیم اشغال شده است (جدول ۲). با توجه به اینکه مقدار هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم آب مورد استفاده برای آبشویی به ترتیب برابر با ۵/۱۷ و ۱۲/۵ می باشد، بنابراین آب مورد اسـتفاده جزو آب های شور-سدیمی طبقه بندی می شود. بر اسـاس جدول راهنمای تفسیر کیفیت آب برای آبیاری از نظر تاثیر آن در نفوذپذیری (علیزاده، ۱۳۷۷) آب مورد استفاده با میزان EC بیش از ۵ دسـی زیمنس بر متر و SAR بیش از ۱۲ دارای کیفیت خوب برای آبشویی می باشد.

واکنش خاک، هدایت الکتریکی عصاره اشباع، درصد سدیم تبادلی، سدیم، کلسیم و منیزیم محلول خاک برای هر تیمار در عمق ۳۰ و ۶۰ سانتی متری فوقانی خاک پس از ۴۰ روز از شروع آزمایش اندازه گیری شـدند که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شـده اسـت. بر اساس این نتایج مقدار pH در تیمارهای گچ، اسـید سـولفوریک و گوگرد به ترتیب به ۷/۴۶، ۷/۴ و ۷/۵ در ۳۰ سـانتی متـری فوقانی خـاک کاهش یافته و در تیمار شـاهد تغییری نکرده اسـت. مقدار pH در ۶۰ سـانتی متری فوقانـی خاک به ترتیب بـه ۷/۷۲، ۷/۷ ، ۷/۷۵ کاهش یافته و در تیمار

جدول۲-برخی خصوصیات شیمیایی نیم رخ خاک مورد بررسی

عمق خاک (سانتی متر)	EC_e ($dS\ m^{-1}$)	pH	$Ca^{++}+Mg^{++}$ ($meq\ l^{-1}$)	Na^{+} ($meq\ l^{-1}$)	SAR	ESP (٪)	آهک(٪)	کربن آلی (٪)
۰-۳۰	۲۹	۷/۶۴	۹۸	۱۸۲	۳۲	۳۷	۱۳	۰/۸۴
۳۰-۶۰	۵۳	۷/۶۸	۱۳۰	۳۸۷	۴۸	۵۵	۱۳/۵	۰/۲۵
۶۰-۹۰	۶۲	۷/۶۶	۵۷	۲۲۴	۴۲	-	۱۱	۰/۱۸
۹۰-۱۲۰	۸۰	۸/۰۵	۶۴	۳۱۸	۵۶	-	۱۵	۰/۱۲

Archive of SID

www.SID.ir

شـاهد تغییری نکرده است. مقدار ECe در تیمارهای شاهد، گچ، اسید سولفوریک و گوگرد به ترتیب به ۲۰/۳، ۱۴/۲، ۱۳/۵ و ۱۹/۶ در ۳۰ سانتی متری فوقانی خاک کاهش یافته اسـت. مقدار ECe در ۶۰ سـانتی متری فوقانی خاک به ترتیب به ۴۳/۹، ۳۸/۷، ۴۳/۲ و ۴۱/۴ کاهش یافته اسـت. مقدار SAR در تیمارهای شـاهد، گچ، اسید سولفوریک و گوگرد به ترتیب به ۲۵، ۱/۶، ۴/۴ و ۲۲ در ۳۰ سانتیمتری فوقانی خاک کاهش یافته است. مقـدار SAR در ۶۰ سـانتی متری فوقانی خاک به ترتیـب به ۴۲، ۲۵/۷، ۱۸/۲۵ و ۳۹ کاهـش یافته اسـت. مقدار ESP در تیمارهای شـاهد، گچ، اسـید سـولفوریک و گوگرد به ترتیب بـه ۲۹/۶۷، ۵/۷۸، ۴/۷۲ و ۲۶/۰۷ در ۳۰ سـانتی متری فوقانی خاک کاهش یافته اسـت. مقدار ESP در ۶۰ سـانتی متری فوقانی خاک به ترتیب به ۵۵/۶۷، ۳۳/۴۲، ۲۷/۳۷ و ۵۰/۶۵ کاهش یافته است.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیـه واریانس مقادیـر هدایت الکتریکی عصاره اشـباع، واکنش، نسـبت جذب سـدیم و درصد سدیم تبادلی خاک با اسـتفاده از بسته نرم افزاری SAS انجام گرفت که نتایج آن در جداول ۴ تا ۷ ارائه شده است.

نتایـج حاصل از تجزیه شـیمیایی نمونه های خـاک پس از کاربرد تیمارها شامل pH، ECe، ESP و SAR مورد تجزیه آماری قرار گرفته و میانگین این پارامترها با اسـتفاده از آزمون دانکن در سـطح احتمال ۰/۰۵ مقایسه گردیدند که نتایج آن در جدول ۸ ارائه شده است.

بر اسـاس نتایج ارائه شـده در جدول ۸ اختـلاف معنی داری بین مقادیـر pH خاک در ۳۰ سـانتی متـری فوقانی خـاک در تیمارهای

جدول ۳- نتایج تجزیه شیمیایی نمونه های خاک پس از کاربرد تیمارها

عمق خاک (سانتی متر)	عمق خاک (سانتی متر)	pH	EC_e ($dS\ m^{-1}$)	$Ca^{++}+Mg^{++}$ ($meq\ l^{-1}$)	Na^{+} ($meq\ l^{-1}$)	SAR ($meq\ l^{-1}$)	ESP
شاهد	۰-۳۰	۷/۶	۲۰/۳	۷۸/۱	۱۵۶/۵	۲۵	۲۹/۶۷
	۳۰-۶۰	۷/۸	۴۳/۹	۱۱۶/۶	۳۲۰/۶	۴۲	۵۵/۶۷
گچ	۰-۳۰	۷/۴۶	۱۴/۲	۱۰۶	۴۳/۴	۱/۶	۵/۷۸
	۳۰-۶۰	۷/۷۲	۳۸/۷	۱۶۲/۷	۲۵۵/۵	۲۵/۷	۳۳/۴۲
اسید سولفوریک	۰-۳۰	۷/۴	۱۳/۵	۱۶۵/۲	۳۹/۹	۴/۴	۴/۷۲
	۳۰-۶۰	۷/۷	۴۳/۲	۲۴۲/۸	۱۹۷/۷	۱۸/۲۵	۲۷/۳۷
گوگرد	۰-۳۰	۷/۵	۱۹/۶	۹۰/۲۴	۱۴۷/۵	۲۲	۲۶/۰۷
	۳۰-۶۰	۷/۷۵	۴۱/۴	۱۴۱	۳۲۷/۷	۳۹	۵۰/۶۵

جدول۴-نتایج تجزیه واریانس مقادیر ECe

عمق خاک (سانتی متر)	منبع تغییرات	درجه آزادی	جمع مربع ها	میانگین مربع ها	ارزش F
۰-۳۰	تیمار	۳	۱۵۰/۸	۵۰/۲	۲۰/۹*
	بلوک	۳	۲۳/۷۲	۷/۹	۳/۳ns
	خطا	۹	۲۱/۵۲	۲/۴	
۳۰-۶۰	تیمار	۳	۶۰/۵۶	۲۱/۵۲	۱۶۵/۵*
	بلوک	۳	۲/۱۳	۰/۷۱	۵/۴۶ns
	خطا	۹	۱/۲۵	۱۳	

جدول۵-نتایج تجزیه واریانس مقادیر pH

عمق خاک (سانتی متر)	منبع تغییرات	درجه آزادی	جمع مربع ها	میانگین مربع ها	ارزش F
۰-۳۰	تیمار	۳	۳/۶۸	۱/۲۲	۱۲/۲*
	بلوک	۳	۲/۶۷	۰/۸۹	۸/۹ns
	خطا	۹	۰/۹	۰/۱	
۳۰-۶۰	تیمار	۳	۳/۴۳	۱/۱۴	۲۰/۷*
	بلوک	۳	۲/۳	۰/۷۶	۱۳/۸ns
	خطا	۹	۰/۵	۰/۰۵۵	

* نشان دهنده اختلاف معنی دار بین داده ها در سطح احتمالی ۰/۰۵ و ns نشان دهنده اختلاف غیرمعنی دار بین داده ها است.

جدول۶-نتایج تجزیه واریانس مقادیر SAR

عمق خاک (سانتی متر)	منبع تغییرات	درجه آزادی	جمع مربع ها	میانگین مربع ها	ارزش F
۰-۳۰	تیمار	۳	۱۷۱۴	۵۷۱/۳	۳۰۰۶/۸*
	بلوک	۳	۳/۲۲	۱/۰۷	۵/۶۳ns
	خطا	۹	۱/۷۸	۰/۱۹	
۳۰-۶۰	تیمار	۳	۱۵۳۴	۵۱۱/۳	۲۴۳/۴*
	بلوک	۳	۷/۷	۲/۵۶	۱/۳ns
	خطا	۹	۱۹/۳	۲/۱	

جدول۷-نتایج تجزیه واریانس مقادیر ESP

عمق خاک (سانتی متر)	منبع تغییرات	درجه آزادی	جمع مربع ها	میانگین مربع ها	ارزش F
۰-۳۰	تیمار	۳	۲۰۷۴/۶	۶۹۱/۵	۱۶۹۱/۱۹*
	بلوک	۳	۴/۱۳	۱/۳۷	۳/۳۷ns
	خطا	۹	۳/۶۸	۰/۴۰۸	
۳۰-۶۰	تیمار	۳	۲۱۹۶/۲۳	۷۳۲/۰۷	۲۳۲۷*
	بلوک	۳	۰/۱۶	۰/۰۵۳	۰/۱۷ns
	خطا	۹	۲/۸	۰/۳۱	

جدول۸-نتایج تاثیر تیمارها بر روی مقادیر PH، EC_e، SAR و ESP خاک بررسی

تیمار	۰-۳۰ سانتی متری فوقانی خاک				۳۰-۶۰ سانتی متری فوقانی خاک			
	pH	EC_e (dS m^{-1})	SAR (meq l^{-1})	ESP	pH	EC_e (dS m^{-1})	SAR (meq l^{-1})	ESP
شاهد	۷/۶a	۲۰/۳a	۲۵a	۲۹/۶۷a	۷/۸a	۴۳/۹a	۴۲a	۵۵/۶۷a
گچ	۷/۴۶c	۱۴/۲c	۱/۶c	۵/۷۸c	۷/۷۲b	۳۸/۷b	۲۵/۷c	۳۳/۴۲d
اسید سولفوریک	۷/۴d	۱۳/۵d	۴/۴d	۴/۷۲d	۷/۷b	۴۳/۲ab	۱۸/۲۵d	۲۷/۳۷c
گوگرد	۷/۵b	۱۹/۶b	۲۲b	۲۶/۰۷b	۷/۷۵b	۴۱/۴b	۳۹b	۵۰/۶۵b

مختلف وجود دارد. در ۶۰ سانتی متری فوقانی خاک بین تیمارهای گچ، اسید سولفوریک و گوگرد اختلاف معنی داری وجود نداشته اما اختلاف این تیمارها با تیمار شاهد معنی دار می باشد. بین مقادیر ECe در ۳۰ سانتی متری فوقانی خاک اختلاف معنی داری بین تمام تیمارها وجود دارد. در ۶۰ سانتی متری فوقانی خاک، تیمار گچ بطور معنی داری میانگین کمتری نسبت به شاهد و اسید سولفوریک دارد. درحالی که اختلاف آن با تیمار گوگرد معنی دار نمی باشد. بین تیمارهای شاهد، گوگرد و اسید سولفوریک نیز اختلاف معنی داری مشاهده نگردید.

بین مقادیر SAR در هر دو عمق ۳۰ و ۶۰ سانتی متری فوقانی خاک و بین تمام تیمارها اختلاف معنی داری مشاهده گردید. هم چنین بین مقادیر ESP در هر دو عمق ۳۰ و ۶۰ سانتی متری فوقانی خاک و بین تمام تیمارها اختلاف معنی داری مشاهده شد (جدول ۸).

بحث و نتیجه گیری

تاثیر تیمارها

انتظار می رفت که تاثیر تیمارها بر پارامترهای مختلف شیمیایی خاک در اثر کاربرد آب مورد استفاده جهت آبشویی تغییری نکند، زیرا تمام کرت ها آبی با مقدار و کیفیت یکسان دریافت کردند.

تاثیر آبشویی (بدون استفاده از مواد اصلاح کننده)

نتایج تجزیه شیمیایی خاک پس از کاربرد آبشویی نشان داد که مقدار کاتیون های سدیم، کلسیم و منیزیم محلول کاهش یافته است (جدول ۳). دلیل این امر شسته شدن این کاتیون ها و خارج شدن آنها همراه با آب ثقلی از خاک سطحی می باشد (Dahiya و همکاران، ۱۹۸۲)، به طوری که با کاهش این کاتیون ها مقدار نسبت جذب سدیم، درصد سدیم تبادلی و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک نیز کاهش یافته است. این نتایج نشان دهنده تاثیر هرچند اندک آبشویی در اصلاح خاک می باشد.

تاثیر گوگرد

بررسی نتایج تجزیه شیمیایی خاک پس از کاربرد گوگرد نشان داد که به دلیل شسته شدن کاتیون های سدیم، کلسیم و منیزیم محلول، مقدار این کاتیون ها کاهش یافته است. مقایسه نتایج حاصل از این تیمار و تیمار شاهد بیانگر افزایش جزئی در مقادیر کاتیون های کلسیم و منیزیم و کاهش

www.SID.ir

جزئی در مقدار سدیم محلول، درصد سدیم تبادلی و واکنش خاک است (جدول ۳). این مسئله احتمالا بدلیل تشکیل اسید سولفوریک حاصل از اکسیداسیون گوگرد و حل شدن آهک موجود در خاک است (Rooyen و Weber، ۱۹۷۷). نتایج بعضی محققان نشان می دهد که گوگرد در درازمدت تاثیر مطلوبی در اصلاح خاک دارد (Rooyen و Weber، ۱۹۷۷؛ Kelley و همکاران، ۱۹۵۱؛ نیک مرام، ۱۳۶۳؛ خطیبی، (۱۳۶۶). اسلامی (۱۳۷۳) در گنبد نتیجه گرفت که تیمار گوگرد در سال اول آزمایش اختلاف معنی داری نسبت به تیمار شاهد نداشته ولی در سال های دوم و سوم بیشترین تاثیر بر اصلاح خاک را داشته است.

با وجود این، در این آزمایش تیمار گوگرد تاثیر زیادی بر کاهش نسبت جذب سدیم، درصد سدیم تبادلی و واکنش خاک در مقایسه با تیمارهای گچ و اسید سولفوریک نداشته است. علت این موضوع اکسیدنشدن گوگرد در خاک به دلیل نبود شرایط فعالیت برای میکروارگانیزم های اکسیدکننده گوگرد می باشد (Starkey، ۱۹۶۶؛ میررسولی، ۱۳۶۵). عسگری (۱۳۸۰) در سقرتپه استان گلستان و میررسولی (۱۳۶۵) در مزرعه ارتش گرگان، به نتایج مشابه این تحقیق دست یافتند. از مزایای مصرف گوگرد می توان به کاربرد آسانتر آن در مقایسه با اسید سولفوریک اشاره کرد.

تاثیر اسید سولفوریک

نتایج تجزیه شیمیایی خاک پس از کاربرد اسید سولفوریک نشان دهنده تاثیر بسیار زیاد آن بر کاهش واکنش، نسبت جذب سدیم، درصد سدیم تبادلی و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک می باشد. نتایج نشان داد که مقدار کاتیون های کلسیم و منیزیم محلول در این تیمار نسبت به سایر تیمارها افزایش و مقدار یون سدیم محلول کاهش یافته است (جدول ۳). علت تاثیر زیاد اسید سولفوریک، حل شدن آهک خاک و رهاشدن یون کلسیم در محلول خاک است. Overstreet و همکاران (۱۹۸۰) نتیجه گرفتند که در خاک های با درصد آهک بالا، اسید سولفوریک با حل کردن آهک خاک و رهاسازی یون کلسیم باعث کاهش نسبت جذب سدیم می گردد. اسلامی (۱۳۷۳) در گنبد نتیجه گرفت که با وجود اینکه اسید سولفوریک در سال اول آزمایش بیشترین تاثیر را داشته، اما تداوم اثر آن نسبت به تیمارهای گچ و گوگرد کمتر بوده است. Sadiq و همکاران (۲۰۰۷) در اصلاح یک خاک شور-سدیمی در پاکستان نشان دادند که کاربرد اسید سولفوریک روند اصلاح خاک را تسریع می کند. فلاح (۱۳۶۴) در مازندران، صدیق (۱۳۷۲) در خراسان و عسگری (۱۳۸۰) در سقرتپه نتیجه مشابه این تحقیق به دست آوردند.

تاثیر گچ

نتایج تجزیه شیمیایی خاک پس از کاربرد گچ نشان داد که مقدار واکنش، نسبت جذب سدیم، درصد سدیم تبادلی و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک بطور قابل توجه و معنی داری کاهش یافته است. هم چنین مقدار کاتیون های کلسیم و منیزیم محلول افزایش و مقدار یون سدیم محلول کاهش یافته است (جدول ۳). این موضوع به دلیل حل شدن گچ و آزادشدن یون کلسیم و به دنبال آن شستشوی یون سدیم به خارج از نیم رخ خاک می باشد (Verma و Abral، ۱۹۸۰؛ Suhayda و همکاران، ۱۹۹۷؛ Koo و همکاران، ۱۹۹۰؛ Ilyas و همکاران، ۱۹۹۷).

علاوه بر این کاربرد گچ در خاک های با ساختمان ضعیف، باعث هم آوری ذرات خاک و افزایش نفوذپذیری شده و روند اصلاح شور- سدیمی بودن خاک را تسریع می کند (Charters و همکاران، ۱۹۸۵؛ Mann و همکاران، ۱۹۸۲؛ Baumhardt و همکاران، ۱۹۹۲؛ Mitchel و همکاران، ۲۰۰۰؛ Macc و Amrhein، ۲۰۰۱؛ Hanay و همکاران، ۲۰۰۴). هم چنین کاربرد گچ، جرم مخصوص ظاهری (Southard و همکاران، ۱۹۸۸) و سله بستن در سطح خاک را کاهش می دهد (Gal و همکاران، ۱۹۸۴). اسلامی (۱۳۷۳) در گنبد نشان داد که کاربرد گچ باعث کاهش درصد سدیم تبادلی و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک گردیده و نتیجه مطلوبی بر عملکرد محصول جو داشته است. تشکری (۱۳۷۶) در مازندران و عسگری (۱۳۸۰) در سقرتپه به نتایج مشابه دست یافتند. Mann و همکاران (۱۹۸۲)، Koo و همکاران (۱۹۹۰)، Hanay و همکاران (۲۰۰۴) و Murtaza و همکاران (۲۰۰۵) کاربرد گچ را موثرترین ماده اصلاح کننده ذکر می کنند.

نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد گچ، اسید سولفوریک و گوگرد باعث کاهش مقدار هدایت الکتریکی، سدیم محلول، درصد سدیم تبادلی، نسبت جذب سدیم و واکنش خاک گردیده است. آبشویی نمک های محلول و سدیم در کرت های استفاده شده از گچ و اسید سولفوریک نسبت به کرت های استفاده شده از گوگرد بیشتر بود. درنتیجه گچ و اسید سولفوریک نسبت به گوگرد تاثیر بیشتری در اصلاح خاک سطحی داشته اند. هم چنین آبشویی خاک بدون استفاده از ماده اصلاح کننده تاثیری در اصلاح خاک مورد آزمایش نداشت. با توجه به نتایج این تحقیق، استفاده از گچ و یا اسید سولفوریک همراه با آبشویی خاک برای اصلاح خاک سطحی پیشنهاد می گردد. هم چنین با توجه به تاثیر اندک گوگرد در اصلاح خاک، کاربرد آن در اصلاح این خاک مفید نمی باشد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از شرکت کشاورزی و دامپروری ران گرگان که مزرعه آزمایشی را جهت انجام این تحقیق در اختیار قرار داده اند سپاسگزاری می کنم.

منابع مورد استفاده

۱- اسلامی گمش تپه، ک. (۱۳۷۳) بررسی و مقایسه اثرات کاربرد مواد اصلاح کننده در بهسازی خاک های شور و قلیایی گنبد. مرکز تحقیقات کشاورزی استان گلستان. ۸ صفحه.

۲- برزگر، ع. (۱۳۷۹) خاک های شور و سدیمی: شناخت و بهره وری. انتشارات دانشگاه شهید چمران (اهواز). ۲۷۳ صفحه.

۳- پاشایی اول، ع. (۱۳۶۸) طرح مرتعداری آلاگل (زمین شناسی- خاکشناسی). کمیته کشاورزی جهاد سازندگی گرگان.

۴- تشکری، ع. (۱۳۷۶) بررسی نوع، میزان و نحوه استفاده از مواد اصلاح کننده در خاک های شور و سدیمی و عملکرد محصول برنج در مازندران. نشریه فنی شماره ۴۷۵، موسسه تحقیقات خاک و آب کشور.

۵- خطیبی، م. (۱۳۶۶) بررسی اثر گوگرد در اصلاح اراضی شور و قلیا، گزارش تحقیقاتی، مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان شرقی، تبریز.

۶- صدیق، ه. (۱۳۷۲) تعیین مقدار و نحوه مصرف اسید سولفوریک در خاک های

Archive of SID

قلیایی، نشـریه فنی شـماره ۷۵/۲۲۱/۱۰۴، مرکز تحقیقات کشـاورزی خراسـان رضوی، مشهد.
۷- عسـگری، ح. (۱۳۸۰) بررسی کارایی اسـتفاده از مواد اصلاح کننده شیمیایی برای جلوگیری از بیابانزایی در خاک های شور و سدیمی شمال آق قلا، پایان نامه کارشناسی ارشـد مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۹۴ صفحه.
۸- علیزاده. ا. (۱۳۷۷) کیفیت آب در آبیاری. موسسـه چاپ و انتشـارات آسـتان قدس رضوی، مشهد. چاپ پنجم. ۹۶ صفحه.
۹- فلاح، و. (۱۳۶۴) بررسـی اثر مصرف اسـید سولفوریک در آهک شویی شالیزار، مرکز تحقیقات کشاورزی مازندران، ساری.
۱۰- مهاجر میلانی، پ و عظیم بردی، ج. (۱۳۷۲) منحنی های شـوری و سـدیم زدایی خاک های شـور و قلیای منطقه گرگان. مرکز تحقیقات کشـاورزی اسـتان گلستان، گرگان.
۱۱- میررسـولی، ا. (۱۳۶۵) بررسـی اثر گوگرد در تغییرات سدیم تبادلی خاک در منطقه گرگان و دشت. مرکز تحقیقات کشاورزی استان گلستان، گرگان.
۱۲- نیکمرام، م. ص. (۱۳۶۳) بررسـی مقادیر مختلف گوگرد در اصلاح خاک های شور و قلیایی آذربایجان غربی. مرکز تحقیقات کشاورزی ارومیه. گزارش تحقیقاتی. ۱۴ صفحه.
13- Baumhardt, R.L., Wendt, C.W. and Moore, J.(1992) Infiltration in response to water quality, tillage and gupsum. *Soil Sci. Soc. Am. J.*,56: 261-266.
14- Chand, M and Abrol, I.P. (1977) A camparsion of effect of eight amendments on soil properties and crop growth in a highly sodic soil. *Indian J. Agric. Sci*. 47.
15- Charters, C.J., Greene, R.S., Ford, G.W. and Rengasamy, P. (1985) The effect of gypsum on macroporosity and crusting of two red duplex soils. *Aust. J. Soil Res*., 23: 467-479.
16- Cote, C. M., Bristow, K. L., and Ross P. J. (2000) *Increasing the efficiency of solute leaching: impacts of flow interruption with drainage*.
17- Dahiya, I.S., Malik, R.S., Singh, M. (1982) Reclaiming a saline –sodic, sandy loam soil under rice production. *Agric. Water. Manage*.2 :61 –72.
18- Davan, M.L., and Famouri(1964) *The soils of Iran*. Iranian Ministry of Agriculture and FAO of the UN. 31p.
19- Gal, M., Arcan, L. Shainberg, I. and Keren, R. (1984) Effect of exchangeable sodium and phosogypsum on crust structure-scanning electron microscope observations. *Soil Sci. Soc. Am. J*., 48: 872-878.
20- Hanay, A., Buyuksonmez, F., Kiziloglu, F. M;Conbolat, M.Y. (2004) Reclamation of saline– sodic soils with Gypsum and MSW compost. *Compost Science and Utilization*. 12:175 –179.
21- Ilyas ,M. ,Qureshi, R.H., Qadir, M.A. (1997) Chemical changes in a salinesodic soil after gypsum application and cropping. *Soil Technology*. 10 : 247 – 260.
22- Kelley, W.P. (1951) *Alkali soils, Their formation, properties and reclamation*, Reinhold, NewYork. 212 pp.
23- Koo, J.W., Edling, R.J., Taylor, V. (1990) A laboratory reclamation study for sodic soils used for rice production . *Agric. Water Manage*. 18: 243 –252.
24- Mace, J.E., Amrhein, C. (2001) Leaching and reclamation of soil irrigated with moderate SAR waters. *Soil Sci . Soc .Am. J*. 65: 199-204.
25- Mann, M., Pissarra, A., Van Horn, W. (1982) Drainage and desalinization of heavy clay soil in Portugal. *Agric. Water Manage*. 5:227-240.
26- 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., Munk, D.S. (2000) Impacts of gysum and winter cover crops on soil physical properties and crop productivity when irrigated with saline water. Agric. *Water Manage*. 45:55-71.
27- Murtaza, G., Ghafoor, A., Qadir, M.(2005) *Irrigation and soil management strategies for using saline –sodic water in a cotton – wheat rotation*. Agric. Water Mange. Article in press.
28- Overstreet, R. Martin, J.C and King, H.M. (1980) *Gypsum, sulfur and sulfuric acid for reclaiming an alkali soil of the fressio series*.
29- Prasad, R., and Power J.F.(2001) *Soil fertility management for sustainable agriculture*. p. 387.
30- Rooyen, P.C.V., Weber. H.W. (1977) Long –term effect of five ameliorants on a saline – sodic soil of south Africa . *Geoderma*. 19 :213-225.
31- Sadiq, M., G. Hassan., S.M. Mehdi., N. Hussain and Jamil M. (2007) Amelioration of saline-sodic soils with tillage implements and sulfuric acid application. *Pedosphere*, 17: 162-190.
32- SAS Institute, SAS Software (2005) Version 8.0. SAS Institute, Cary. NC.
33- Soil Survey Staff (2006) *Keys to soil taxonomy*. U.S.Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.
34- Southard, R.J., Shainberg, I. and Singer, M.J. (1988) Influence of electrolyte concentration on the micromorphology of artificial depositional crust. *Soil Sci. Soc. Am. J*., 145: 278-288.
35- Starkey, R.L. (1966) Oxidation and reduction of sulfur compounds in soils. *Soil Sci*. 101.
36- Suhayda, D.G, Lijuan, yin and RedmanR.E,(1997) Gypsum amendment on saline-alkali soils in northeast China. *Soil Use Management*. No.13, pp. 43-47.
37- Verma, K.S and Abrol, I.P. (1980) Effects of gypsum and pyrites on soil properties in a high sodic soil. *Indian J. Sci*. 50.

Archive of SID

www.SID.ir