

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

• غلامرضا قانعی مطلق، دانش آموزته 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 ۱۳۰ هزار 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 ۶۰ سانتی متر آب آبخشویی به تمام تیمارها اضافه گردید. هدایت الکتریکی عصاره اشباع، واکنش، سدیم تبادل، 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، هر چند این پارامترها را به طور معنی داری کاهش نداد. به طور کلی 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

**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. Pashae 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  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$  and  $\text{Mg}^{+2}$  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. Desalination and desodification processes were observed in all the treatments. Gypsum and sulphuric acid application increased the soluble  $\text{Ca}^{+2}$   $\text{Mg}^{+2}$  and decreased the soluble  $\text{Na}^+$  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**

خاک‌های سدیمی منطقه ای از هند پرداخته و نتیجه گرفتند که این سه ماده اصلاح کننده بازدهی تقریباً 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 ویژگی‌های 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 ۴/۵ تن در هکتار گچ، مؤثرترین تیمار در اصلاح خاک‌های سدیمی می باشد. Hanay و همکاران (۲۰۰۴) در اصلاح خاک‌های شور-سدیمی در ترکیه نشان دادند که کاربرد ۵۰ تن در هکتار گچ همراه با ۱۵۰ تن در هکتار کمپوست فضولات شهری بطور مؤثری این خاک‌ها 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 ۱۰۰ درصد نیاز گچی) نسبت به کود حیوانی (به مقدار ۲۵ تن 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 ۲۰ درصد 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 ۶ تن در هکتار گوگرد، درصد سدیم تبادلی خاک، هدایت الکتریکی عصاره اشباع و pH را کاهش

در ایران مساحتی در حدود ۲۳/۵ میلیون هکتار از اراضی، با مسائل شوری، سدیمی و ماندابی بودن روبرو هستند (Davan و Famouri، ۱۹۶۴). حدود ۱۳۰ هزار هکتار از این اراضی در نواحی پست استان گلستان قرار دارند (مهاجر میلانی و عظیم بردی، ۱۳۷۲). در بسیاری از کشورها، جهت تامین نیازمندی‌های 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 توسعه‌های 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، خاک‌های 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 خاک‌ها باید به عنوان خاک‌های مشکل دار که نیاز به اقدامات و شیوه‌های 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 خاک‌های 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 خاک‌های شور-سدیمی در ایالت کالیفرنیا 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

حساب  $D_b$ , meq/100g جرم مخصوص ظاهری خاک بر حسب  $D_{soil}$  و  $g/cm^3$  عمق خاک بر حسب سانتی متر می باشند. در این آزمایش موارد مذکور به ترتیب برابر با ۳۷ درصد، ۵ درصد، ۲۲ میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم 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 مورد نیاز 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 آشویی با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید.

رابطه (۲)

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

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

زمان لازم جهت اصلاح خاک از تقسیم مقدار آب آشویی 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 ( $EC=5/17 \text{ dS m}^{-1}$ ,  $SAR=12/5$ ,  $RSC=20/8 \text{ mg l}^{-1}$ )
- 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 مورد نظر 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

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. خطی (۱۳۶۶) تاثیر مصرف گوگرد را در آذربایجان شرقی بررسی کرد و نتیجه گرفت که مصرف ۱۵/۶ تن 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 ۵۰۲۵ کیلوگرم در هکتار را به همراه مصرف ۶۰ سانتی 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 ۲۸/۴ تن 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 سقز تپه استان گلستان مورد بررسی قرار داد. نامبرده نتیجه گرفت که کاربرد ۳ تن در هکتار اسید سولفوریک و ۵/۳ تن در هکتار گچ بیشترین تاثیر را در اصلاح خاک نسبت به تیمارهای شاهد و گوگرد داشته است.

#### مواد و روش ها

##### 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 امبرژه "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 تپه 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 ۲/۷ متر در دی ماه و ۲/۲ متر در تیرماه متغیر است.

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

نیاز گچی با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید.  
رابطه (۱)

$$(Ca+Mg) = (ESP_i - ESP_f) \times CEC \times D_b \times D_{soil} / 100$$

در رابطه فوق مقدار (Ca+Mg) مقدار کل کاتیون های دوظرفیتی بر حسب keq/ha است که قرار است با آب آشویی 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

جدول ۱- 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. سطوح تبدالی خاک در ۳۰ و ۶۰ سانتی متری فوقانی خاک به ترتیب ۳۷ و ۵۵ درصد (بر حسب ۱۰۰ meq/g) توسط یون سدیم اشغال شده است (جدول ۲). با توجه به اینکه مقدار هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم آب مورد استفاده برای آبخوبی به ترتیب برابر با ۵/۱۷ و ۱۲/۵ می باشد، بنابراین آب مورد استفاده جزو آب های شور-سدیمی طبقه بندی می شود. بر اساس جدول راهنمای تفسیر کیفیت آب برای آبیاری از نظر تاثیر آن در نفوذپذیری (علیزاده، ۱۳۷۷) آب مورد استفاده با میزان EC بیش از ۵ دسی زیمنس بر متر و SAR بیش از ۱۲ دارای کیفیت خوب برای آبخوبی می باشد.

واکنش خاک، هدایت الکتریکی عصاره اشباع، درصد سدیم تبدالی، 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 شدند که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس این نتایج مقدار pH در تیمارهای گچ، اسید سولفوریک و گوگرد به ترتیب به ۷/۴۶، ۷/۴ و ۷/۵ در ۳۰ سانتی متری فوقانی خاک کاهش یافته و در تیمار شاهد تغییری نکرده است. مقدار pH در ۶۰ سانتی متری فوقانی خاک به ترتیب به ۷/۷۲، ۷/۷، ۷/۷۵ کاهش یافته و در تیمار

خاک اقدام گردید. سپس کرت های آزمایشی به تعداد ۱۶ قطعه با فواصل دومتري و دیواره هایی به ارتفاع ۵۰ سانتی متر آماده شدند. 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 شدن کرت های آزمایشی، مواد اصلاح کننده به خاک اضافه و گچ و گوگرد به خوبی با خاک مخلوط گردیدند. بعد از اضافه کردن مواد اصلاح کننده، آب موردنیاز در ۳ نوبت (در هر نوبت ۲۰ سانتیمتر) و به فاصله ۶ روز به کرت ها اضافه گردید. در استفاده از روش های آبخوبی، روش غرقاب متناوب راندمان بیشتری نسبت به روش غرقاب دائم دارد (Cote و همکاران، ۲۰۰۰). آب آبخوبی 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 پمپاژ آب که مجهز به کنتورهای حجمی آب بود، به داخل تانک حمل کننده منتقل گردید. پس از طی زمان لازم جهت اصلاح خاک یعنی ۴۰ روز از شروع آزمایش، نمونه های مرکب خاک از عمق های ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی متری هر کرت برداشت شد و برخی خصوصیات شیمیایی لازم جهت بررسی تغییرات شیمیایی خاک مورد اندازه گیری قرار گرفت (جدول ۳). دلیل انتخاب این عمق ها مطالعه تاثیر مواد اصلاح کننده بر اصلاح خاک سطحی می باشد. تجزیه آماری داده ها با استفاده از بسته نرم افزاری SAS (SAS Institute، ۲۰۰۵) و مقایسه 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. میانگین هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک برابر با ۵۶ دسی زیمنس بر متر و میانگین نسبت جذب سدیم در نیمرخ خاک برابر با ۴۴/۵ می باشد (جدول ۲). بنابراین خاک مورد آزمایش جزو خاک های

جدول ۲- برخی خصوصیات شیمیایی نیم رخ خاک مورد بررسی

عمق خاک (سانتی متر)	EC <sub>e</sub> (dS m <sup>-1</sup> )	pH	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup> (meq l <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (meq l <sup>-1</sup> )	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

کاهش یافته است.

### تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه واریانس مقادیر هدایت الکتریکی عصاره اشباع، واکنش، نسبت جذب سدیم و درصد سدیم تبادل خاک با استفاده از بسته نرم افزاری SAS انجام گرفت که نتایج آن در جداول ۴ تا ۷ ارائه شده است. نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی نمونه های خاک پس از کاربرد تیمارها شامل pH، ECE، SAR و SAR مورد تجزیه آماری قرار گرفته و میانگین این پارامترها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ مقایسه گردیدند که نتایج آن در جدول ۸ ارائه شده است. بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۸ اختلاف معنی داری بین مقادیر pH خاک در ۳۰ سانتی متری فوقانی خاک در تیمارهای

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

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

عمق خاک (سانتی متر)	عمق خاک (سانتی متر)	pH	EC <sub>e</sub> (dS m <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup> (meq l <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (meq l <sup>-1</sup> )	SAR (meq l <sup>-1</sup> )	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

جدول ۵- 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	۱۲/۳*
	بلوک	۳	۲/۶۷	۰/۸۹	۸/۹ <sup>ns</sup>
	خطا	۹	۰/۹	۰/۱	
۳۰-۶۰	تیمار	۳	۳/۴۳	۱/۱۴	۲۰/۷*
	بلوک	۳	۲/۳	۰/۷۶	۱۳/۸ <sup>ns</sup>
	خطا	۹	۰/۵	۰/۰۵۵	

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس مقادیر EC<sub>e</sub>

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	۳/۳ <sup>ns</sup>
	خطا	۹	۲۱/۵۲	۲/۴	
۳۰-۶۰	تیمار	۳	۶۰/۵۶	۲۱/۵۲	۱۶۵/۵*
	بلوک	۳	۲/۱۳	۰/۷۱	۵/۴۶ <sup>ns</sup>
	خطا	۹	۱/۲۵	۱۳	

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

جدول ۷- 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	۳/۳۷ <sup>ns</sup>
	خطا	۹	۳/۶۸	۰/۴۰۸	
۳۰-۶۰	تیمار	۳	۲۱۹۶/۲۳	۷۳۲/۰۷	۲۳۲۷°
	بلوک	۳	۰/۱۶	۰/۰۵۳	۰/۱۷ <sup>ns</sup>
	خطا	۹	۲/۸	۰/۳۱	

جدول ۶- 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	۳۰۰۶/۱۸°
	بلوک	۳	۳/۲۲	۱/۰۷	۵/۶۳ <sup>ns</sup>
	خطا	۹	۱/۷۸	۰/۱۹	
۳۰-۶۰	تیمار	۳	۱۵۲۴	۵۱۱/۳	۲۴۳/۴°
	بلوک	۳	۷/۷	۲/۵۶	۱/۳ <sup>ns</sup>
	خطا	۹	۱۹/۳	۲/۱	

جدول ۸- نتایج تاثیر تیمارها بر روی مقادیر PH، EC<sub>e</sub>، SAR و ESP خاک بررسی

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

در اثر کاربرد آب مورد استفاده جهت آبخویی تغییری نکنند، زیرا تمام کرت ها آبی با مقدار و کیفیت یکسان دریافت کردند.

#### تاثیر آبخویی (بدون استفاده از مواد اصلاح کننده)

نتایج تجزیه شیمیایی خاک پس از کاربرد آبخویی 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 تبدلی و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک نیز کاهش یافته است. این نتایج نشان دهنده تاثیر هرچند اندک آبخویی 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

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 EC<sub>e</sub> 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. در حالی 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

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 سقز تپه 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. در نتیجه گچ و اسید سولفوریک نسبت به گوگرد تأثیر بیشتری در اصلاح خاک سطحی داشته اند. هم چنین آبشویی خاک بدون استفاده از ماده اصلاح کننده تأثیری 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 تأثیر 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 الاگل (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

جزئی در مقدار سدیم محلول، درصد سدیم تبادلی و واکنش خاک است (جدول ۳). این مسئله احتمالاً 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 تأثیر مطلوبی در اصلاح خاک دارد (Weber و Rooyen، 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 تأثیر بر اصلاح خاک را داشته است. با وجود این، در این آزمایش تیمار گوگرد تأثیر 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 اکسیدشدن گوگرد در خاک به دلیل نبود شرایط فعالیت برای میکروارگانیزم های اکسیدکننده گوگرد می باشد (Starkey، ۱۹۶۶؛ میررسولی، ۱۳۶۵). عسگری (۱۳۸۰) در سقز تپه 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.

### تأثیر اسید سولفوریک

نتایج تجزیه شیمیایی خاک پس از کاربرد اسید سولفوریک نشان دهنده تأثیر 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 تأثیر زیاد اسید سولفوریک، حل شدن آهک خاک و رهاسدن 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 تأثیر 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 سقز تپه نتیجه مشابه این تحقیق به دست آوردند.

### تأثیر 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 (Abrial و Verma، ۱۹۸۰؛ Suhayda و همکاران، ۱۹۹۷؛ Koo و همکاران، ۱۹۹۰؛ Ilyas و همکاران، ۱۹۹۷).

- 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 gypsum 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 Redman R.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. □ □ □ □ □ □ □ □ □ □
- قلیایی، نشریه فنی شماره ۷۵/۲۲۱/۱۰۴، مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی، مشهد.
- ۷- عسگری، ح. (۱۳۸۰) بررسی کارایی استفاده از مواد اصلاح کننده شیمیایی برای جلوگیری از بیابانزایی در خاک های شور و سدیمی شمال آق قلا، پایان نامه کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۹۴ صفحه.
- ۸- علیزاده. ا. (۱۳۷۷) کیفیت آب در آبیاری. موسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد. چاپ پنجم. ۹۶ صفحه.
- ۹- فلاح، و. (۱۳۶۴) بررسی اثر مصرف اسید سولفوریک در آهک شویی شالیزار، مرکز تحقیقات کشاورزی مازندران، ساری.
- ۱۰- مهاجر میلانی، پ و عظیم بردی، ج. (۱۳۷۲) منحنی های شوری و سدیم زدایی خاک های شور و قلیای منطقه گرگان. مرکز تحقیقات کشاورزی استان گلستان، گرگان.
- ۱۱- میررسولی، ا. (۱۳۶۵) بررسی اثر گوگرد در تغییرات سدیم تبادل خاک در منطقه گرگان و دشت. مرکز تحقیقات کشاورزی استان گلستان، گرگان.
- ۱۲- نیکمرام، م. ص. (۱۳۶۳) بررسی 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 gypsum. *Soil Sci. Soc. Am. J.*,56: 261-266.
- 14- Chand, M and Abrol, I.P. (1977) A comparison 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.