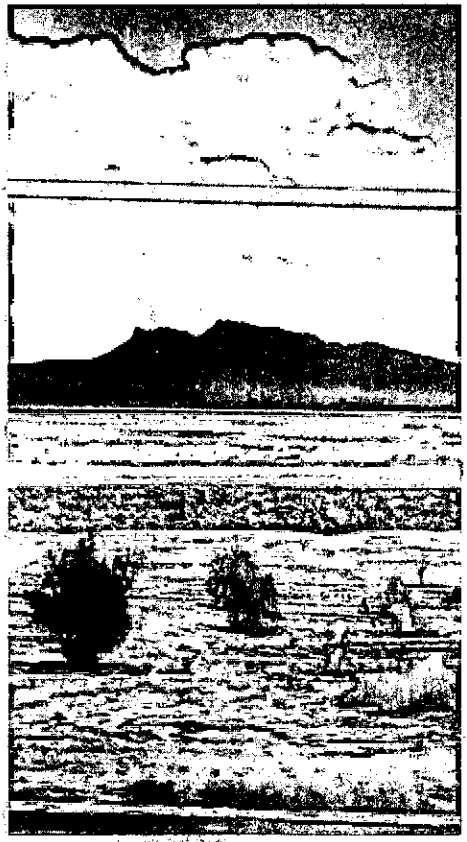
وزارت کشاورزی
سازمان تحقیقات ، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات خاک و آب

کاربری اسید سولفوریک برای قابل بهره‌برداری کردن اراضی شور و قلیایی



نگارندگان :
پرویز مهاجر میلانی
محمد سعید درودی
رضا وکیل
محمد جعفر ملکوتی

تابستان ۱۳۷۸

نشریه فنی شماره ۶۱

وزارت کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات خاک و آب

نشریه فنی شماره ۶۱

کاربری اسید سولفوریک برای قابل بهره‌برداری کردن اراضی شور و قلیایی

پرویز مهاجر میلانی، محمد سعید درودی، رضا وکیل
ومحمدجعفر ملکوتی
اعضاء هیأت علمی و سرپرست مؤسسه‌تحقیقات خاک و آب

نشرآموزش کشاورزی
۱۳۷۸

[illegible]

کتابخانه
اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی

بسمه تعالی

کسی که آب و خاک داشته باشد ولی در فقر زندگی کند از رحمت خداوند به دور است.

حضرت علی علیه‌السلام

پیشگفتار:

یکی از هدفهای اصلی پژوهش، حل مشکلات تولیدکنندگان کشاورزی است که دستیابی به این مهم از طریق اجرای طرحهای تحقیقاتی و تحقیقی ـ ترویجی به منظور پاسخگویی به نیازمندیهای علمی آنان امکان‌پذیر می‌گردد.

نشریه حاضر که با اعتبارات شورای عالی سیاستگذاری کاهش مصرف سموم و مصرف بهینه کودهای شیمیایی وزارت کشاورزی نشر می‌یابد و ماحصل و چکیده دستاوردها و نتایج تحقیقاتی و دیدگاههای علمی نگارندگان می‌باشد، با هدف بهینه کردن مصرف کودهای شیمیایی و برای حصول به کشاورزی پایدار، تولید مستمر با داشتن حداکثر عملکرد کمی و بهبود کیفی، حفظ محیط زیست و کاهش هزینه‌های تولید و بالاخره پاسداری از منابع خاک و آب کشور تهیه شده است.

بدین وسیله از کلیه همکاران وزارت کشاورزی انتظار دارد که این دستاوردهای تحقیقی ـ علمی را دقیقاً مطالعه تا با عمل به آنها انشاءالله شاهد افزایش کمی و بهبود کیفی محصولات کشاورزی در کشور باشیم.

مشاور وزیر و سرپرست مؤسسه تحقیقات خاک و آب

من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق

سپاسگزاری

بهره‌برداری علمی و اصولی از خاک و آب این دو گوهر گرانبها که ودیعه‌های حیاتبخش الهی برای تحویل به نسل‌های آتی کشور هستند مستلزم افزایش شناخت و آگاهی همه سطوح دخیل در نحوه استفاده از آب و خاک به منظور تغذیه صحیح گیاهی و مآلاً افزایش عملکرد کمی و بهبود کیفی محصولات کشاورزی از طریق نشر مطالب علمی است.

مؤسسه تحقیقات خاک و آب وظیفه خود می‌داند، از مساعدت‌های ارزشمند مقام عالی وزارت، معاونین محترم امورفنی و زیربنایی، امور باغبانی، طرح و برنامه و نیز مدیر کل محترم دفتر وزارتی، مدیرعامل شرکت خدمات حمایتی کشاورزی و مدیرامور مالی وزارت کشاورزی در فراهم کردن امکانات چاپ و نشر کتب علمی و نشریات تحقیقی ـ ترویجی این مؤسسه سپاسگزاری نماید.

انشاءالله با همیاری مسئولین محترم وزارت متبوع و همکاران محترم اجرایی در راستای علمی کردن فعالیتهای بخش کشاورزی افق روشن‌تری فرا راه آینده کشاورزی و کشاورزان سخت‌کوش کشور قرار گیرد.

مشاور وزیر و سرپرست مؤسسه تحقیقات خاک و آب

مقدمه

یکی از راههای افزایش تولید فرآورده‌های کشاورزی در ایران، به زیرکشت بردن اراضی لم‌یزرع و بایر و یا زمینهای زراعی دارای محدودیت است. در کشور ما، اراضی بایر عمدتاً با دو محدودیت اساسی: فراهم نبودن آب آبیاری با کیفیت مناسب و شور و قلیایی بودن خاک روبرو هستند. افزایش سطح زیر کشت به منظور بالا بردن تولید محصولات کشاورزی الزاماً در صورت رفع محدودیتهای دوگانه فوق امکان‌پذیر است.

براساس آمار موجود بیش از ۴ میلیون هکتار از اراضی شور و قلیایی کشور که عمدتاً در نواحی پست قرار گرفته‌اند در صورت تامین آب کشاورزی و با اجرای تمهیدات خاص قابل اصلاح و بهره‌برداری هستند. شستشوی خاک با آب آبیاری با مصرف مواد اصلاح‌کننده و یا بدون آن از جمله اقداماتی است که به این منظور انجام می‌شود.

آهکی بودن اکثر خاکهای زراعی کشور (درصد کربنات کلسیم بیش از ۱۰درصد) و شوری بیش از حد در برخی از اراضی حاشیه کویری و از طرف دیگر وجود بی‌کربنات در آبهای آبیاری که از آبهای زیرزمینی تامین می‌شود سبب شده که pH شیره سلولی علی‌الخصوص در درختان میوه به بالاتر از هفت برسد و همانگونه که کلسترول در رگهای انسان رسوب می‌کند اکثر

عناصر غذایی منجمله فسفر، آهن، روی، منگنز و مس تنها به دلیل بالا بودن pH شیره سلولی در تنه و شاخه‌های درختان و گیاهان زراعی به صورت غیرقابل استفاده رسوب نمایند. با اسیدی کردن شیره سلولی خواه از طریق مصرف اسید سولفوریک در آب آبیاری و یا مصرف مستقیم اسید سولفوریک در خاکها قابلیت استفاده از این عناصر غذایی افزایش می‌یابد.

به غیر از اسید سولفوریک از متداولترین مواد اصلاح کننده خاک و آب که برای رفع این مشکل مورد استفاده قرار می‌گیرد می‌توان از گوگرد و گچ نام برد. میزان تولید سالیانه گوگرد در ایران بالغ بر ۱،۱۴۴،۰۰۰ تن است که عمدتاً در مجتمع‌های شیمیایی رازی، خارک و پالایشگاه گاز خانگیران تولید می‌شود و حدود ۷۵۶،۰۰۰ تن آن مازاد بر نیاز داخلی است. صادرات گوگرد، به دلیل بعد مسافت محل تولید تا بنادر کشور و قیمت پایین بین‌المللی آن، در حال حاضر از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نمی باشد.

میزان تولید اسید سولفوریک بیش از ۲۵۰۰ تن در روز است که عمدتاً در کارخانه مس سرچشمه و واحد آلونیت تولید می‌شود. از آنجائی که اسید سولفوریک را نمی‌توان صادر کرد و امکان نگهداری آن با این حجم زیاد و توجه‌برانگیز وجود نخواهد داشت، اجباراً باید آن را در جای مناسب به کار گرفت. در حال حاضر یکی از موارد مصرف، استفاده از آن در تهیه کودهای شیمیایی است. به نظر می‌رسد یکی از محل‌های مصرف اصلی آن در زمینه بهبود بخشیدن به کیفیت آب آبیاری و اصلاح خاکهای قلیایی محتوی آهک باشد. مطالبی که در ادامه ارائه می‌شود کوششی برای بهره‌برداری بهینه از اراضی شور و قلیا با استفاده از گوگرد و اسید سولفوریک است.

خاکهای شور و قلیایی چگونه تشخیص داده می‌شوند

خاکهای شور و قلیا به خاکهایی گفته می‌شود که هم محتوی املاح محلول هستند و هم سدیم قابل تبادل آنها به حدی است که در رشد و نمو گیاهان اثر کاهنده دارد. املاح محلول خاکهای شور و قلیایی مانند خاکهای شور است با

این تفاوت که سدیم بیش از نصف کاتیونهای محلول را تشکیل می‌دهد.

از نظر ظاهری خاکهای شور و سدیمی به نظر پف کرده می‌آید و اغلب دارای رنگ تیره و حالت چرب است. نفوذ آب در این خاکها به کندی صورت می‌گیرد و بخشی از خاکدانه‌های آن از هم گسسته است و در سطح خاک معمولاً سله دیده می‌شود. این خاکها در حالت مرطوب چسبنده و در حالت خشک خیلی سخت هستند.

یکی دیگر از روشهای تشخیص این گونه خاکها، نمونه گیری از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری خاک و اندازه‌گیری مقدار هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک یا شوری (ECe)، نسبت جذب سدیم یا قلیائیت (SAR) و واکنش خاک (pH) می‌باشد. معیارهای کلی و عمومی تشخیص خاکهای شور، شور و سدیمی و سدیمی در جدول ۱ ارایه شده‌است.

جدول ۱ ـ معیارهای عمومی تشخیص خاکهای شور و سدیمی

پارامترهای خاک / نوع خاک	ECe (dS/m)	SAR	pH
شور	>۴	<۱۵	<۸/۴
شور و سدیمی	>۴	>۱۵	<۸/۴
سدیمی	<۴	>۱۵	>۸/۴

بنابراین به خاکهایی که شوری (ECe) آنها بیش از ۴ دسی زیمنس بر متر و قلیائیت (SAR) آنها بیش از ۱۵ و واکنش آن‌ها کمتر از ۸/۴ باشد خاکهای شور و سدیمی می‌گویند.

همانطوری که ملاحظه می‌گردد خاکهای شور و سدیمی حد واسط خاکهای شور و خاکهای سدیمی هستند. این خاکها در اثر عوامل یا فعالیتهای محیطی ممکن است به سوی خاکهای شور و یا خاکهای سدیمی متمایل گردند و ویژگی‌های آنها را نشان دهند. باید در نظر داشت خاکهای سدیمی پیشرفته اغلب دارای یک افق B با ساختمان ستونی هستند.

خاکهای شور و قلیایی چگونه بوجود می‌آیند

بعضی آبهای آبیاری حامل مقدار قابل توجهی بیکربنات می‌باشند. وقتی محلول خاکی که با اینگونه آبها آبیاری شده است غلیظ تر گردد مقداری از کلسیم و منیزیم بصورت بیکربنات در آنها رسوب می‌کند و قلیائیت خاک (SAR) بیشتر می‌شود. کربنات سدیم باقی مانده خاک (RSC) را می‌توان به عنوان معیاری برای قلیایی شدن خاک ذکر نمود:

کربنات سدیم باقی مانده

$$(RSC)=(CO_3^{=}+HCO_3^{-})-(Ca^{2+}+Mg^{2+})$$

وقتی کربنات سدیم باقیمانده در خاک وجود داشته باشد خطر سدیمی شدن خاک حتمی است و شدت سدیمی شدن بستگی به میزان کربنات سدیم باقیمانده خاک، دفعات آبیاری، نوع خاک و کفایت و نحوه زهکشی دارد.

در خاکهایی که آب زیرزمینی در نزدیکی سطح زمین بوده و حاوی مقادیر قابل توجهی بیکربنات هستند تمایل به سوی سدیمی شدن خاک فراهم می‌گردد. در کشور ما وجود مقادیر زیاد گچ و تا حدودی کربنات کلسیم در مواد اصلی تشکیل دهنده خاک سبب گردیده که اغلب از روند قلیایی شدن خاک جلوگیری گردد. در نتیجه در بیشتر مناطق خاکهای شور و قلیایی یافت می‌شوند.

اصلاح خاکهای شور و سدیمی

یکی از ساده‌ترین و متداولترین روشهای اصلاح خاکهای شور و قلیایی، خارج ساختن املاح محلول خاک از منطقه نمو ریشه و انتقال آن به طبقات پایینتر از طریق شستشوی خاک می‌باشد. ولی از آنجائیکه در اغلب خاکهای شور و سدیمی، نفوذ آب در خاک کند تا بسیار کند است، شستشوی خاک بطور کامل انجام نمی‌شود و تاثیر شستشو با آب بسیار ناچیز است.

درصورتی که خاکهای شور و قلیایی تحت آبیاری و شستشو (به ویژه با آبهای غیر شور و بیکربناته) قرار گیرند، املاح اضافی خود را از دست می‌دهند

و به تدریج شبیه خاکهای قلیایی می‌گردند و تمام خواص خاکهای قلیایی منجمله pH بالاتر از ۸/۴ و نفوذپذیری کم در آنها بروز می‌کند و نمک کربنات سدیم تشکیل می‌گردد. بعضی از این خاکها دارای مقداری گچ می‌باشند که درنتیجه آبیاری و شستشو اغلب بصورت فعال در می‌آیند و به تدریج کلسیم جانشین سدیم شده و باعث بهبود خاصیت فیزیکو شیمیایی خاک می‌گردد. مورد اخیر ممکن است در اثر آبیاری با آب شور به تدریج و در مدت زمان بیشتر بروز نماید.

برای بهره‌برداری از اراضی شور و قلیایی به ویژه اراضی که شوری و قلیائیت آنها زیاد تا بسیار زیاد است، کاربرد مواد اصلاح کننده ضرورت دارد بویژه اینکه در بیشتر موارد، آب منابع زیرزمینی در اینگونه مناطق یا غیر شور است و یا اینکه لب شور و شور با بیکربنات نسبتاً زیاد، به طوری که با مصرف آنها اغلب شرایط نامساعدتری برای رشد گیاهان فراهم می‌گردد.

مواد اصلاح کننده خاکهای شور و قلیا و روش کاربرد آنها

مواد اصلاح کننده را در واقع به عنوان تولید کننده کلسیم محلول برای جابجا کردن سدیم تبادلی خاک به کار می‌برند. از جمله موادی که برای اصلاح خاکهای دارای شوری و قلیائیت زیاد تا بسیار زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرد می‌توان گچ، گوگرد و اسید سولفوریک را نام برد.

گچ

یکی از راههای اصلاح خاکهای شور و قلیایی استفاده از گچ یا سولفات کلسیم می‌باشد. از آنجایی که استفاده از این ماده از روشهای دیگر آسانتر است از این ماده برای این منظور استفاده شده است. عامل محدود کننده مصرف گچ، قیمت زیاد، تاثیر تدریجی و نیاز به آب زیاد است. معمولاً این ماده اصلاح کننده را به میزان مورد نیاز در روی سطح زمین پخش می‌کنند و با گاوآهن یا دیسک عمیق به زیر خاک می‌برند. در مواردی نیز ظرف محتوی گچ را در مسیر

آب آبیاری قرار می‌دهند. برای حل کردن یک تن گچ در خاک حدود ۴۰۰ تا ۱۵۰۰ متر مکعب آب لازم است.

گوگرد

یکی دیگر از مواد اصلاح‌کننده که برای اصلاح خاکهای شور و قلیایی محتوی کلسیم به کار می‌رود گوگرد است. گوگرد پس از اکسیده شدن در خاک به اسید سولفوریک تبدیل می‌شود سپس با ترکیبات کلسیم دار ترکیب شده و سولفات کلسیم را به وجود می‌آورد. چنانچه شرایط اکسیده شدن گوگرد در حدبهینه فراهم‌باشد درمدت دو تا سه ماه، دو تن گوگرد در هکتار اکسیده خواهد شد. بنابراین برای اینکه‌بهترین نتیجه‌از مصرف گوگرد عاید شود لازم است که:

- مزرعه تسطیح شده باشد
- گوگرد کاملاً با خاک مخلوط شود
- اندازه ذرات آن طوری باشد که هم برای اکسید شدن و هم برای توزیع در مزرعه مناسب باشد
- رطوبت و اکسیژن کافی در اختیار میکروارگانیسمهای خاک قرار گیرد
- خاک دارای نمکهای کلسیم دار (مانند کربنات کلسیم) باشد

اسید سولفوریک

استفاده از اسید سولفوریک از یک قرن پیش برای اصلاح اراضی شور و قلیایی در برخی کشورها متداول بوده‌است و به عنوان یکی از مشتقات گوگرد برای اصلاح خاکهای قلیایی محتوی آهک به کار می‌رفته است. اسید سولفوریک برخلاف گوگرد یک ماده اصلاح کننده سریع الاثر است که برای عمل کردن نیازی به اکسیداسیون میکربی ندارد، اشکال عمده موجود در کاربرد این ماده لزوم احتیاط لازم و شناسایی خطرات ناشی از بی‌توجهی و عدم رعایت اصول ایمنی مربوط به مصرف آن می‌باشد. چنانچه منابع کلسیم و آهک

در خاک وجود نداشته باشد نباید از اسید سولفوریک و گوگرد بمنظور اصلاح خاک استفاده نمود، چون در این حالت واکنش خاک را بطور قابل ملاحظه‌ای پایین می‌آورد.

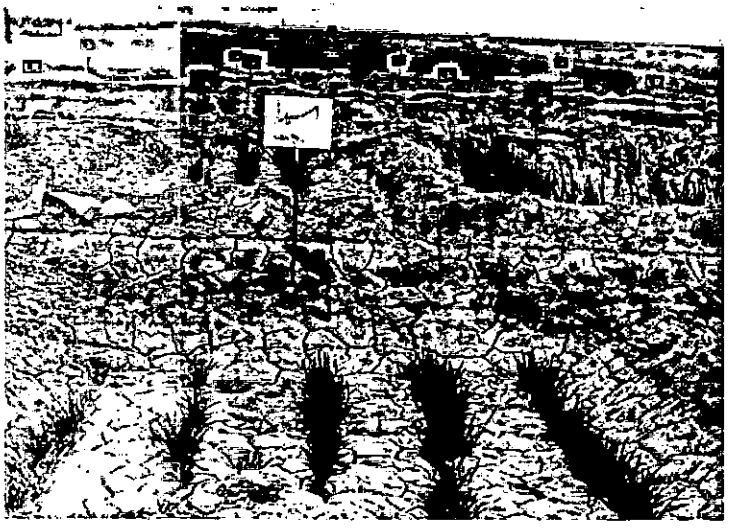
اسید سولفوریک را می‌توان بوسیله تانکرهای پلاستیکی شیردار که در سر راه آب آبیاری قرار داده می‌شود مورد استفاده قرار داد. معمولاً وقتی اسید مصرفی کمتر از ۵ تن در هکتار باشد می‌توان آن را در آب مصرف کرد. مقادیر زیادتر اسید را می‌توان مستقیماً بوسیله تانکرهای مخصوص آبپاش دار در سطح مزرعه توزیع و بلافاصله آبیاری سنگین نمود. و یا از طریق سیستمهای آبیاری تحت فشار به همراه کودهای ازته به خاک داد. لازم به یادآوری است که سیستم آبیاری را باید بعد از مصرف اسید با آب فراوان شست. در کشورهایی که مصرف اسید سولفوریک معمول است، فروشنده خود با دستگاههای مخصوص اختلاط آن را با خاک به عهده می‌گیرد.

نتایج تحقیقات انجام شده

نتایج آزمایش اخیر (پاییز ۷۷) انجام شده در بخش قمرود که با هدف بررسی امکان استفاده از اسید سولفوریک، گوگرد و گچ در اصلاح خاکهای شور و قلیایی و کشت گندم انجام شد نشان داد که میزان شوری (ECe) و قلیائیت (SAR) در عمق ۳۰-۰ سانتی متری خاک قبل از شروع آزمایش به ترتیب برابر ۸۱ دسی زیمنس بر متر و ۶۲ بود که پس از مصرف اسید سولفوریک و یک نوبت آبیاری سنگین به ترتیب ۵۱/۶ و ۲۸/۹ درصد کاهش نشان داد، در حالیکه میزان کاهش شوری و قلیائیت کرت شاهد (فقط یک نوبت آبیاری سنگین) به ترتیب ۴۳/۷ و ۱۶/۹ درصد بوده‌است. شایان ذکر است که خاک مورد آزمایش حاوی گچ بوده و میزان آهک آن ۲۲٪ است. مقدار کاهش شوری در کرتهایی که در آنها گوگرد و گچ مصرف شده بود کمتر از شاهد و به ترتیب معادل ۳۶/۵ و ۳۵/۵ درصد گزارش شده است. احتمالاً گچ و گوگرد خود به شور شدن نسبی خاک کمک کرده‌اند.

نتایج مشاهدات اولیه مزرعه نشان داد که بوته‌های گندم کرتهایی که با اسید سولفوریک (به میزان ۶/۴ تن اسید غلیظ ۹۵ درصد در هکتار) تیمار شده بودند دارای گیاهانی به رنگ سبز و بدون آثار کمبود عناصر غذایی و شاداب بودند (تصویر ۱) درصورتی که بوته‌های کاشته شده در کرت شاهد، از رشد و شادابی کمتری برخوردار بودند (تصویر ۲).

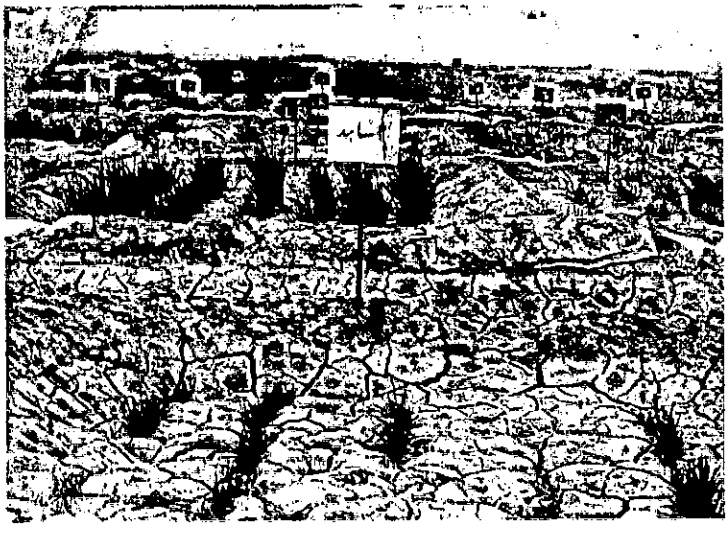
از طرف دیگر در کرتی که ۱۱ تن در هکتار گچ مصرف شده بود، بذور گندم جوانه نزده بود (تصویر ۳). جوانه‌زنی در کرت مربوط به مصرف ۲ تن در هکتار گوگرد نامناسب بود (تصویر ۴).



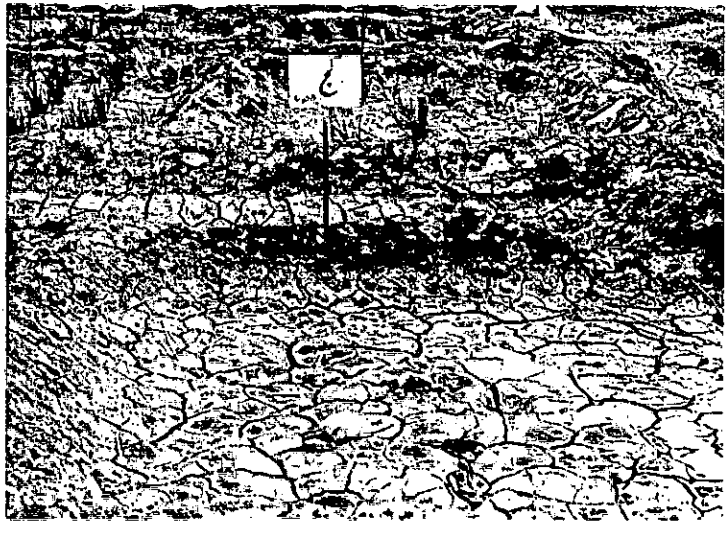
تصویر ۱

هدایت الکتریکی آب کاربردی در این آزمایش ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و نسبت جذب سدیم آن ۱۸/۲ و کربنات سدیم باقی‌مانده (RSC) آن صفر بوده است. به نظر می‌رسد که تاثیر اسید سولفوریک غلیظ تجارتی به کار رفته در این آزمایش علاوه بر کاهش سریع‌تر شوری و قلیائیت خاک، نسبت به شاهد و

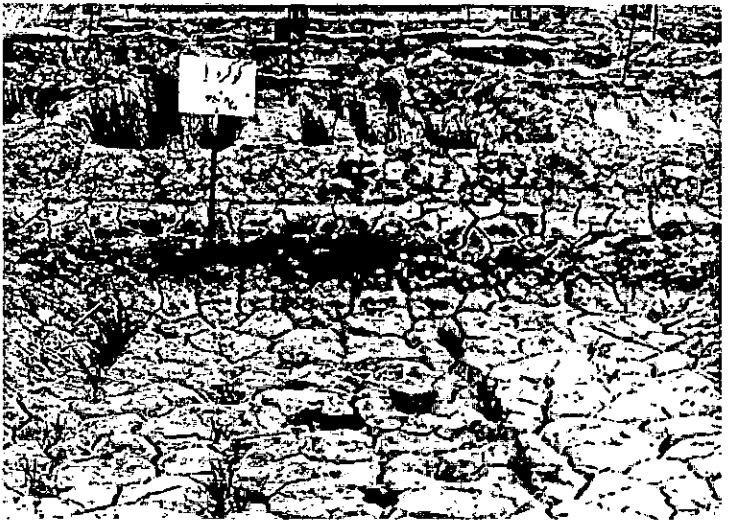
کتابخانه



تصویر ۲



تصویر ۳



تصویر شماره ۴

سایر مواد اصلاح کننده، در مراحل اولیه رشد تاثیر مثبتی بر روی جذب عناصر ریزمغذی از طریق کاهش موقتی واکنش خاک داشته است.

نتایج تحقیقات موسسه تحقیقات خاک و آب در سایر استانهای کشور که منجر به توصیه مواد اصلاح کننده با توجه به میزان قلیائیت و بافت خاک شده در جدول ۲ ارایه گردیده است.

جدول ۲- برآورد میزان مواداصلاح کنندهموردنیاز خاکهای سدیمی و شور و سدیمی ایران

نوع ماده اصلاح کننده	درصد کاهش ESP* خاک عمق ۱۵ - ۰ سانتیمتری بامصرف یک تن ماده اصلاح کننده در هکتار			توصیه شده در استان
	بافت سبک	بافت متوسط	بافت سنگین	
گچ	۱/۵	۳	۴/۵	مازندران
اسیدسولفوریک	۲/۵	۵/۳	۸	آذربایجان غربی-خراسان - قزوین - اصفهان
گوگرد	۸	۱۶	۲۴	آذربایجان شرقی-گلستان

رابطه بین SAR و ESP خاک

$$ESP=\frac{100(-0.0126+0.0145\ \ SAR)}{1+(-0.0126+0.0145\ \ SAR)}$$

مثال. برای کاهش ESP عمق ۱۵-۰ سانتیمتری خاک از ۳۵ به ۱۵ در خاکی با بافت متوسط چقدر گچ، گوگرد و یا اسید سولفوریک لازم است.

مقدار کاهش ESP ۳۵-۱۵=۲۰

درصد کاهش ESP $\frac{۲۰}{۳۵}$×۱۰۰=۵۷/۱

تن گچ مورد نیاز در هر هکتار ۵۷/۱:۳=۱۹

تن اسید سولفوریک مورد نیاز در هر هکتار ۵۷/۱:۵/۳=۱۰/۸

تن گوگرد مورد نیاز در هر هکتار ۵۷/۱:۱۶=۳/۶

- در مواقعی که میزان ماده اصلاح‌کننده موردنیاز زیاد باشد (معمولاً بیش از ۵ تن اسید یا ۱۰ تن گچ در هکتار) پیشنهاد می‌گردد آن را تقسیط نمایند به نحوی که سالیانه حدود $\frac{۱}{۲}$ یا $\frac{۱}{۳}$ آن به خاک افزوده شود تا از تغییرات غیرمترقبه در خصوصیات شیمیایی خاک جلوگیری گردد.

- با مصرف اسید سولفوریک غلیظ به میزان حدود ۵ تن در هکتار و شستشوی خاک، نفوذ آب در خاک نسبت به عدم مصرف مواد اصلاح کننده افزایش یافته است.

منابع مورد استفاده

۱- اسلامی گمش‌تپه، کمال (۱۳۷۷). بررسی و مقایسه کاربرد مواد مختلف اصلاح کننده در بهسازی خاکهای شور و قلیایی گنبد. در دست انتشار

۲- بابایی، علیرضا و محمدرضا بلالی. ۱۳۷۸. اثر افزایش اسید سولفوریک در آب آبیاری برای جذب عناصر میکرو در درختان سیب. سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران، دفتر شاهرود، در حال انتشار.

۳- پورحکیم رضائی، محمد علی و پرویز مهاجر میلانی (۱۳۷۷). بررسی کاربرد مقادیر مختلف اسید سولفوریک در تقلیل میزان شوری و

قلیائیت در مرکز آموزش کشاورزی میاندوآب. موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی ۱۰۳۹ - تهران

۴- پورحکیم رضائی، محمد علی (۱۳۷۲). بررسی اثرات کاربرد مواد مختلف اصلاح‌کننده در بهسازی اراضی شور و قلیا و عملکرد محصول جو. مکاتبه شخصی.

۵- پورحکیم رضائی، محمد علی (۱۳۷۶). بررسی اثرات مصرف مقادیر مختلف گوگرد در اصلاح خاکهای شور و قلیایی توام با کشت جو و چغندر قند. مکاتبه شخصی.

۶- پورحکیم رضائی، محمد علی و پرویز مهاجر میلانی (۱۳۷۶). بررسی اثرات کاربرد مواد اصلاح کننده Agrigold در اصلاح خاکهای قلیایی. مکاتبه شخصی.

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

۸- تشکری، عسگری (۱۳۷۷). بررسی مقدار و روش مصرف گچ معدنی در اصلاح خاکهای شور و قلیایی مازندران. در دست اجرا.

۹- توسلی، ابوالقاسم (۱۳۷۴). بررسی‌های مربوط به کاربرد گوگرد و مشتقات آن در موسسه تحقیقات خاک و آب (۱۳۷۳ - ۱۳۵۴). موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، نشریه فنی ۹۴۸.

۱۰- توسلی، ابوالقاسم (۱۳۶۷). خاکهای قلیایی و چگونگی بهره‌برداری از آنها. موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، نشریه فنی ۷۴۷.

۱۱- سمر، سیدمحمود و محمدجعفر ملکوتی. ۱۳۷۸. روشهای آسان برای رفع کلروز ناشی از کمبود آهن در درختان میوه و مزارع. نشر آموزش کشاورزی، معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی، سازمان تات، وزارت کشاورزی، کرج، ایران.

۱۲- جواهری، پرهام (۱۳۶۶). بررسی اثر گوگرد در خواص

فیزیکوشیمیائی اراضی زهکشی شده کُربال. مکاتبه شخصی.

۱۳- خطیبی، محمد (۱۳۶۶). بررسی اثر گوگرد در اصلاح اراضی شور و قلیایی. منتشر شده

۱۴- ربانی فر، همایون و سیدمحمود سمر. ۱۳۷۶. تاثیر محلول‌پاشی اسیدی به رفع کلروز آهن. اولین گردهمایی ملی کاهش مصرف سموم و استفاده بهنیه از کودهای شیمیایی در کشاورزی، وزارت کشاورزی، کرج، ایران.

۱۵- رئیسی، علی اکبر (۱۳۷۲). اثرات کاربرد گوگرد در اصلاح ویژگی‌های فیزیکوشیمیائی خاکهای شور و قلیایی. مکاتبه شخصی.

۱۶- رئیسی، علی اکبر (۱۳۷۳). بررسی اثرات اسید سولفوریک در به‌سازی اراضی شور و قلیایی و عملکرد چغندر قند و جو. مکاتبه شخصی.

۱۷- رئیسی، علی اکبر (۱۳۷۲). بررسی اثرات کاربرد مواد مختلف اصلاح‌کننده در بهسازی اراضی شور و قلیایی و عملکرد محصول یونجه. مکاتبه شخصی.

۱۸- فلاح، ولیمحمد (۱۳۶۴). بررسی اثرات مصرف اسید سولفوریک در آهک‌شویی شالیزار. مکاتبه شخصی.

۱۹- طباطبایی، سیدجلال و محمد جعفر ملکوتی. ۱۳۷۸. ضرورت تغذیه صحیح درختان میوه در راستای بهبود کمی و کیفی محصولات باغی در خاکهای آهکی ایران، نشر آموزش کشاورزی، معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی سازمان تات، وزارت کشاورزی، کرج، ایران.

۲۰- کلارستاقی، کیومرث (۱۳۷۰). بررسی اثرات گوگرد و کود دامی در کاهش قلیائیت خاک و ارزیابی نتایج حاصله بر روی تناوب چغندر قند و جو. مکاتبه شخصی.

۲۱- ستار، مصطفی (۱۳۷۰). تاثیر مشتقات مختلف گوگرد در اصلاح خاکهای شور و قلیائی دشت شمال گلپایگان. نشریه فنی شماره ۷۰/۲۱۴، مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان. اصفهان.

۲۲- صدیق، هوشیدر (۱۳۷۲). تعیین مقدار و نحوه مصرف اسید سولفوریک در خاکهای قلیائی. نشریه فنی شماره ۷۵/۲۲۱/۱۰۴، مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان. مشهد.

۲۳- محمدی اصفهانی، علیرضا (۱۳۷۲). بررسی اثر مواد اصلاح کننده با کشت یونجه در تغییرات فیزیکو شیمیائی خاک. مکاتبه شخصی.

۲۴- ملکوتی، محمدجعفر. ۱۳۷۵. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کود در ایران (چاپ دوم)، شورایعالی سیاستگذاری کاهش مصرف سموم و استفاده بهینه از کودهای شیمیایی، وزارت کشاورزی، کرج، ایران.

۲۵- مهاجر میلانی، پرویز (۱۳۷۱). استفاده از اسید سولفوریک همراه با آب آبیاری در اصلاح خاکهای شور و قلیایی. نشریه فنی شماره ۸۶۵ موسسه تحقیقات خاک و آب. تهران

۲۶- مهاجر میلانی، پرویز و پرهام جواهری (۱۳۷۷). آب مورد نیاز خاکهای شور ایران، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران.

۲۷- مهاجر میلانی، پرویز (۱۳۷۷). مروری بر تحقیقات کاربرد گوگرد و مشتقات آن در موسسه تحقیقات خاک و آب. مجله زیتون شماره ۱۳۸.

۲۸- میر رسولی، اسماعیل (۱۳۷۵). بررسی اثر مصرف گوگرد در تغییرات سدیم تبادلی خاک در منطقه گرگان و دشت. نشریه فنی شماره ۲۳۹/۷۲/۴۹ مرکز تحقیقات کشاورزی گرگان.

۲۹- نیکمرام، محمدصادق (۱۳۷۴). بررسی مقادیر مختلف گوگرد در اصلاح خاکهای شور و قلیایی در منطقه آذربایجان غربی. نشریه فنی شماره . مرکز تحقیقات کشاورزی ارومیه

30- Faber, B. 1997. Soil pH. Subtropical Fruit News. Vol. 5(2): Cooperative Extension Service. University of California, San Diego, California, USA.

کتابخانه