مجله علمی-پژوهشی

علوم کشاورزی

سال دوازدهم، شماره (۳) ۱۳۸۵

سربارهٔ فولادسازی به عنوان مادهٔ بهساز خاک‌های گیلان

علی محمدی ترکاشوند

عضو هیأت علمی و مربی پایه ۳ دانشگاه آزاد اسلامی- واحد رشت

محمود کلباسی

استاد دانشگاه صنعتی اصفهان

حسین شریعتمداری

دانشیار دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

سربارهٔ فولادسازی (کنورتور LD) یکی از فرآورده جنبی صنایع آهن و فولاد می‌باشد که به مقدار زیاد در اصفهان تولید می‌شود. سرباره به کار رفته به ترتیب حاوی ۵۲/۸ و ۲/۲ درصد CaO و MgO می‌باشد. برای بررسی امکان استفاده از سرباره LD به عنوان یک مادهٔ آهکی بهساز، آزمایشی با استفاده از دو خاک منطقه گیلان انجام گرفت. مطالعه شامل دو فاز بود که فاز اول یک آزمایش انکوباسیون و فاز دوم یک مطالعهٔ گلخانه‌ای بود. نمونه‌های خاک از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری سطح مزارع برنج و باغ چای گرفته شدند. تیمارها در فاز اول شامل ۰، ۰/۵، ۱، ۲، ۴، ۸ و ۱۶ درصد سرباره کنورتور در هر کیلوگرم خاک بود. رطوبت خاک‌ها در ظرفیت مزرعه‌ای برای مدت دو ماه ثابت نگهداشته شد، و در زمان‌های ۱، ۱۰، ۳۰ و ۶۰ روز از نمونه‌ها، نمونه‌های فرعی جهت بررسی تغییرات pH، EC و غلظت Fe، Mn، P و K قابل استخراج با AB-DTPA گرفته شد. در مرحله بعد با توجه به نتایج حاصله از آزمایش انکوباسیون، تیمارهای آزمایش گلخانه‌ای تعیین و اعمال گردیدند. در آزمایش گلدانی از ذرت رقم ۶۴۷ به عنوان گیاه شاهد استفاده گردید. بعد از برداشت گیاه پس از ۵۰ روز در نمونه‌ها وزن خشک و مقدار جذب فسفر، پتاسیم، آهن و منگنز تعیین شد. نتایج نشان داد pH خاک با افزایش نسبت سرباره به کار رفته افزایش یافت. سرباره مقدار P و Mn قابل استخراج با AB-DTPA را متناسب با مقدار به کار رفته افزایش داد. تأثیر سرباره برمقدار Fe بسته به pH اولیه خاک متفاوت بود، به طوری که با افزایش pH خاک به محدوده ۸/۵-۷/۴ از غلظت آهن کاسته شد و بعد از آن با افزایش pH خاک مقدار آهن دوباره افزایش یافت. سرباره، پتاسیم قابل استخراج با AB-DTPA را به ویژه در خاک باغ چای که شدیداً اسیدی بود، کاهش داد. نتایج آزمایش گلدانی نشان داد که وزن خشک گیاه با مصرف مقادیر ۰/۵، ۱ و ۲ درصد سرباره افزایش یافت. کاربرد سرباره سبب افزایش جذب فسفر به ویژه در خاک مزرعه برنج شد. کاربرد سرباره سبب افزایش جذب آهن و منگنز شد. جذب پتاسیم در خاک باغ چای کاهش و در خاک مزرعه برنج افزایش یافت. با توجه به نتایج بدست آمده به نظر می‌رسد سرباره کنورتور برای اصلاح خاکهای اسیدی مناسب باشد. پیشنهاد می‌شود که اثرات سرباره کنورتور LD در شرایط مزرعه بررسی شود.

واژه‌های کلیدی: خاک‌های اسیدی، اصلاح کننده، سرباره، کنورتور LD.

تاریخ دریافت مقاله ۸۳/۱۰/۲۲ تاریخ دریافت نسخه نهایی ۸۴/۵/۱۱

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

به دلیل مشکلات خاکهای اسیدی، نیاز برای اصلاح آنها وجود دارد. یکی از روشهای ساده در استفاده صحیح از خاکهای اسیدی، انتخاب گیاهی است که با pH اسیدی خاک تطابق داشته باشد. این سازگاری گیاه و pH ممکن است فقط در بعضی حالتها جواب دهد، به علاوه گیاهان خود قادر به افزایش pH خاک نمی‌باشند. بنابراین یکی از راهها، اصلاح خاک‌های اسیدی و افزایش pH آنها با استفاده از مواد آهکی است (۱۹). آهک دهی برای خنثی کردن حالت اسیدی خاک یکی از روش‌های معمول در مدیریت خاکهای اسیدی است. به نظر می‌رسد این تیمار برای تولید مؤثر در کشاورزی مناطق مرطوب ضروری بوده و منجر به بهبود عملکرد محصولات می‌شود (۶).

استفاده از مواد آهکی متداول، در خاک‌های اسیدی نسبتاً گران است. از مواد گوناگونی از جمله فرآورده‌های جنبی صنایع در اصلاح خاکهای اسیدی استفاده شده است(۱۵، ۱۹، ۲۴ و ۲) که از مهمترین آنها سرباره[1] فولادسازی می‌باشد. برای هر تن تولید فولاد، در حدود ۱۵۰ کیلوگرم سرباره تولید می‌شود(۲۱). هر ساله ۲۵۰ میلیون کیلوگرم سرباره در اصفهان تولید می‌شود که حاوی مواد و ترکیبات با ارزشی است (۱). این مواد در حال حاضر بدون استفاده مانده که علاوه بر محدودیت‌های فیزیکی، محتملاً خطرات بالقوه زیست محیطی را نیز در بر دارد. طی سالهای اخیر، استفاده از سرباره به عنوان یک ماده آهکی بهساز در خاکهای اسیدی اهمیت زیادی پیدا کرده است. تنها در آلمان، ۲۰ درصد کل سرباره‌های فولاد سازی به عنوان کود یا اصلاح‌کننده خاک در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۸). چون در فرآیند تولید فولاد از آهک استفاده می‌شود، لذا سرباره دارای (pH) قلیایی است (۹). غلظت زیاد کلسیم و منیزیم، سربارهٔ کنورتور[2] LD[3] را به یک ماده با خصوصیت آهکی تبدیل نموده است (۲۱). بنابراین استفاده از سرباره، به عنوان ماده بهساز و کود در خاک‌های اسیدی عموماً نتایج مثبتی به همراه دارد. اگونتوینبو و همکاران (۱۹۹۶) در تحقیقی که در خاکهای اسیدی جنوب نیجریه انجام دادند به این نتیجه رسیدند که استفاده از سرباره سبب افزایش (pH) و فسفر قابل جذب و کاهش آلومینیم می‌شود. همچنین استفاده از سرباره باعث افزایش جذب کلسیم و پتاسیم و مقدار ماده خشک گیاهی شده است و در مجموع موجب بهبود جذب عناصر غذایی به وسیله گیاهان می‌شود. بخش زیادی از سرباره تشکیل شده

به روش بسمر[4] بازی را با سرباره فولادسازی به روش LD مخلوط نموده و آهک توماس تهیه می‌کنند که در کشاورزی کاربرد دارد. در سوئد مصرف سرباره در مقایسه با سنگ آهک سبب افزایش بیشتر عملکرد محصولات شده است(۱۲). در تحقیقی استفاده از سرباره LD در جنگل‌ها به ویژه جنگل‌های اکالیپتوس سبب بهبود قابل ملاحظه خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک شده است. همچنین سرباره LD رشد درختان کاج و تبریزی را نیز افزایش داده است (۲۱). کریستن و همکاران (۱۹۹۶) اثر سرباره و سنگ آهک را در خاکهای آلی اسیدی نروژ مطالعه کردند. آنها نتیجه گرفتند که قدرت خنثی‌کنندگی هر دو ماده در خنثی نمودن (pH) خاک یکسان است. سرباره علاوه بر ویژگی قلیایی، دارای تعدادی از عناصر مورد نیاز برای رشد گیاهان می‌باشد (جدول ۱). هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی امکان استفاده از سرباره کنورتور به عنوان یک ماده آهکی بهساز در خاکهای اسیدی شمال کشور می‌باشد.

مواد و روش‌ها

نتایج تجزیه شیمیایی سرباره کنورتور (LD) مورد استفاده که توسط آزمایشگاه ذوب آهن اصفهان انجام شده بود (جدول ۱) نشان داد که ۵۲/۸ درصد اکسید کلسیم و ۲/۲ درصد اکسید منیزیم است. همچنین سرباره دارای مقادیر زیادی آهن، فسفر، منگنز و سیلیسیم می‌باشد که می‌تواند باعث افزایش بعضی محصولات زراعی شود. محل نمونه‌های خاک با توجه به دو محصول مهم منطقه

1 Slag
2 Converter
۳- کلمات L و D دو حروف اول نام دو دهکده در اتریش به نام لینتس و دوناویتس می‌باشد که آزمایش‌های اولیه فولادسازی به روش کنورتور اکسیژن در آنجا صورت گرفته است.
4 Besmer

Archive of SID

www.SID.ir

یعنی چای و برنج انتخاب شدند. با همکاری مؤسسه تحقیقات برنج کشور از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری خاک باغ چای لاهیجان و برنج رشت نمونه‌برداری شد. (pH) خاکهای باغ چای و مزرعه برنج به ترتیب ۴/۰ و ۶/۷ می‌باشد.

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی سربارهٔ کنورتور LD

نوع آنالیز	مقدار (٪)
Tfe	۱۶/۸۳
FeO	۷/۸۷
MnO	۴/۴۶
SiO	۸/۹۲
CaO	۵۲/۸۵
MgO	۲/۲۲
V_2O_5	۲/۳۱
P_2O_5	۴/۷۶
Al_2O_5	۰/۷۸
S	۰/۱۸
ZnO	۰/۰۵۷
Na_2O	۰/۰۷۵
K_2O	۰/۰۳۲

بنابراین دو خاک یاد شده یکی شدیداً اسیدی و دیگری کمی اسیدی است که (pH) نزدیک خنثی دارد، لیکن طبیعت آبشویی یافته خاکهای اسیدی را داراست. نمونه‌های خاک پس از انتقال به آزمایشگاه و خشک شدن در مجاورت هوا با چکش چوبی کوبیده و از الک دو میلیمتری استیل عبور داده شدند. حدود یک کیلوگرم از هر خاک برای انجام تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی و بقیه جهت آزمایشهای انکوباسیون مورد استفاده قرار گرفت. جهت آزمایش گلخانه‌ای خاکها از الک شش میلیمتری عبور داده شدند. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاکهای مورد استفاده در جدول (۲) مشاهده می‌شود.

جدول ۲- برخی خصوصیات فیزیکی – شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

خاک		شماره ۱	شماره ۲	شماره ۳
بافت		لوم	لوم شنی	لوم رسی
رده بندی		Hapludalf	Hapludalf	Epiaqualf
pH گل اشباع		۴/۱	۵/۵	۶/۷
ECe (dS/m)		۰/۷	۱/۳	۱/۱
SP		۶۱/۳	۳۱/۶	۷۲/۸
ماده آلی(٪)		۲/۷۵	۱/۲۴	۰/۷۹
نیتروژن کل(٪)		۰/۲۷	۰/۰۷	۰/۰۳
فسفر	↑	۱۰/۲	۱۲/۶	۲/۱
پتاسیم	میلی گرم در کیلوگرم	۱۹۵	۱۱۵	۱۲۷
آهن	↓	۳۰۷	۱۰۱	۴۶۱
منگنز		۲۷/۸	۱۴/۴	۱۴/۴

Archive of SID

www.SID.ir

در این تحقیق سرباره در سطوح ۰ ، ۰/۵ ، ۱، ۲، ۴ ، ۸ ، و ۱۶ درصد در ۳ تکرار در قالب یک طرح کامل تصادفی با ۵۰۰ گرم خاک مخلوط شد. در این تحقیق به این سطوح به ترتیب S_0، $S_{0.5}$، S_1، S_2، S_4، S_8 و S_{16} اشاره می‌شود. نمونه‌های تیمارشده به قوطی‌های پلاستیکی ۷۰۰ گرمی منتقل و رطوبت آنها در حد ظرفیت مزرعه‌ای نگهداری گردید. سپس درب قوطی‌ها بسته و روی درب هر قوطی ۳ سوراخ به قطر تقریبی یک میلیمتر برای تبادل هوا ایجاد شد. در طول مدت آزمایش (دو ماه) رطوبت نمونه‌های خاک با توزین مرتب قوطی‌ها ثابت نگه داشته شد. در فاصله‌های زمانی ۲۴ ساعت، ۱۰ روز، یک ماه و دو ماه پس از شروع آزمایش، نمونه‌های فرعی برداشت شدند. در این نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن، (pH) و هدایت الکتریکی در عصاره ۲/۵ : ۱ خاک به آب و غلظت فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز و روی با AB-DTPA عصاره‌گیری (۲۵) و سپس غلظت فسفر به روش فسفومولیبدات، پتاسیم به روش شعله‌سنجی و آهن، منگنز و روی به روش جذب اتمی تعیین شدند (۳). پس از حصول نتایج آزمایشهای انکوباسیون و با توجه به نتایج به دست آمده، تیمارهای آزمایشی برای آزمایش گلدانی تعیین شدند. در خاک باغ چای تیمارهای شاهد، S_1، S_2 و S_4 در خاک مزرعه برنج تیمارهای شاهد، $S_{0.5}$، S_1 و S_2 به کار رفت. تیمارها بر روی نمونه‌های ۳ کیلوگرمی از هر خاک اعمال شد و از ذرت رقم سینگل کراس ۶۴۷ به عنوان گیاه شاهد استفاده گردید. ۵۰ روز پس از سبز شدن گیاهان، توسط تیغ استیل گیاهان از یک سانتیمتری بالای سطح خاک بریده شدند و پس از شستشوی لازم با اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال و آب مقطر به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد در آون تهویه‌دار تا رسیدن به وزن ثابت، خشک گردیدند. بعد از تعیین وزن خشک گیاه در هر گلدان، نمونه‌های خشک شده آسیاب و برای تجزیه‌های شیمیایی نگهداری شدند. همچنین از خاک گلدانهای تحت کشت بعد از برداشت بوته‌ها و خشک شدن، نمونه‌برداری و بعد از هوا خشک شدن و عبور دادن از الک ۲ میلیمتری جهت انجام تجزیه‌های شیمیایی مورد استفاده قرار گرفتند. در نمونه‌های گیاهی علاوه بر وزن خشک قسمت هوایی در هر گلدان، غلظت عناصر آهن، منگنز، فسفر و پتاسیم در گیاه اندازه‌گیری شد. همچنین مقدار جذب هر عنصر در هر گلدان با استفاده از غلظت‌های به دست آمده و عملکرد خشک گیاه محاسبه شد. در نمونه‌های خاک هر گلدان نیز pH، EC (در عصاره ۲/۵: ۱ خاک به آب) و مقدار آهن و منگنز قابل عصاره‌گیری با محلول AB-DTPA تعیین شد. داده‌های به دست آمده به وسیله نرم‌افزارهای SAS و MSTATC مورد تجزیه وتحلیل آماری قرارگرفتند. نتایج به دست آمده در چهار زمان نمونه‌برداری در هر تیمار انکوباسیون، میانگین گرفته شد و در بحث و نتایج، میانگین اثر تیمارها مورد بحث و نتیجه‌گیری قرار گرفت.

نتایج و بحث

۱- مرحله انکوباسیون

واکنش (pH)

در جدول ۳ تاثیر سطوح مختلف سرباره و زمان نگهداری بر(pH) خاکها نشان داده شده است. آنالیز واریانس نشان دادکه اثر تیمارها بر(pH) خاکهای اسیدی درسطح احتمال یک درصد معنی داراست(نمودار ۱). با افزودن سرباره از۰/۵ تا ۱۶ درصد، (pH) هردو خاک به طورمعنی‌داری افزایش یافت. پینتو و همکاران (۱۹۹۵) در مراتع ایالت باسک در شمال اسپانیا با استفاده از سرباره LD حاوی ۲۹ درصد کلسیم و ۵ درصد منیزیم به میزان ۷/۵ تن در هکتار نتیجه گرفتند که (pH) خاک در منطقه دریو[1] از ۵/۳ به ۶/۴ و در منطقه آبادیانو[2] از ۵/۷ به ۶/۵ افزایش یافت. همچنین اویا و همکاران (۱۹۹۰) نتیجه گرفتند که استفاده از ۵/۳ گرم سرباره کوره بلند در هر گلدان، (pH) خاک را ۴/۷ به ۵/۸ افزایش داد. در خاک مزرعه برنج در سطوح ۰/۵ و ۱ درصد سرباره، افزایش (pH) بسیار جزئی و با شاهد اختلاف معنی‌داری ندارند که احتمالاً به دلیل درصد بالای رس (بافت لوم رسی) در این خاک، ظرفیت بافری خاک بیشتر است. بنابراین تصحیح (pH) خاکهای اسیدی به وسیله سرباره یکی از مزیت های عمده این فرآورده

1. Derio
2. Abadiano

Archive of SID

www.SID.ir

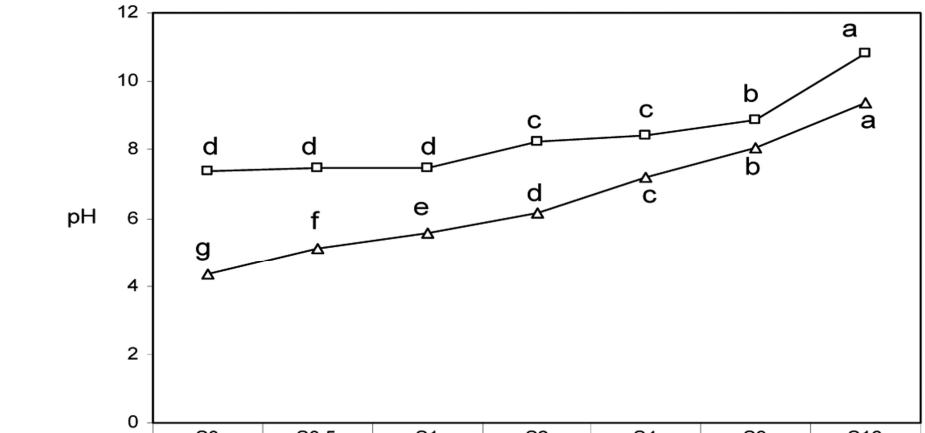
جانبی به حساب می آید. نتایج مشابهی به وسیله پژوهشگران دیگر نیزگزارش شده است (۸، ۱۰ ، ۱۲ ، ۱۵ و ۲۰). با توجه به تأثیر نامطلوب سطوح بالای سرباره یعنی S_8 و S_{16} بر(pH) خاک، این مقادیر به هیچ وجه توصیه نمی‌شوند.

جدول ۳- تجزیه واریانس مربوط به اثر تیمارها و زمان نگهداری بر pH، هدایت الکتریکی و مقدار فسفر، آهن، منگنز و پتاسیم (mg/kg) قابل استخراج با AB-DTPA در خاکها

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		خاک باغ چای			خاک مزرعه برنج		
		واکنش	آهن	فسفر	واکنش	آهن	فسفر
تیمار	۶	**۴۱/۶	** ۳۵۹۵۷	**۵۸۰	**۱۷/۷	**۵۸۹۱۱	**۱۷۶۵
زمان	۳	**۰/۳۳	**۵۱۶۱	ns۸/۶	**۰/۴۷	**۱۲۰۶	**۱۰۹
برهمکنش	۱۸	**۰/۲۲	**۴۹۹۹	**۶۷/۷	**۰/۲۹	**۲۲۵۵	**۸۵
تیمار* زمان							
خطا	۵۶	۰/۰۲۲	۴۸۰	۵/۳	۰/۰۶	۱۱۳	۴/۷

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		خاک باغ چای			خاک مزرعه برنج		
		منگنز	پتاسیم	هدایت الکتریکی	منگنز	پتاسیم	هدایت الکتریکی
تیمار	۶	**۳۳۳۵۵	**۳۱۶۳	**۰/۹۹	**۳۳۴۲۲	**۳۴۵	**۰/۰۸۳
زمان	۳	**۱۳۳۰	**۴۶۴	**۰/۲۳	**۸۶۱	**۵۲۲	**۰/۱۹
برهمکنش	۱۸	**۱۱۸۶	**۲۹۰	**۰/۰۴۴	**۱۰۰۶	ns۸۸	**۰/۰۱۵
تیمار* زمان							
خطا	۵۶	۲۲/۵	۷۳/۹	۰/۰۰۲	۱۳/۳	۷۰/۵	۰/۰۰۱

** در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است، ns معنی‌دار نیست



	S0	S0.5	S1	S2	S4	S8	S16
باغ چاي	4.35	5.11	5.55	6.17	7.19	8.04	9.37
مزرعه برنج	7.4	7.46	7.48	8.23	8.41	8.87	10.82

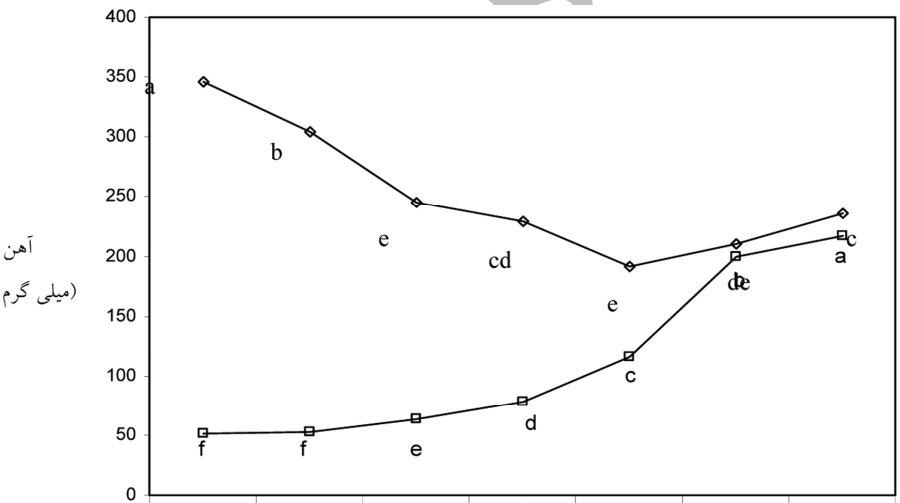
نمودار ۱ - میانگین اثر تیمارها بر (pH) خاک‌ها

Archive of SID

www.SID.ir

آهن

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارها بر آهن قابل استخراج با AB-DTPA در سطح احتمال یک درصد معنی دار است (جدول ۳). نمودار (۲)، تأثیر تیمارها بر آهن قابل جذب را دراین دو خاک نشان می‌دهد. مقدار آهن قابل جذب با افزایش مقدار سرباره تا سطح ۴ درصد کاهش نشان می‌دهد و در تیمارهای S_8و S_{16}، میزان آهن افزایش می‌یابد. علت کاهش غلظت آهن در تیمارهای $S_{0.5}$ ، S_1، S_2و S_4 نسبت به شاهد، افزایش (pH) خاک و نزدیک شدن حلالیت آهن به محدوده کمترین حلالیت اکسیدهای آهن III (pH محدوده ۸/۵-۷/۴) می‌باشد. با افزایش (pH) به بالاتر از ۸/۵ در سطوح ۸ و ۱۶ درصد سرباره، غلظت گونه‌های آنیونی آهن III مانند $Fe(OH)^{4-}$ در خاک غالب می‌شود و غلظت آهن مجدداً افزایش می‌یابد (۱۳). در خاک مزرعه برنج نیز وابستگی آهن قابل جذب به تغییرات (pH) خاک مشاهده می‌شود. با توجه به (pH) نزدیک به خنثی در این خاک ملاحظه می‌شود که با افزایش سطح سرباره از ۱ تا ۱۶ درصد، به مقدار آهن قابل جذب نیز افزوده شده است. نمودار ۱ نشان می‌دهد که با کاربرد ۲ درصد سرباره یا بیشتر، (pH) خاک از ۸/۵ فراتر رفته است و همانطور که قبلاً اشاره شد با افزایش غلظت گونه‌های آنیونی حاصل از هیدرولیز آهن III ، غلظت آهن قابل جذب خاک افزایش می‌یابد.



	S0	S0.5	S1	S2	S4	S8	S16
باغ چای	346.7	303.8	244.7	229.3	191	209.9	235.3
مزرعه برنج	50.6	52.3	63.9	78.1	116.2	198.7	217.4

نمودار ۲ - میانگین اثر تیمارها بر آهن (میلی گرم در کیلوگرم) قابل استخراج با AB-DTPA در خاک‌ها

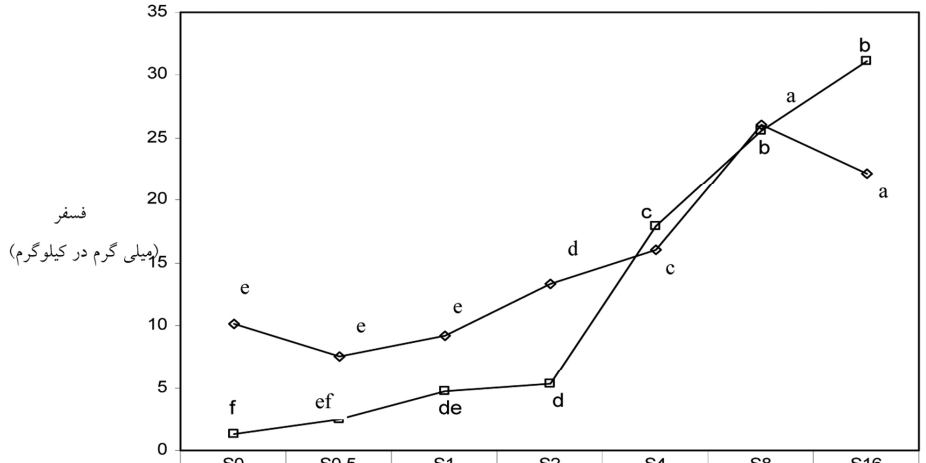
* برای هر خاک، داده‌هایی که در یک حرف مشترک می‌باشند طبق آزمون دانکن در سطح یک درصد معنی‌دار نمی‌باشند

فسفر

اثر سرباره برمقدار فسفردر نمودار۳ مشاهده می‌شود. تأثیر تیمارها برفسفر قابل استخراج با AB-DTPA در خاک‌ها در سطح یک درصد معنی دار است(جدول ۳). با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان اظهار داشت که یکی از پتانسیل‌های مهم سرباره در خاک‌های اسیدی، افزایش مقدار فسفر قابل جذب خاک می‌باشدکه این امر، با توجه به مقدار زیاد فسفر در سرباره دور از انتظار نبوده است. باساک و ساها (۱۹۹۵) طی یک آزمایش انکوباسیون متوجه شدند که تأثیر سرباره بازی بر مقدار فسفر قابل عصاره‌گیری

www.SID.ir

با روش بری[1] II بسیار بیشتر از سنگ فسفات میسوری بود. در خاک باغ چای بین تیمارهای $S_{0.5}$ و S_1 با شاهد اختلاف معنی‌دار وجود ندارد، لیکن تیمارهای S_2 ، S_4، S_8 و S_{16} با شاهد و با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند. افزایش فسفر قابل عصاره‌گیری در این تیمارها متناسب با مقدار سرباره بکاررفته است. همچنین سرباره حاوی مقدار زیادی سیلیس است که می‌تواند فسفر تثبیت شده را از خاک آزاد کند. کریستن و ارستاد (۱۹۹۶) ملاحظه نمودند که بیشترین غلظت فسفر قابل جذب در اثر استفاده از ۱۴/۴ تن در هکتار سرباره به دست آمد. سوبرامانیان و همکاران (۱۹۹۰) نیز در تحقیقی با استفاده از مواد آهکی سیلیکاتی (سرباره) دریافتند که کاربرد این مواد در سطحی معادل ۵۰۰ میلی گرم در کیلوگرم سیلیس باعث افزایش فسفر قابل استفاده در خاک شد.



	S0	S0.5	S1	S2	S4	S8	S16
باغ چای	10.14	7.53	9.14	13.28	16.03	26.03	22.1
مزرعه برنج	1.35	2.44	4.77	5.27	17.92	25.54	31.09

نمودار ۳- میانگین اثر تیمارها بر فسفر(میلی گرم در کیلوگرم) قابل استخراج با AB-DTPA در خاکها

در خاک مزرعه برنج نیز سرباره سبب افزایش فسفر قابل جذب خاک شده است. استفاده از سرباره به ویژه در مقادیر ۴ ، ۸ و ۱۶ درصد سبب افزایش قابل ملاحظه فسفر قابل جذب خاک شده است. اثر سرباره کنورتور بر غلظت فسفر قابل استخراج با AB-DTPA در خاک را نباید تنها به خاطر وجود فسفر در ترکیب آن دانست، بلکه افزایش (pH) و آزاد شدن فسفر از فسفات آهن و آلومینیم و همچنین جایگزینی سیلیس سرباره در محل های تبادلی به جای فسفات سبب افزایش غلظت فسفر محلول می‌شود (۲۷). به طور کلی غلظت فسفر قابل جذب علاوه بر فسفر موجود در ترکیب آن تا حدود زیادی به (pH) خاک وابسته است و (pH) علاوه بر تاثیر بر فعالیتهای میکروبی بر حلالیت ترکیبات مختلف فسفره تاثیر می‌گذارد ودر (pH) های قلیایی، فسفر به صورت فسفات‌های کلسیم نا محلول رسوب می‌نماید.

پتاسیم و منگنز

اثر تیمارها بر پتاسیم و منگنز قابل عصاره‌گیری با AB-DTPA در خاک‌ها در سطح ۱ درصد معنی دار است (جدول ۳). نکتهٔ مهم در مورد پتاسیم این است که با افزایش مقدار سرباره در خاک‌ها از میزان پتاسیم قابل عصاره گیری کاسته شده است (جدول ۴). این کاهش در خاک باغ چای کاملاً مشخص و در خاک مزرعه برنج، نامنظم و قابل ملاحظه نیست. علت کاهش پتاسیم خاک، تثبیت آن

1. Bray

Archive
www.SID.ir

می‌باشد. افزایش (pH) خاک (در اثر افزودن سرباره) سبب حذف پلیمرهای هیدروکسی آهن و آلومینیم در فضای بین لایه‌ای رس‌ها شده و در نتیجه تثبیت پتاسیم افزایش می‌یابد. از عوامل مؤثر دیگر در تثبیت پتاسیم تشکیل ترکیبات نامحلول پتاسیم به ویژه آلومینوسیلیکات‌های پتاسیم در (pH)های بالا (با افزودن سطوح بالای سرباره) می‌باشد (۵). به طور کلی در خاک باغ چای، میانگین پتاسیم عصاره‌گیری شده از خاک تیمار شده با ۱۶ درصد سرباره کاهشی معادل ۵۸/۵ درصد نسبت به شاهد نشان می‌دهد.

جدول ۴ - میانگین اثر تیمارها بر میزان هدایت الکتریکی و منگنز و پتاسیم قابل استخراج با AB-DTPA در خاک‌ها

تیمار / خاک	S0	S0.5	S1	S2	S4	S8	S16
				منگنز(میلی گرم در کیلوگرم)			
باغ چای	۲۴/۹ d	۳۵/۳ c	۲۶/۷ d	۲۶/۷ d	۳۹/۸ c	۱۰۱/۹ b	۱۶۳/۳ a
مزرعه برنج	۱۳/۹ e	۱۳/۹ e	۱۶/۸ e	۳۰/۵ d	۵۳/۷ c	۱۱۰/۷ b	۱۴۵/۴ a
				پتاسیم(میلی گرم در کیلوگرم)			
باغ چای	۱۴۹/۴ d	۱۴۸/۴ c	۱۳۰/۶ b	۱۱۸/۶ c	۱۱۵/۷ c	۸۰/۰ d	۶۲/۰ e
مزرعه برنج	۹۱/۰ abc	۹۸/۸ a	۸۹/۴ abc	۹۴/۵ ab	۸۹/۴ abc	۸۶/۰ bc	۸۲/۵ c
				قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)			
باغ چای	۰/۴۳ e	۰/۴۵ e	۰/۵۱ d	۰/۶۰ c	۰/۹۹ b	۰/۹۳ b	۱/۱۲ a
مزرعه برنج	۰/۴۰ c	۰/۴۴ bc	۰/۴۳ bc	۰/۴۴ bc	۰/۴۵ bc	۰/۳۵ db	۰/۶۲ a

همچنین نتایج نشان داد که با افزایش سطح سرباره ، غلظت منگنز زیاد شده است (جدول ۴) که این نتیجه حضور ۴/۴۶ درصد منگنز (MnO) در سرباره می‌باشد.کان (۱۹۹۲) با استفاده از سرباره بازی به عنوان اصلاح کننده خاک نتیجه گرفت که غلظت منگنز محلول در خاک تیمار شده افزایش یافته است.

هدایت الکتریکی

اثر تیمارها بر هدایت الکتریکی در خاکها در سطح احتمال یک درصد معنی دار است (جدول ۳). در تمام نمونه ها، کاربرد سرباره سبب افزایش میزان هدایت الکتریکی خاک شده است(جدول ۴). این افزایش در مقادیر بالای سرباره یعنی تیمارهای S_8و S_{16} بیشتر محسوس است . در هر صورت به دلیل اینکه سرباره یک ترکیب کم محلول است، تاثیر آن بر میزان هدایت الکتریکی در تمام سطوح مصرفی قابل ملاحظه نبوده و تاثیر سوئی بر EC خاک ندارد مگر برای گیاهان بسیار حساس به شوری و آن هم در سطوح بالای مصرف سرباره.

۲-مرحله گلخانه

عملکرد گیاه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۵) اثر تیمارها بر عملکرد خشک گیاه را در خاکها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار نشان می‌دهد. نمودار (۴) اثر تیمارها بر وزن خشک گیاه را در خاک باغ چای نشان می‌دهد. افزایش معنی‌دار وزن خشک گیاه در تیمارهای S_1 و S_2 نسبت به شاهد مشاهده می‌شود. افزایش عملکرد در تیمارهای S_1 و S_2 به ترتیب ۱/۳۵ و ۱/۴۲ برابر عملکرد خشک در تیمار شاهد است. افزایش عملکرد احتمالاً به دلیل تصحیح (pH) خاک به حد مطلوب در اثر استفاده از سرباره در این تیمارها است. همچنین افزایش سطح حاصلخیزی خاک به ویژه فسفر، کلسیم، منیزیم، سیلیسیم، آهن و منگنز سبب افزایش

Archive of SID

www.SID.ir

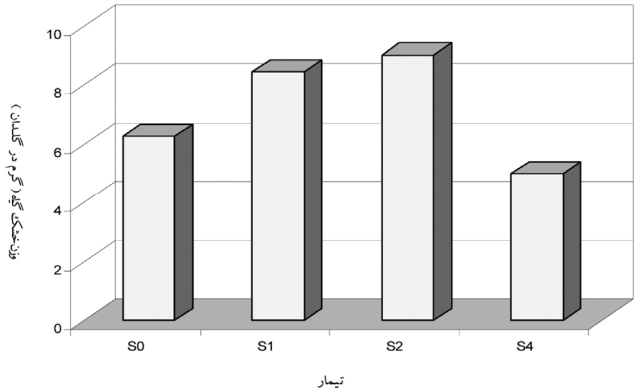
عملکرد گیاه شده است. اویا و همکاران (۱۹۹۰) در اکیناوای ژاپن با استفاده از سربارهٔ کورهٔ بلند در نسبت‌های ۵/۳ و ۱۶/۵ گرم در هر گلدان در یک خاک اسیدی با (pH) برابر۴/۷ ملاحظه نمودند که عملکرد Rhodes grass به طور مشخص در تیمار ۵/۳ گرم سرباره در گلدان افزایش یافته است. فریتس و همکاران (۱۹۸۹) طی یک آزمایش مزرعه‌ای دریافتند که میانگین عملکرد گیاه در صورت استفاده از سوپرفسفاتها به همراه سربارهٔ بازی در مقایسه با سوپرفسفات تنها افزایش می‌یابد. پینتو و همکاران (۱۹۹۵) نتیجه گرفتند که در مراتع دریو در شمال اسپانیا، محصول خشک گیاهی در اثر استفاده از سرباره افزایش یافته است. پاسخ عملکرد به کاربرد سرباره در سال دوم بیشتر از سال اول بوده است. وزن خشک گیاه در تیمار S_4 با شاهد اختلاف معنی‌داری ندارد. کاهش عملکرد این تیمار نسبت به تیمارهای دیگر احتمالاً به دلیل افزایش (pH) خاک و اختلال در جذب عناصر غذایی است. اگونتوینبو و همکاران (۱۹۹۶) نتیجه گرفتند که استفاده از سربارهٔ بازی در مقادیر ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم کلسیم در هر کیلوگرم یک خاک اسیدی سبب افزایش عملکرد مادهٔ خشک گیاهی به میزان ۱/۵ برابر شده است، لیکن در مقادیر ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلسیم در کیلوگرم خاک، عملکرد کاهش پیدا کرده و با شاهد اختلافی نداشته است

جدول ۵- تجزیه واریانس مربوط به اثر تیمارها و زمان نگهداری
بر وزن خشک گیاه و جذب آهن، فسفر، منگنز و پتاسیم (میلی گرم در گلدان) توسط گیاه در خاکها

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		خاک باغ چای			خاک مزرعه برنج		
		وزن خشک گیاه	آهن	فسفر	وزن خشک گیاه	آهن	فسفر
تیمار	۳	**۱۰/۲۳	** ۰/۱۵۱	**۴۹/۱	**۵/۷۵	**۰/۱۵۶	**۴۶/۵
خطا	۸	۰/۷۹	۰/۰۴۱	۵/۵۰	۰/۰۶۹	۰/۰۰۲۹	۳۵/۵

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		خاک باغ چای		خاک مزرعه برنج	
		پتاسیم	هدایت الکتریکی	پتاسیم	هدایت الکتریکی
تیمار	۳	**۹۶۲۴/۲	**۳/۵۷	**۴۶/۵	**۰/۱۷۵
خطا	۸	۲۹۰/۸	۰/۰۳۲	۱/۱۱	۰/۰۰۶۹

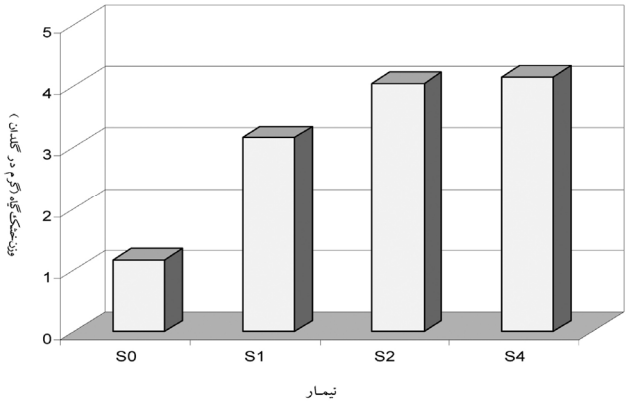
** در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار است



نمودار ۴ - اثر تیمارها بر وزن خشک گیاه در خاک باغ چا

Archive of SID

www.SID.ir



نمودار ۵ - اثر تیمارها بر وزن خشک گیاه در خاک مزرعه برنج

نمودار (۵) اثر تیمارها بر وزن خشک گیاه را در خاک مزرعه برنج نشان می‌دهد. در این خاک، افزایش بسیار زیاد عملکرد گیاه در تیمارهای $S_{0.5}$ و S_1 نسبت به شاهد مشاهده می شود. تیمار S_2 نیز افزایش معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان می‌دهد، لیکن کاهش معنی‌داری نسبت به دو تیمار دیگر سرباره نشان می‌دهد. در جنوب نیجریه استفاده از سرباره بازی در مقادیر ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم یک خاک اسیدی، وزن خشک گیاه نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشت (۱۵). کریستن و ارستاد (۱۹۹۶) نتیجه گرفتند که کاربرد ۱۴/۴ تن در هکتار سربارهٔ کنورتور، بیشترین محصول خشک گیاه (گراس) به دست آمده است. آنها پیشنهاد کردند که افزایش عملکرد در اثر افزایش فسفر، آهن، منگنز، سیلیسیم و دیگر عناصر غذایی موجود در سرباره است. افزایش عملکرد در تحقیق حاضر می‌تواند به دلایل فوق باشد.

جذب فسفر

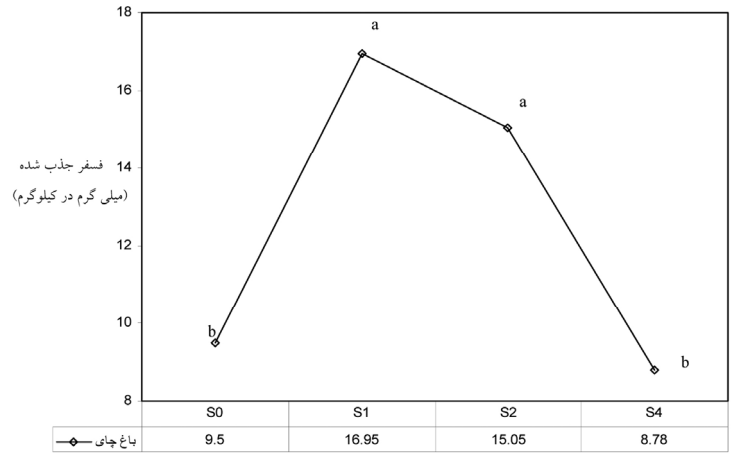
غلظت عناصر غذایی در گیاه در بعضی موارد از جمله در اثر پدیدهٔ رقیق شدن ممکن است نشان‌دهندهٔ اثر واقعی تیمارها بر گیاه نباشد. در این موارد در نظر گرفتن جذب این عناصر توسط گیاه می‌تواند فاکتور مناسب‌تری برای ارزیابی اثر تیمارها باشد. جذب هر عنصر به وسیله گیاه با دو عامل غلظت عنصر در گیاه و وزن خشک گیاه تعیین می‌شود و عبارت است از حاصلضرب غلظت عنصر در مادهٔ خشک گیاه. در تحقیق حاضر، وزن خشک آسمانه گیاهان در هر گلدان به عنوان عملکرد خشک گیاه در نظر گرفته شده و بر حسب گرم در گلدان گزارش شده است.

جدول (۵) تجزیه واریانس مربوط به اثر تیمارها را بر جذب فسفر به وسیله گیاه در خاکها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار نشان می‌دهد. نمودار (۶) اثر تیمارها را بر جذب فسفر توسط گیاه در خاک باغ چای نشان می‌دهد. افزایش معنی‌دار جذب فسفر به وسیله ذرت تحت تیمارهای S_1 و S_2 نسبت به شاهد دیده می‌شود. این افزایش به علت عملکرد بیشتر گیاه و غلظت بالاتر فسفر (۰/۲ و ۰/۱۷ درصد مادهٔ خشک گیاهی به ترتیب در تیمارهای S_1 و S_2 نسبت به ۰/۱۵ درصد در تیمار شاهد) در گیاه است. در مرحله انکوباسیون مشاهده شد که سرباره سبب افزایش غلظت فسفر در خاک شد که می‌تواند دلیل افزایش عملکرد و جذب فسفر توسط گیاه باشد. کاسانووا و همکاران (۱۹۹۳) در ایالت بولیویا در ونزوئلا نتیجه گرفتند که استفاده از ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سنگ فسفات مونت‌فرزکو به همراه ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار سربارهٔ بازی، جذب فسفر را از ۰/۱ درصد در قطعه شاهد به ۰/۲ درصد در کرت تیمار شده افزایش داده است. باساک و همکاران (۱۹۹۵) در خاکهای اسیدی غرب بنگال در یک آزمایش گلدانی، اثر تیمارهای مختلف را بر جذب فسفر به وسیله گیاه گندم بررسی کردند. آنها دریافتند که در صورت استفاده از ۳۵۰ کیلوگرم در

Archive of SID

www.SID.ir

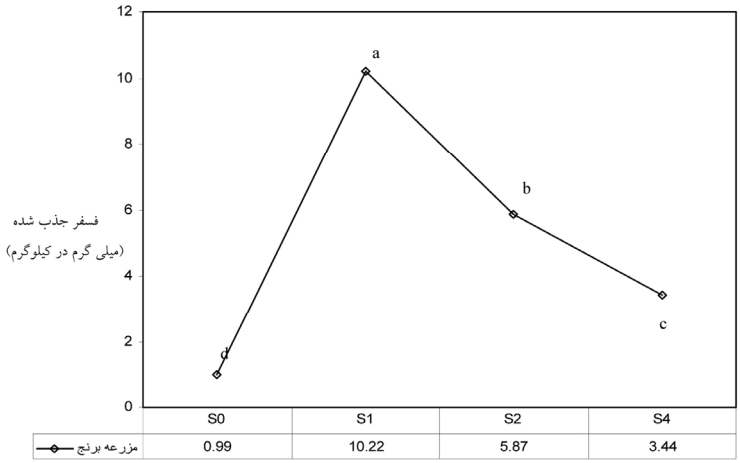
هکتار توسط منبع سوپرفسفات معمولی به همراه سرباره بازی بیشترین جذب فسفر انجام می‌گیرد. جذب فسفر بـه وسـیله گیـاه در تیمار S_4 با شاهد اختلاف معنی‌داری ندارد



نمودار ۶ - اثر تیمارها بر جذب فسفر در خاک باغ چای

جدول ۶ - اثر تیمارها بر جذب آهن، منگنز و پتاسیم به وسیله گیاه در خاک باغ چای

عنصر غذایی / تیمار	آهن	منگنز	پتاسیم
		میلی‌گرم در گلدان	
S_0	۱/۰۱ ab	۲/۳۵ b	۱۸۹/۷ a
S_1	۱/۴۰ a	۳/۷۹ a	۸۶/۶ b
S_2	۱/۳۵ ab	۳/۷۲ a	۸۶/۱ b
S_4	۰/۹۷ b	۱/۵۳ b	۶۳/۱ b



نمودار ۷ - اثر تیمارها بر جذب فسفر در خاک مزرعه برنج

Archive of SID

www.SID.ir

نمودار (۷) جذب فسفر به وسیله گیاه را در خاک مزرعه برنج نشان می‌دهد. جذب فسفر در تیمار $S_{0.5}$ و S_1 به ترتیب افزایش بسیار زیادی را نسبت به شاهد نشان می‌دهند. در تیمار S_2 نیز جذب فسفر افزایش خیلی زیادی را نسبت به شاهد نشان می‌دهد، لیکن کاهش معنی‌داری نسبت به تیمارهای $S_{0.5}$ و S_1 دارد. اگونتوینبو و همکاران (۱۵) در جنوب نیجریه دریافتند که استفاده از سرباره بازی در یک خاک اسیدی به مقدار ۲۵۰ و۵۰۰ میلی‌گرم کلسیم در کیلوگرم خاک سبب افزایش بسیار معنی‌دار جذب فسفر به وسیله گیاه شد، لیکن در مقادیر ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلسیم در کیلوگرم خاک، جذب فسفر به وسیله گیاه کاهش یافت، لیکن هنوز افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد داشت.

جذب آهن

جدول (۵) نتایج تجزیه واریانس داده‌ها برای اثر تیمارها بر جذب آهن به وسیله گیاه را در خاکها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار نشان می‌دهد. جدول (۶) اثر تیمارها بر جذب آهن به وسیله گیاه را در خاک باغ چای نشان می‌دهد. مقدار جذب آهن به وسیله گیاه در تیمارهای سرباره با شاهد اختلاف معنی‌داری ندارد. با توجه به افزایش عملکرد گیاه در این تیمارها انتظار می‌رفت که جذب آهن افزایش یابد، لیکن از سویی دیگر غلظت آهن در گیاه کاهش یافته است و همین سبب عدم اختلاف معنی‌دار جذب آهن توسط گیاه شده است. در مرحله انکوباسیون مشاهده شد که کاربرد سرباره در سطوح فوق سبب کاهش غلظت آهن در خاک شد که این می‌تواند سبب جذب کمتر آهن و کاهش غلظت آن در گیاه شود. در مطالعات سارکونان و همکاران (۱۹۹۳) نیز مشاهده شد که استفاده از سربارهٔ فروکروم در یک التی‌سول اسیدی معادل ۰/۲۵-۱ برابر نیاز آهکی سبب کاهش غلظت آهن در برنج شده است. کاهش معنی‌دار جذب آهن تحت تیمار S_4 نسبت به تیمار S_1 به دلیل کاهش وزن خشک گیاه در این تیمار می‌باشد

جدول (۷) اثر تیمارها بر جذب آهن به وسیله گیاه را در خاک مزرعه برنج نشان می‌دهد. افزایش معنی‌دار جذب آهن به وسیله گیاه در تیمار $S_{0.5}$ نسبت به شاهد مشاهده می‌شود. این افزایش به دلیل افزایش وزن خشک گیاه است. افزایش بسیار زیاد جذب آهن در تیمار S_1 نسبت به شاهد به دلیل عملکرد بیشتر این تیمار و غلظت بالای آهن در گیاه می باشد. در مرحله انکوباسیون مشاهده شد که کاربرد سرباره در این خاک سبب افزایش غلظت آهن قابل جذب خاک شد. جذب آهن توسط گیاه در تیمار S_2 نسبت به شاهد معنی‌دار است. جذب آهن تحت این تیمار نسبت به S_1 کاهش معنی‌داری را نشان می‌دهد. این به خاطر کاهش عملکرد و کاهش غلظت آهن (۱۴۶/۶ قسمت در میلیون در تیمار S_2 نسبت به ۱۶۹/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار S_1) در گیاه تحت تیمار S_2 نسبت به تیمار S_1 می‌باشد.کاهش غلظت آهن ممکن است به دلیل رسوب آهن در ریشه و اشغال مکانهای فعال جذب آهن باشد.

جدول ۷ - اثر تیمارها بر جذب آهن، منگنز و پتاسیم به وسیله گیاه در خاک مزرعه برنج

عنصر غذایی / تیمار	آهن	منگنز	پتاسیم
		میلی‌گرم در گلدان	
S_0	۰/۱۵ c	۰/۱۷ b	۴۰/۹ c
$S_{0.5}$	۰/۵۰ b	۰/۶۰ a	۷۴/۳ ab
S_1	۰/۷۰ a	۰/۷۲ a	۷۹/۱ a
S_2	۰/۱۶ b	۰/۵۷ a	۶۵/۳ b

جذب منگنز

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (۵) اثر تیمارها بر جذب منگنز به وسیله گیاه را در خاکها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار نشان

Archive of SID

www.SID.ir

می‌دهد. افزایش معنی‌دار جذب منگنز توسط گیاه در تیمارهای S_1 و S_2 نسبت به شاهد وجود دارد (جداول ۶ و۷). این افزایش به دلیل افزایش عملکرد و غلظت منگنز در گیاه (۴۰۷ و ۳۸۶) قسمت در میلیون به ترتیب در تیمارهای S_1، S_2 نسبت به ۳۵۳ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار شاهد) است. در مرحله انکوباسیون مشاهده شد که سرباره سبب افزایش غلظت منگنز قابل جذب خاک شد. نتایج تجزیه خاک گلدانها نیز مؤید این موضوع است. بنابراین افزایش مقدار منگنز قابل جذب در خاک می‌تواند عامل افزایش جذب منگنز توسط گیاه و افزایش غلظت منگنز در گیاه باشد. تیمار S_4 با شاهد اختلاف معنی‌دار ندارد. در خاک مزرعه برنج افزایش معنی‌دار جذب منگنز به وسیله گیاه در تیمارهای سرباره نسبت به شاهد مشاهده می‌شود. در این تیمارها عملکرد گیاه و غلظت منگنز (به جز غلظت منگنز در تیمار $S_{0.5}$) به طور معنی‌دار نسبت به شاهد افزایش یافته است. بین تیمارهای سرباره با یکدیگر در جذب منگنز توسط گیاه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

جذب پتاسیم

تجزیه واریانس داده‌ها (۵) اثر تیمارها را بر جذب پتاسیم به وسیله گیاه در خاکها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار نشان می‌دهد. در خاک باغ چای کاهش معنی‌دار جذب پتاسیم به وسیله ذرت در تیمارهای سرباره نسبت به شاهد مشاهده می‌شود (جدول ۶). غلظت پتاسیم در این تیمارها در مقایسه با شاهد کاهش بسیار زیادی را نشان می‌دهند. در مرحله انکوباسیون ملاحظه شد که کاربرد سرباره در این خاک سبب کاهش پتاسیم قابل جذب خاک شده است، که این موضوع سبب شده پتاسیم قابل جذب کمتری برای گیاه در دسترس باشد. کریستن و ارستاد (۱۹۹۶) در خاکهای آلی اسیدی نتیجه گرفتند که کاربرد سرباره کنورتور در مقادیر ۳/۶، ۷/۲، ۱۴/۴ تن در هکتار سبب کاهش غلظت پتاسیم از ۱/۸۰ درصد در تیمار شاهد به ترتیب به ۱/۶۷، ۱/۶۵ و ۱/۶۳ درصد در تیمارهای مذکور گردید. در خاک مزرعه برنج، افزایش معنی‌دار جذب پتاسیم به وسیله گیاه در تیمارهای سرباره نسبت به شاهد وجود دارد (جدول ۷). این افزایش به دلیل عملکرد بسیار زیاد گیاه در این تیمارها است. کان و همکاران (۱۹۹۲) نیز نتیجه گرفتند که کاربرد ۴۰ تن در هکتار سرباره بازی سبب افزایش جذب پتاسیم به وسیله برنج شده است.

تجزیه خاک گلدان‌ها بعد از برداشت گیاه

تجزیه واریانس داده‌ها اثر تیمارها بر (pH)، میزان هدایت الکتریکی و مقدار آهن و منگنز باقیمانده (قابل عصاره‌گیری با AB-DTPA) پس از برداشت گیاه را در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار نشان می‌دهد. سرباره سبب افزایش معنی‌دار (pH) خاک گلدانها متناسب با میزان مصرفی شده است. تأثیر سرباره در افزایش (pH) خاکها نسبت به مرحله انکوباسیون کمتر بوده است. این به دلیل رشد گیاه، تنفس ریشه و تأثیر ریشه در تراوش اسیدها بوده که سبب کاهش موضعی (pH) شده است. در خاکها سرباره سبب افزایش EC خاک شده است، لیکن این افزایش در خاک باغ چای تنها در تیمار S_4 و در خاک مزرعه برنج در تیمارهای S_1 و S_2 نسبت به شاهد معنی‌دار است. اثر تیمارها بر غلظت آهن و منگنز قابل عصاره‌گیری با نتایج حاصله از آزمایشهای مرحله انکوباسیون همخوانی دارد و همان روند را طی می‌کند.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع و مآخذ:

۱. افلاکی- علیرضا. ۱۳۷۴. تحقیق روی پارامترهای مؤثر در بازیابی ترکیبات وانادیومی از سرباره. دانشکده مواد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. پال، ال. آ. و ف. ای. کلارک. ۱۳۷۶. میکروبیولوژی و بیوشیمی خاک (ترجمه ناصر علی اصغرزاده). انتشارات دانشگاه تبریز. ۴۲۱ صفحه.

۳. زرین کفش- محمود. ۱۳۷۲ خاکشناسی کاربردی. انتشارات دانشگاه تهران.

۴. فروهر- مجید. ۱۳۷۸. بررسی امکان استفاده از پودر اکسید آهن ضایعاتی حاصل از فرآیند اسید شوئی فولاد به عنوان کود آهن. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه صنعتی اصفهان.

۵. ملکوتی- محمدجعفر و مهرداد افخمی . ۱۳۷۸ . ضرورت جلوگیری از تخلیه پتاسیم خاکهای اراضی شالیزاری شمال کشور. نشریه فنی شماره ۶۲ . مؤسسه تحقیقات خاک و آب. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

6. Adams, F. 1984. Crop response to lime in the southern United State. p : 211-265. In F. Adams (ed.) Soil acidity. 2nd ed., Agronomy monager. 12. ASA. CSSA. and SSA. Madison, WI.
7. Basak,R.K., S.N. Saha, and N. Mukherjee, 1995. Effect of mixtures of water soluble and water insoluble phosphates on yield and phosphorus uptake by wheat in acid soil of west Bengal, Indian Agriculturist, Vol. 39, No. 4, pp. 289-291.
8. Cassanova, E., M.J. Perez and M. Flores. 1993. Agronomic evaluation of phosphate rock and slag on an Upata acid soil in Bolivia State. Commu. Soil Sci. Plant Anal. 24(7-8): 573-578.
9. Fritsch, F., W. Werner, H.B. Strasser, 1989. Effect of long-term application of different phosphate forms on yield formation and availability of phosphates accumlated in soil., Archiv fur Acker und P flanzenbau und Bodenkunde, Vol. 33, No.3, pp.169-177.
10. Khan, H.R. 1996. Dynamic in composition of percolating solutions from acid sulfate soil under rice and selected amendments. Current Agric. 20(1-2): 51-60.
11. Khan, H. R., S. Rahman, M.S. Hussain, Adachi, T., 1992. Response of rice plants to lime-basic slag in acid sulfate soil. Current- Agriculture, Vol. 16, No. 1-2, pp.21-31.
12. Kristen, M. and K.J. Erstad. 1996. Converter slag as a liming material on organic soils. Norwegian J. Agric. Sci. 10(1): 83-93.
13. Lindsay, WL. and A.P. Schqab. 1982. The chemistry of iron in soils and its availability to plant. J. Plant Nutr. 5 (4-7): 821-840.
14. Norvell, W. A. and Lindsay. 1982. Effect of ferric chlorid additions on the solubility of ferric iron a near – neutral soil. J. Plant Nutr. 5: 1285-12995 .
15. Oguntoinbo, F.I., E. A. Aduay, and R.A. Sobulo. 1996. Effectiveness of some local liming materials in Nigeria as ameliorants of soil acidity. J. Plant Nutr. 19(7): 999-1016.
16. Oya, K., N. Kinjo and M. Shimo. 1990. The improving effect of several limig materials on the growth and nutrient uptake of Rodes grass. Sci. Bull. College Agric., Univ. Ryukyus, Okinawa. 37: 7-17.
17. 17 . Paye, A.L., R.H. Miller and D.R. Keeny. 1984 Method of soil analysis. Part II. SSSA Inc .Madison, WI.
18. Pinto, M., M. Rodriguez, B.N. Besga and F.A. Lopez. 1995. Effects of Linz-Donawitz (LD) slag on soil properties and pasture production in the Basque County (Northern Spain). New Zealand J. Agric. Res. 38 (1) 143-155.
19. Plaster, J. E. 1997. Soil science and management. 3 rd. ed. Delmar Publishers p: 165-189.
20. Ponnette, Q., R. Frankart, W. Poma Rojas, and C. Petit . 1991. Effects of mineral amendments on the physico-chemical properties of a brown acid soil in a beech stand in the Belgian Ardennes. Pedologie 41 (1): 89-100.
21. Rodriguez, M., F.A. Lopez, M. Pinto, N. Balcazar, and G. Besga. 1994. Basic Linz-Donawitz slag as a liming agent for pastureland. Agron. J. 86:904-909.

Archive of SID

www.SID.ir

22. Shariatmadari, H. and A.R. Mermut. 1999. Magnesium and silicon-calcite systems. Soil Sci. Soc. Am. J. 63: 1167-1173.
23. Sarkunan, V., Misra, A.K., Nayar, P. K., 1993. Effect of ferrochrome slag on the yield and nutrient content of rice on an acid soil, Journal of the Indian Society of soil Science, Vol. 41, No.3, pp. 594-595.
24. Sloan, J. J. and N.T. Basta. 1995. Remediation of acid soils by using alkaline biosolids. J. Environ. Qual. 24:1097-1103.
25. Soltanpour, P.N., F. Adams and A.C. Bennett. 1974. Soil phosphorus availability measured by displaced soil solution, calcium-chloride extracts, dilute-acid extracts, labile phosphorus. Soil Sci. Soc. Am. J. 38:225-228.
26. Stuczynski, T. I., G. W. McCarty and R.J. Wright. 1998. Impact of coal combustion product amendments on soil quality: 1. Mobilization of soil organic nitrogen. Soil Sci. Soc. Am.J. 163:952-959.
27. Subramanian, S. and A. Copalswamy. 1990. Influence of silicate and phosphate materials on availability and uptake of silicon and phosphorus in acid soil. Oryza 27(3):267-273.
28. United Nation. 1990. The recuperation and economic utilization of by-products of the iron and steel industry. Economic Commission for Europe, Geneva.

Archive of SID

www.SID.ir

JOURNAL OF
AGRICULTURAL
SCIENCES
Islamic Azad University

Steelmaking Slag as Amendment Material in Gilan Acid Soils

A. M. Torkashvand
Horticulture Department, Azad University, Rasht Branch
M. Kalbasi
Prof Soil Department, Isfahan Technology University
H. Shariatmadari
Assoc Prof Soil Department, Isfahan Technology University

Keywords: Acid soils, Amendment, Soil liming application, Slag, LD Converter.

Abstract
LD converter slag, a by-product of the iron and steelmaking industry produced in large quantities in Isfahan, Iran. The slag contains 52.8 and 2.2% (w/w) Cao and MgO, respectively. To determine the possibility using LD slag on the chemical characteristics of two acid soils from Gilan province, a study was conducted including two stages. The soil samples were collected from 0-30cm of rice field and tea orchard. First stage was incubation phase that treatments were 0, 0.5, 1, 2, 4, 8 and 16 % (w/w) of converter slag/kg soil. The slag was thoroughly mixed with 500g soil in plastic pots. Soils moisture content was adjusted to near field capacity and changes in pH, EC and AB-DTPA-extractable Fe, Mn, Zn, P and K were determined at 1, 10, 30 and 60 days. Second phase was a greenhouse study that treatments with due attention to incubation results were desined. Treatment were 0, 0.5,1 and 2 W/W and 0, 1, 2 and 4 W/W of slag in rice field and tea orchard soils, respectively. Results showed that soil pH increased with increasing slag rates. Slag increased AB-DTPA-extractable P and Mn, the increase depends on the amount of slag applied. However, the effect of slag on AB-DTPA-extractable Fe depends on initial pH, bigining decreased at the pH range of 7.4 - 8.5 and then increased at higher pH. Slag decreased AB-DTPA-extractable K especially in highly acid soil. The results of greenhous studies showed that application of 0.5, 1 and 2% W/W of slag increased the plant dry matter. Iron and manganes uptake by plant increased in soils. Application of slag increased P uptake in soils. K uptake increased in rice field soil but decreased in tea orchard soil. In conclusion seems that converter slag is suitable amendment for acid soils. It is suggested that the effect of LD converter slag on the plant growth and chemical characteristics of acid soils be studied under field conditions.

Archive of SID

www.SID.ir