Archive of SID

نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد هشتم، شماره سوم، ۱۳۹۷
http://ejsms.gau.ac.ir

اثر کاربرد سرباره مس همراه با ترکیبات آلی بر آهن قابل عصاره‌گیری به‌وسیله DTPA و برخی ویژگی‌های یک خاک آهکی

*الهام میرپاریزی[۱]، مجتبی بارانی‌مطلق[۲]، سیدعلیرضا موحدی‌نائینی[۲]، رضا قربانی نصرآبادی[۳] و سمیه بختیاری[۴]

[۱]دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۲]دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۴]استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی سیرجان

تاریخ دریافت: ۹۷/۲/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۶/۱۲

چکیده

سابقه و هدف: کمبود آهن یکی از شایع‌ترین مشکلات تغذیه گیاه در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌ویژه خاک‌های آهکی می‌باشد. از آن‌جایی‌که حدود ۵۳/۸ درصد سرباره را اکسیدهای آهن به خود اختصاص می‌دهند، امکان کاربرد آن را به‌عنوان کود تقویت می‌کند. استفاده از سرباره مس از محصولات فرعی مجتمع مس سرچشمه با ترکیبات آلی به‌عنوان منبع تأمین‌کننده آهن در یک خاک آهکی مورد ارزیابی قرار گرفت. هدف این پژوهش مطالعه انکوباسیونی تأثیر سرباره مس و ترکیبات آلی بر میزان آهن قابل عصاره‌گیری به‌وسیله DTPA و برخی ویژگی‌های یک خاک آهکی بود.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی تأثیر سرباره بر آهن قابل‌جذب خاک، آزمایش انکوباسیونی به‌مدت ۳ ماه به‌صورت آزمایش فاکتوریل خرد شده در زمان در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل ۵ سطح ماده آلی (پوست پسته (P_2 و P_4)، کود گاوی (C_2 و C_4) در دو سطح ۲ و ٤ درصد وزنی و نمونه شاهد (C)) و ۱۰سطح آهن (سرباره مس (S_2 و S_4)، سرباره مس با گوگرد ($S_2S°$ و $S_4S°$)، سرباره مس با گوگرد و تیوباسیلوس ($S_2S°T$ و $S_4S°T$)، سرباره اسیدی (S_{2a} و S_{4a}) (به‌میزان ۲ و ٤ برابر مقدار توصیه آزمون خاک) کلات سکوسترین (Seq) و نمونه شاهد (S_0) بودند. در زمان‌های ۱۰، ۳۰، ٦۰ و ۹۰ روز بعد از انکوباسیون تغییرات پارامترهایی مانند pH، EC و مقدار آهن با عصاره‌گیر DTPA-TEA اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد با اعمال تیمارهای ترکیبات آلی در طول زمان انکوباسیون از قابلیت جذب آهن کاسته شده است. نتایج نشان داد در طی دوره انکوباسیون سه ماهه تیمارهای سرباره منجر به افزایش EC خاک‌ها شدند. بیش‌ترین مقدار افزایش EC مربوط به تیمار سرباره به‌میزان ٤ برابر مقدار توصیه آزمون خاک بر حسب آهن قابل‌جذب این ترکیب همراه با گوگرد و تیوباسیلوس $S_4S°T$ با مقدار ۲/۲۱ دسی‌زیمنس بر متر در پایان دوره

* مسئول مکاتبه: elham_mir44@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

انکوباسیون است. در نمونه خاک مورد مطالعه متناسب با مقدار مصرف سرباره، مقدار آهن قابل عصاره‌گیری با DTPA افزایش یافت. هر چند در طول دوره انکوباسیون از قابلیت جذب آهن کاسته شد، اما با این وجود مقدار آهن پس از گذشت ۹۰ روز از شروع انکوباسیون در تیمارهای $S_4S°T$، $S_4S°$، S_4 در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌دار یافت. اثر برهم‌کنش تیمارهای سرباره و ترکیبات آلی نشان داد بیش‌ترین مقدار EC و کم‌ترین مقدار pH مربوط به تیمار ٤ درصد کود گاوی با سرباره همراه با گوگرد و تیوباسیلوس بود. این در حالی بود که مقدار آهن قابل‌جذب در خاک از ۱/٤۳ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار شاهد $CS°$ به مقدار ۸/۱۷ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار ٤ درصد پوست پسته با سرباره به‌میزان ٤ برابر مقدار توصیه آزمون خاک همراه با گوگرد و تیوباسیلوس ($P_4S_4S°T$) رسید.

نتیجه‌گیری: ترکیبات آلی در طول زمان انکوباسیون منجر به کاهش آهن در مقایسه با نمونه شاهد شدند. سرباره حاصل از ذوب مس دارای عناصر غذایی کم‌مصرف از جمله آهن می‌باشد به‌طوری‌که در سطوح بالای مصرف سرباره، مقدار آهن افزایش یافت، هم‌چنین استفاده از تیمار ٤ درصد پوست پسته با سرباره به‌میزان ٤ برابر مقدار توصیه آزمون خاک همراه با گوگرد و تیوباسیلوس ($P_4S_4S°T$)، بیش‌ترین مقدار آهن قابل‌جذب را در پی داشت، بنابراین سرباره پتانسیل استفاده به‌عنوان یک منبع آهن را برای گیاهان دارد.

واژه‌های کلیدی: آهن سرباره مس، ترکیبات آلی، خاک آهکی، قابل‌جذب

مقدمه

آهن یکی از عناصر کم‌مصرف ضروری برای رشد گیاه می‌باشد، کمبود آهن که بیش‌تر در خاک‌های آهکی بروز می‌کند از شایع‌ترین کمبودهای غذائی است که کنترل آن نیز مشکل می‌باشد (۲۸). سالهاست که پژوهشگران خاک و علوم کشاورزی جهت رفع کلروز آهن در گیاهان که یک مسأله جهانی است تلاش می‌کنند. جلوگیری یا اصلاح کمبود آهن در گیاهان از طریق فعالیت‌های مدیریتی خاک دارای محدودیت‌های زیادی بوده اما این مسأله به‌طورکلی ناامیدکننده نمی‌باشد (٤۱). روش‌ها و راه‌های متعددی جهت درمان کلروز آهن وجود دارد که یکی از این راه‌ها استفاده از ترکیبات مختلف اصلاحی یا مواد حاوی آهن در خاک می‌باشد. تعدادی از این ترکیبات عبارتند از: ترکیبات معدنی آهن، مواد اسیدی و اسیدزا، ضایعات معادن و محصولات جنبی صنایع، مواد آلی و مواد آلی آهن‌دار و کلات‌های مصنوعی آهن که مؤثرترین این مواد کلات‌های مصنوعی آهن هستند که البته به‌دلیل گرانی فقط برای محصولات ویژه مصرف می‌شوند (۲۳). در شرایط کشور ما نیز علاوه بر گرانی، عدم تولید کلات‌های آهن در داخل سبب شده است تا معالجه کلروز به‌وسیله این ترکیب برای کشاورزان مقرون به صرفه نبوده ضمن این‌که سالیانه مبالغ قابل‌توجه‌ای ارز بابت خرید این کودها از کشور خارج می‌شود. بنابراین جستجو برای پیدا کردن ترکیباتی که دارای اثر مشابه در معالجه کلروز آهن بوده و در داخل مملکت نیز تولید شوند ضروری می‌باشد (٤۳). مواد حاصل از عملیات استخراج تعدادی از معادن در دنیا اغلب دارای مقادیر زیادی آهن هستند. به‌علاوه محصولات جنبی حاصل از بسیاری از فرایندهای صنعتی هم اغلب از این عنصر غنی می‌باشند (٤۱). از جمله این ترکیبات محصولات فرعی کارخانجات ذوب مس مانند سرباره[1] را می‌توان

1- Slag

www.SID.ir

Archive of SID

نام برد. برای تولید مس از کنسانتره[1] آن، در فرآیندهای پیرومتالورژی[2] سالانه مقدار زیادی سرباره تولید می‌شود. طی فرآیندهای ذوب، مات[3] غنی از مس (سولفیدها) و سرباره (اکسیدها) تشکیل می‌شوند (۱۳). میزان تولید سرباره از کوره‌های ریورب[4] مجتمع مس سرچشمه در حدود ۷۰۰ تا ۹۰۰ تن در روز می‌باشد که به‌عنوان ماده‌ای دور ریز در قسمتی از مجتمع جمع می‌گردد. این سرباره تقریباً دارای ۳۵ تا ٤۰ درصد آهن است بنابراین استفاده از این ماده برای تغذیه گیاهان به‌خصوص در مناطقی که کلروز ناشی از کمبود آهن دارند بسیار مهم است. در کشورهای آلمان، آمریکا، فرانسه و ژاپن از سرباره کنورتور[5] برای تولید کودهای سیلیسی، فسفره و عناصر کم‌مصرف استفاده می‌شود (١٦). وانگ و همکاران (٢٠٠٦) از سرباره به‌عنوان کود آهن در دو خاک لومی شنی و شنی لومی استفاده کردند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد سرباره‌ای که دارای مقادیر زیادی اکسید آهن (II) است، به‌عنوان یک منبع مهم آهن برای مناطقی محسوب می‌شود که از کمبود آهن رنج می‌برند (٤٨). نادین (٢٠١٤) بیان نمود سرباره با داشتن عناصری مانند آهن، مس، منگنز و روی تأمین‌کننده عناصر کم‌مصرف برای گیاهان خواهد بود. تهیه کودهای مناسب از سرباره فولاد و تأثیر آن بر ترکیب خاک و گیاه مزایای اقتصادی زیادی را در بر خواهد داشت (۳۰). نتایج مطالعات داس (۲۰۰۷) نشان داد که بسته به نوع خاک و کاربری کشاورزی، با اضافه کردن ۱/۵ تا ۵ تن در هکتار از سرباره (LD)[6] می‌توان pH خاک را تغییر داده و کیفیت و حاصلخیزی خاک را بهبود بخشید (۹). ترسا (۲۰۱۲) در گزارشی بیان نمود سرباره LD با داشتن ترکیباتی مانند MgO، SiO_2، CaO، Mn و دیگر عناصر کم‌مصرف مانند مس، روی، آهن و بور به‌عنوان یک ماده آهکی مناسب مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌عبارت دیگر، کلسیم و منیزیوم به‌دلیل ماهیتی که دارند pH خاک را بهبود می‌بخشند (٤١). ترکاشوند (٢٠١١) در مطالعه انکوباسیونی با کاربرد سرباره به یک خاک آهکی نتیجه گرفت، این ترکیب با داشتن ١٦/٨ درصد اکسیدهای آهن سبب افزایش معنی‌دار آهن قابل عصاره‌گیری خاک می‌شود. همچنین کاربرد یک درصد وزنی این ترکیب در خاک به همراه مواد آلی باعث افزایش عملکرد گیاه ذرت شد (٤٣). مختاری و همکاران (٢٠١٤) در مطالعات خود تأثیر سطوح سرباره به همراه لجن را به‌منظور تغذیه آهن و عملکرد گیاه ذرت مورد مطالعه قرار دادند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که استفاده از ۲/۵ درصد لجن کم‌ترین غلظت آهن را در مقایسه با بقیه تیمارها در اندام هوایی گیاه ذرت نشان داد و استفاده از ۵ درصد سرباره بیش‌ترین تأثیر را در افزایش غلظت آهن در اندام‌های هوایی گیاه ذرت نشان داد (۲۷). والاس و همکاران (۱۹۸۲) از مخلوط گوگرد و فروسل[7] (ضایعات اسیدی حاصل از معادن مس حاوی $Fe_2(SO_4)_3$، $KFe(SO_4)_2$ و ۳۰ درصد گوگرد) برای رفع کلروز آهن ناشی از آهک استفاده کردند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که مخلوط (۵۰۰ گرم خاک + ۰/۲۵ گرم فروسل + ۰/۷۵ گرم گوگرد) بیش‌ترین تأثیر را در رفع این عارضه دارد (٤٦). جیو و همکاران (٢٠١٥) با کاربرد سرباره در مقایسه با گچ برای یک خاک التی‌سول افزایش EC را در شروع آزمایش خود به‌ترتیب در تیمارهای سرباره، سرباره + گچ و گچ گزارش کردند. اما با گذشت زمان مقدار EC در تمامی تیمارهای آزمایش کاهش نشان داد (۱۷). مطالعات مسعود و همکاران (٢٠١٤) نشان داد

1- Concentrate
2- Pyrometallurgy
3- Matte
4- Reverbatory Furnance
5- Convertor
6- Lindz-Donawitz
7- Ferrosul

www.SID.ir

Archive of SID

کاربرد سطوح مواد آهکی از جمله سرباره بازی[1]، دو نوع بیوچار و آهک منجر به افزایش pH در پایان دوره انکوباسیون شد (۲۵). وانگ (۲۰۱۳) از سرباره بازی برای اصلاح خاک‌های اسیدی چای کاری استفاده کرد. با اضافه کردن ۸ گرم بر کیلوگرم سرباره مقدار pH در پایان انکوباسیون به ۵/۳۲ رسید که ۱/۰۹ واحد در مقایسه با شاهد بیش‌تر بود (٤٧). از طرف دیگر ترکیبات آلی علاوه بر بهبود خواص فیزیکی خاک می‌توانند قابلیت جذب عناصر فلزی مانند آهن را افزایش دهند. به‌طوری‌که وجود مواد آلی در خاک بر احیای آهن مؤثر است زیرا مواد آلی در حال تجزیه با انتقال الکترون به آهن سه‌ظرفیتی و احیای آن، غلظت آهن را در محلول خاک افزایش می‌دهد، مولکول‌های آلی با آهن یا برخی دیگر از کاتیون‌ها تشکیل کمپلکس‌های آلی فلزی را می‌دهند که قابلیت جذب عناصر را افزایش می‌دهند. کریمیان و همکاران (۲۰۱۲) تأثیر استفاده از مواد آلی (پودر یونجه) را در یک مطالعه انکوباسیونی بر مقدار آهن سه خاک آهکی مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند، با اعمال ترکیبات آلی از قابلیت جذب آهن در طی زمان انکوباسیون کاسته شد (۱۸). هم‌چنین اثرات مفید ماده آلی همراه با ترکیبات معدنی آهن موجب حفظ قابلیت جذب (ممانعت و یا تأخیر در رسوب) آهن موجود در ترکیبات معدنی‌شده در نتیجه امکان جذب برای گیاه به‌میزان بیش‌تری فراهم خواهد بود (٤٤). بسیاری از مواد آلی حاوی ترکیباتی هستند که در کمپلکس کردن آهن و دیگر عناصر کم‌مصرف مؤثرند. بقایای گیاهی، لجن فاضلاب، پیت، کودهای آلی در کاهش کلروز آهن مفید می‌باشند (١٤). نتایج حاصل از پژوهش سومر و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد که استفاده از ترکیبات آلی افزایش میزان مس، روی، منگنز، آهن خاک را به دنبال دارد (۳۹). ابوسعدا و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند مقدار آهن قابل‌عصاره‌گیری با $CaCl_2$ متناسب با افزایش مصرف مواد آلی افزایش پیدا می‌کند (۲). توماس و ماترز (۱۹۷۹) نشان دادند که ترکیب $FeSO_4$ و کود دامی در کاهش کلروز و افزایش عملکرد سورگوم در شرایط گلخانه مؤثر بود که نشان می‌دهد ترکیبات آلی موجود در کودهای دامی در حفظ آهن به فرم قابل‌دسترس برای مدت زمان طولانی مؤثرند (٤٢). مشهدی (١٩٨٤) در مطالعه خود نشان داد افزودن لجن فاضلاب به زمین باعث افزایش چشمگیر عناصر مختلف از جمله آهن قابل‌عصاره‌گیری با DTPA می‌شود (٢٤). اضافه کردن مواد آلی به بعضی از ترکیبات معدنی آهن‌دار به‌عنوان مثال اضافه کردن مواد آلی به $FeSO_4$ می‌تواند سبب افزایش اثرات این ترکیبات در خاک شود (۲۹). چن و همکاران (۱۹۸۲) دریافتند آهن با مواد آلی پیوند برقرار می‌کند. در طول دوره رشد، معدنی‌شدن مواد آلی صورت گرفته باعث افزایش قابلیت جذب عناصر آهن، روی و منگنز در خاک و آهن قابل‌استفاده گیاه می‌گردد (۸). لوپرت (١٩٨٦) گزارش کرد، مصرف کود دامی می‌تواند در شرایطی باعث ایجاد کلروز شده یا آن را تشدید کند. علت آن ممکن است در نتیجه افزایش تنفس میکروبی و تولید دی‌اکسیدکربن باشد که افزایش غلظت بی‌کربنات خاک را به‌دنبال خواهد داشت (۲۲). از سرباره حاصل از ذوب مس در کشاورزی تاکنون استفاده نشده است، بنابراین این مطالعه با هدف تأثیر سرباره بر آهن قابل‌عصاره‌گیری به‌وسیله DTPA و برخی ویژگی‌های یک خاک آهکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر سرباره مس (از محصولات جانبی حاصل از ذوب کنسانتره مس در مجتمع مس سرچشمه استان کرمان) و ترکیبات آلی (کود گاوی و

1- Alkaline Slag

www.SID.ir

Archive of SID

پوست پسته) بر میزان آهن قابل‌جذب و نیز برخی ویژگی‌های خاک، نمونه خاکی با آهن قابل‌استفاده و ماده آلی کم از روستای دوچاهی تحت کشت پسته واقع در ۲۵۰ کیلومتری کرمان برداشت شد. بخشی از نمونه‌های خاک پس از انتقال به آزمایشگاه و خشک‌شدن در مجاورت هوا از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. کود گاوی از واحد دامپروری اطراف سیرجان و پوسته پسته مورد استفاده در این پژوهش از باغات پسته اطراف سیرجان تهیه شد. ترکیبات آلی پس از خشک کردن در مجاورت هوا، از الک ٤ میلی‌متری عبور داده شدند. برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی نمونه خاک مورد استفاده و ترکیبات آلی به‌ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است. بافت خاک به روش هیدرومتر (۱۲)، pH و EC نمونه خاک در گل و عصاره اشباع و در ترکیبات آلی در نسبت ۱:۵ ترکیب آلی به آب (۲٦)، درصد کربن آلی در نمونه خاک و ترکیبات آلی با استفاده از روش واکی بلک (۳۱) و مقدار کربنات‌کلسیم معادل خاک به روش خنثی‌سازی با اسید و تیتراسیون معکوس با سود ۱ نرمال تعیین شدند (٤). همچنین نیتروژن کل خاک و ترکیبات آلی به روش کجلدال (۷)، فسفر قابل‌دسترس خاک به روش اولسن (۳۳) و پتاسیم موجود در نمونه خاک با استفاده از استات آمونیوم عصاره‌گیری‌شده و با دستگاه فلیم‌فوتومتر قرائت شد (۳٦). عناصر قابل‌جذب خاک (آهن، مس، روی و منگنز) بعد از عصاره‌گیری با DTPA-TEA با دستگاه جذب اتمی پرکین المر- مدل ۳۰۳۰ اندازه‌گیری شدند (۲۱). سدیم، کلسیم و منیزیم محلول در عصاره اشباع به‌ترتیب با استفاده از فلیم‌فوتومتر و روش کمپلکسومتری تعیین شدند (۱۵). رطوبت اشباع (SP) خاک به روش وزنی و رطوبت ظرفیت زراعی (FC) با استفاده از دستگاه صفحه فشار اندازه‌گیری شدند (۱۵). برای تعیین غلظت کل فلزات در ترکیبات آلی از روش اکسایش تر استفاده شد (٤۰).

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک.

Table 1. Some soil properties.

ویژگی Property	مقدار Value	ویژگی Property	مقدار Value	ویژگی Property	مقدار Value
بافت خاک Texture	Loamy Sand	فسفر قابل‌جذب ($mg\ kg^{-1}$)	18.6	سدیم ($meq\ L^{-1}$)	18.59
pH	7.44	پتاسیم قابل‌جذب ($mg\ kg^{-1}$)	309.33	کلسیم ($meq\ L^{-1}$)	13.5
هدایت الکتریکی EC ($dS\ m^{-1}$)	3.39	آهن قابل‌جذب ($mg\ kg^{-1}$)	1.3	منیزیم ($meq\ L^{-1}$)	1.75
کربن آلی % OC	0.35	مس قابل‌جذب ($mg\ kg^{-1}$)	0.91	نسبت جذب سدیم SAR	6.73
کربنات‌کلسیم معادل % CCE	14	روی قابل‌جذب ($mg\ kg^{-1}$)	0.78	درصد رطوبت اشباع % Sp	33.5
نیتروژن کل % N	0.029	منگنز قابل‌جذب ($mg\ kg^{-1}$)	3.15	درصد رطوبت ظرفیت زراعی % FC	11.3

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- برخی خصوصیات شیمیایی مواد آلی مورد استفاده.

Table 2. Selected chemical properties of used organic matters.

کود گاوی Cow manure	پوست پسته Pistachio shell	ویژگی Property	کود گاوی Cow manure	پوست پسته Pistachio shell	ویژگی Property
4150	910	آهن کل ($mg\ kg^{-1}$)	8.1	4.9	pH
39.2	11.06	مس کل ($mg\ kg^{-1}$)	5.34	6.26	هدایت الکتریکی EC ($dS\ m^{-1}$)
148.5	24	روی کل ($mg\ kg^{-1}$)	29.22	54.7	کربن آلی % OC
357	34	منگنز کل ($mg\ kg^{-1}$)	1.4	2.5	نیتروژن کل % N
0.59	0.11	درصد سدیم % Na	0.42	0.12	فسفر کل % P
7.56	0.84	درصد کلسیم % Ca	1.63	5.02	پتاسیم کل % K
1.58	0.58	درصد منیزیم % Mg			

به‌منظور بررسی تأثیر اندازه ذرات و دانه‌بندی سرباره بر مقدار آهن قابل عصاره‌گیری با DTPA، دو نوع اندازه (میلی‌متر و نانومتر) از سرباره تهیه شد. برای به‌دست آوردن این اندازه‌ها از دستگاه پولورایزر[1] موجود در آزمایشگاه مرکزی مجتمع مس سرچشمه استفاده شد سپس مقدار آهن قابل‌عصاره‌گیری با استفاده از DTPA در دو اندازه به‌دست آمد (داده‌ها نشان داده نشده‌اند) و اندازه نانومتر از سرباره انتخاب و در آزمایش‌های بعدی به‌کار گرفته شد. آنالیز زیتا سایزر[2] نشان داد در نمونه سرباره ۳۲ درصد حجمی ذرات، قطری درحد ۱۴۰ نانومتر داشته و ۶۷ درصد حجمی، قطر ۱۸۱۰ نانومتر را دارند (جدول ۳ و شکل ۱). در نهایت اندازه ذرات با استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری SEM تعیین گردید و در رابطه با نانوذرات تهیه‌شده حصول اطمینان به‌دست آمد (شکل ۲).

جدول ۳- توزیع اندازه ذرات بر حسب درصد حجمی آن‌ها.

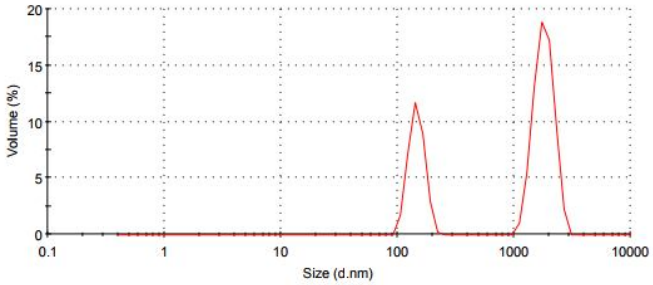
Table 3. Size distribution by percentage of volume.

	Diam (nm)	% Volume	Width (nm)
Peak 1	146.6	32.8	22.79
Peak 2	1810	67.2	346.8

1- Poloraizer
2- ZetaSizer

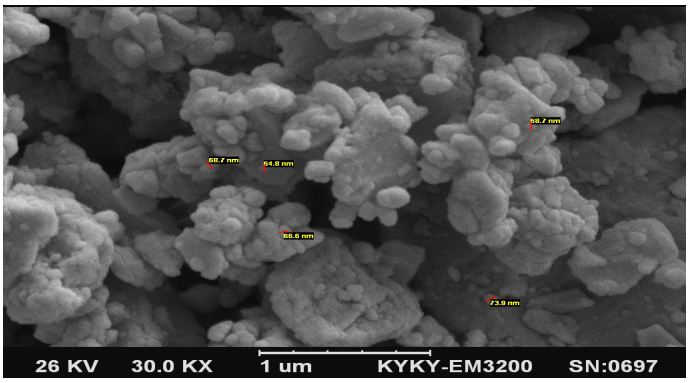
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- توزیع اندازه ذرات بر حسب درصد حجمی آن‌ها.

Figure 1. Size distribution by percentage of volume.



شکل ۲- آنالیز SEM نمونه سرباره مورد استفاده.

Figure 2. SEM analysis of slag used.

نتایج کانی‌شناسی سرباره نشان داد که این ترکیب حاوی کانی‌های اولیوین، اوژیت، فایالیت، هماتیت، مگنتیت و فاز آمورف می‌باشد. آنالیز فلورسانس اشعه ایکس نتایج نشان داد که حدود ۵۳/۸ درصد سرباره را اکسیدهای آهن به خود اختصاص می‌دهند (جدول ٤). علاوه بر این عناصر سیلیسیم، کلسیم، پتاسیم، مس، منیزیم و مقداری روی در سرباره وجود دارند.

ترکیب این ماده بیانگر وجود تعدادی از عناصر کم‌مصرف و پرمصرف در غلظت زیاد بوده و بنابراین امکان کاربرد آن را به‌عنوان کود تقویت می‌کند. هم چنین عناصر قابل عصاره‌گیری با DTPA در نمونه سرباره (۲۱)، هم‌چنین pH، EC در نسبت ۱:۲/۵ سرباره به آب در جدول ۵ آمده است (۲٦).

جدول ٤- تجزیه شیمیایی سرباره با استفاده از تکنیک XRF.

Table 4. Chemical analytic of slag by XRF technique.

TiO_2	ZnO	MgO	Cu	K_2O	Al_2O_3	CaO	SiO_2	Fe_3O_4	Fe_2O_3	ترکیب Composition
0.42	0.72	1.02	1.21	1.41	4.05	5.63	31.47	9.24	44.54	مقدار (٪) % Value

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- عناصر قابل‌جذب سرباره (قابل عصاره‌گیری با DTPA).

Table 5. Elemental analysis of slag (DTPA extractable).

ویژگی Property	مقدار Value	عنصر element	مقدار Value (ppm)	عنصر element	مقدار Value (ppm)	عنصر element	مقدار Value (ppm)	عنصر element	مقدار Value (ppm)	عنصر element	مقدار Value (ppm)
pH	7.5	آهن	250	منگنز	14.67	کبالت	513.33	سرب	ND	مولیبدن	ND
EC	0.42	مس	266.67	کادمیوم	80.67	نقره	24	آرسنیک	ND	سلنیوم	ND
($dS.m^{-1}$)		روی	33166.67	نیکل	2220	بیسموت	313.33	کرم	ND	بیسموت	ND

ND: زیر حد تشخیص (Non Detection) دستگاه

به‌منظور بررسی تأثیر سرباره بر میزان آهن قابل‌جذب و نیز برخی ویژگی‌های خاک، آزمایش انکوباسیونی به‌مدت ۳ ماه به‌صورت آزمایش فاکتوریل خرد شده در زمان در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در قالب زمان انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل: ۱۰ سطح آهن: شاهد (S)، سکوسترین FeEDDHA (Seq)[1] به‌میزان ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، سرباره مس به‌میزان ۲ و ٤ برابر مقدار توصیه آزمون خاک بر حسب آهن قابل‌جذب این ترکیب (S_2) و (S_4)، سرباره مس به‌میزان ۲ و ٤ برابر مقدار توصیه آزمون خاک بر حسب آهن قابل‌جذب این ترکیب همراه با گوگرد (S_2S°) و (S_4S°)، سرباره مس به‌میزان ۲ و ٤ برابر مقدار توصیه آزمون خاک بر حسب آهن قابل‌جذب این ترکیب همراه با گوگرد و تیوباسیلوس ($S_2S^{\circ}T$) و ($S_4S^{\circ}T$)، سرباره اسیدی به‌میزان ۲ و ٤ برابر مقدار توصیه آزمون خاک بر حسب آهن قابل‌جذب این ترکیب (S_{2a}) و (S_{4a}) و ۵ سطح ماده آلی: بدون ماده آلی (C)، کود گاوی ۲ درصد وزنی (C_2)، کود گاوی ٤ درصد وزنی (C_4)، پوست پسته ۲ درصد وزنی (P_2)، پوست پسته ٤ درصد وزنی (P_4) بودند. تیمارهای سرباره بر اساس میزان آهن قابل‌جذب و سطح توصیه‌شده در آزمون خاک محاسبه‌شده و به گلدان‌ها اضافه شدند. از آن‌جایی که حد متوسط آهن قابل‌جذب (آهن قابل‌عصاره‌گیری با DTPA) برای اغلب محصولات زراعی توسط لیندزی و نورول (۱۹۷۸) (۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) ذکر شده است، بنابراین با توجه به‌میزان آهن اولیه قابل‌عصاره‌گیری خاک (آهن قابل‌عصاره‌گیری در خاک ۱/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) و هم‌چنین میزان آهن قابل‌جذب سرباره (آهن قابل‌عصاره‌گیری در سرباره ۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)، میزان آهن قابل‌جذب خاک به ۲ و ٤ برابر حد بحرانی (۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) به‌ترتیب به‌میزان ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک محاسبه و به گلدان‌ها اضافه شد. به‌منظور بررسی حلالیت سرباره در pHهای متفاوت از بافرهای ایجاد شده در pHهای ۳ تا ۹ استفاده شد و در نهایت pH=۳ برای اسیدی‌کردن سرباره انتخاب شد (۳۸). گوگرد عنصری استفاده شده از نمونه مرک و باکتری تیوباسیلوس از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور خریداری گردید. مایه تلقیح‌های یک کیلوگرمی با تراکم جمعیت حدود 10^7 سلول در گرم مایه تلقیح تهیه شد. برای تعیین مقدار گوگرد، ابتدا مقدار اسیدی که لازم است تا pH سرباره را به ۳ تنزل دهد محاسبه گردید. آن‌گاه از لحاظ توازن شیمیایی (استیوکیومتری)، گوگرد معادل اسید

۱- اتیلن دی آمین دی هیدروکسی فنیل استیک اسید

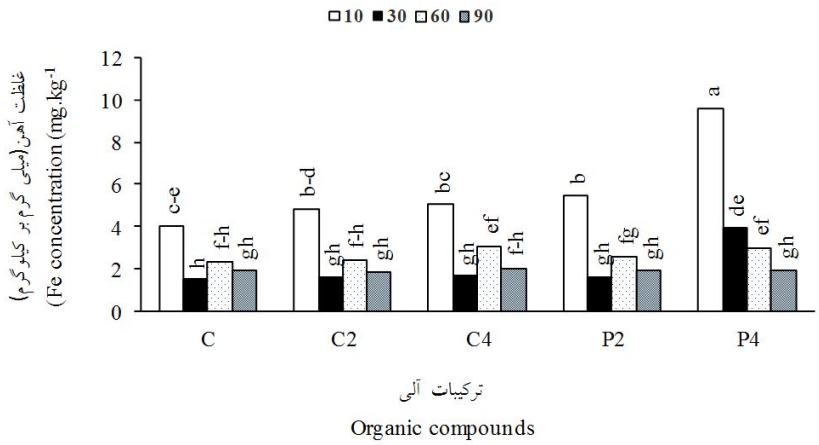
www.SID.ir

Archive of SID

محاسبه شده تعیین شد و مقدار باکتری تیوباسیلوس به‌میزان ۲ درصد گوگرد لحاظ شد. تیمارهای آزمایشی به‌صورت یکنواخت در گلدان‌های ۳ کیلوگرمی مخلوط و به‌مدت ۳ ماه انکوباسیون شدند. در طی دوره انکوباسیون، نمونه‌ها در رطوبت ۷۵ درصد ظرفیت زراعی در دمای ۲۵ درجه به حالت تعادل رسیدند. جهت ایجاد شرایط یکسان برای گلدان‌ها، هر هفته یکبار تمام گلدان‌ها به‌طور تصادفی در گلخانه جابجا شدند. در زمان‌های ۱۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز بعد از انکوباسیون، نمونه‌های ۱۰۰ گرمی از هر کدام از گلدان‌ها برداشت شد. نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه هواخشک و کوبیده شده و از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شدند. در این بازه‌های زمانی تغییرات پارامترهایی مانند pH، EC در عصاره ۱ به ۲/۵ خاک به آب (۲۶) و مقدار آهن عصاره‌گیری با DTPA-TEA (۲۱) با دستگاه جذب اتمی پرکین المر- مدل ۳۰۳۰ قرائت شد. تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون‌های t و LSD در سطح ۵ درصد انجام شد. نمودارهای مربوطه با نرم‌افزار Excel رسم و نتایج تفسیر گردید.

نتایج و بحث

تأثیر ترکیبات آلی بر مقدار آهن ($mg.kg^{-1}$) قابل‌عصاره‌گیری با DTPA-TEA در طی زمان انکوباسیون: تأثیر ترکیبات آلی در زمان انکوباسیون بر مقدار آهن قابل‌جذب در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج تغییرات مقدار آهن خاک تحت‌تأثیر ترکیبات آلی در دوره انکوباسیون ۳ ماهه گویای این مطلب می‌باشد که کاربرد ٤ درصد پوست پسته، در ۱۰ روز نخست انکوباسیون بیش‌ترین مقدار آهن قابل‌عصاره‌گیری با DTPA-TEA را داشت. به‌طوری‌که این پارامتر را از ٤/۰۱ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار شاهد، به ۹/۵۸ میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش داد. افزایش مقدار آهن قابل‌جذب خاک در اثر کاربرد ترکیبات آلی به وجود مقدار قابل‌ملاحظه این فلزات در کودهای آلی مربوط می‌شود، هم‌چنین تجزیه مواد آلی کودها، تشکیل اسیدهای آلی و گاز دی‌اکسیدکربن افزایش اسید کربنیک خاک را به‌دنبال دارد که در نهایت با کاهش pH خاک می‌تواند بر قابلیت جذب عناصر کم‌مصرف مانند آهن اثر بگذارد. دلیل احتمالی دیگر با کلاته شدن آهن توسط ترکیبات آلی، قابلیت جذب آن در خاک افزایش می‌یابد (۱۹).



شکل ۳- تأثیر ترکیبات آلی و زمان انکوباسیون بر مقدار آهن ($mg.kg^{-1}$) قابل عصاره‌گیری با DTPA-TEA.
میانگین‌هایی با حروف مشابه، در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Figure 3. Effect of organic compounds and time of incubation on soil extractable Fe (DTPA).
Means followed by the same letters are not significant at the 5% probability.

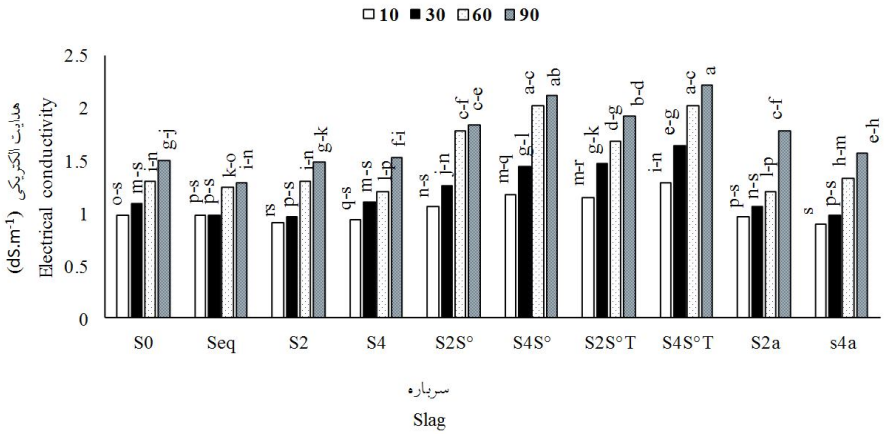
www.SID.ir

Archive of SID

در این مطالعه علی‌رغم مقادیر زیاد آهن در کود گاوی (جدول ۳)، اما تأثیر پوست پسته در افزایش آهن قابل‌جذب خاک در شروع دوره انکوباسیون بیش‌تر بود. این موضوع را می‌توان به بالا بودن pH کود گاوی در مقایسه با تیمار پوست پسته نسبت داد (جدول ۳). از طرفی با اعمال تیمارهای ترکیبات آلی در طول زمان انکوباسیون از قابلیت جذب آهن کاسته شده است. علت این پدیده را می‌توان به تشکیل کمپلکس‌های آلی نامحلول آهن با مواد آلی موجود در ترکیبات آلی و هم‌چنین جذب اختصاصی آهن بر روی محل‌های جذبی این ترکیبات ارتباط داد (۳).

تأثیر تیمارهای سرباره بر مقدار EC، pH و مقدار آهن ($mg.kg^{-1}$) قابل عصاره‌گیری با DTPA-TEA در طی زمان انکوباسیون

EC خاک: نتایج مقایسه میانگین حاصل از تأثیر تیمارهای سرباره در زمان انکوباسیون بر مقدار EC خاک در شکل ٤ نشان داده شده است. در طی دوره انکوباسیون سه ماهه تیمارهای سرباره منجر به افزایش قابلیت EC خاک‌ها شدند. بیش‌ترین مقدار افزایش EC مربوط به تیمار سرباره به‌میزان ٤ برابر مقدار توصیه آزمون خاک بر حسب آهن قابل‌جذب این ترکیب همراه با گوگرد و تیوباسیلوس ($S_4S°T$) با مقدار ۲/۲۱ دسی‌زیمنس بر متر در پایان دوره انکوباسیون است که با تیمار $S_4S°$ در همین زمان تفاوت معنی‌داری نداشت. دلیل این امر اکسیداسیون گوگرد و تولید یون سولفات می‌باشد که از یک طرف ورود این یون در محلول خاک به‌طور مستقیم موجب شور شدن خاک شده و به‌طور غیرمستقیم با آزاد کردن H^+ و انحلال کانی‌ها و ترکیبات آهن و آلومینیوم و آزاد کردن املاح به درون فاز محلول بر شوری خاک می‌افزاید. نتایج مطالعات یانگ (۲۰۱۰) نشان داد اکسیداسیون گوگرد طی دو مرحله انجام شده، مرحله اول، اکسیداسیون سریع که در ۲۸ روز ابتدایی صورت می‌گیرد و اکسیداسیون با سرعت کم که بعد از آن انجام می‌شود. بیش‌ترین سرعت اکسیداسیون در دمای ۳۰ درجه با مقدار ۱۲/۸$\mu g\ S\ cm^{-2}\ d^{-1}$ صورت گرفت. این در حالی بود که بعد از ۲ هفته متوسط مقدار pH ۳/٦ تا ٤ واحد کاهش پیدا کرد. در این بازه زمانی EC، ۹ واحد افزایش پیدا کرد (٤۹).



شکل ٤- تأثیر تیمارهای سرباره و زمان انکوباسیون بر مقدار EC خاک.

میانگین‌هایی با حروف مشابه، در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

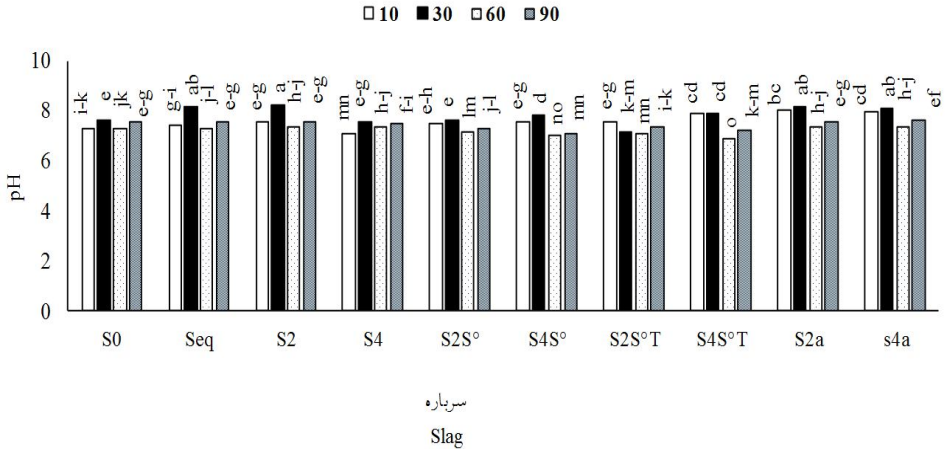
Figure 4. Effect of slag treatments and time of incubation on electrical conductivity of soil. Means followed by the same letters are not significant at the 5% probability.

www.SID.ir

Archive of SID

در گزارش ولارد و همکاران (۲۰۰٤) آمده است با اکسیداسیون گوگرد و تولید اسید سولفوریک، این اسید با کربنات‌های خاک واکنش نموده و آن‌ها را به سولفات‌های محلول تبدیل می‌کند. بنابراین افزایش EC خاک با اکسیداسیون ترکیبات گوگرد مرتبط است (٤٥). افزایش کم‌تر مقدار EC در تیمارهای سرباره اسیدی در مقایسه با تیمارهای حاوی گوگرد را می‌توان به خنثی‌شدن اسید موجود در این تیمارها به‌وسیله آهک خاک بلافاصله پس از اعمال این تیمارها نسبت داد، به‌طوری‌که کم‌ترین مقدار EC مربوط به تیمار S_{4a} در ۱۰ روز ابتدایی است (شکل ٤). کریمیان و همکاران (۲۰۱۲) تأثیر لجن کنورتور و ترکیب آن را با پودر یونجه، گوگرد عنصری و اسید سولفوریک را دریک مطالعه انکوباسیونی بر مقدار EC سه خاک آهکی مورد بررسی قرار دادند. مقدار EC طی دوره انکوباسیون بعد از ۲ ماه کاهش و بعد از ٤ ماه افزایش را نشان داد (۱۸). جیو و همکاران (۲۰۱۵) با کاربرد سرباره در مقایسه با گچ برای یک خاک التی‌سول افزایش EC را در شروع آزمایش خود به‌ترتیب در تیمارهای سرباره، سرباره + گچ و گچ گزارش کردند. اما با گذشت زمان مقدار EC در تمامی تیمارهای آزمایش کاهش نشان داد (۱۷).

pH خاک: تغییرات pH تحت‌تأثیر تیمارهای سرباره و زمان انکوباسیون در شکل ۵ آورده شده است. مطالعات انکوباسیونی نشان داد که در ماه نخست بعد از انکوباسیون مقدار pH افزایش نشان داد و با گذشت زمان مقدار آن کم شده و مجدداً به‌صورت جزئی افزایش پیدا کرد. کریمیان و همکاران (۲۰۱۲) تأثیر لجن کنورتور و ترکیب آن را با ماده آلی (پودر یونجه) را دریک مطالعه انکوباسیونی بر مقدار pH سه خاک آهکی مورد بررسی قرار داده و نتایج مشابهی را گزارش کردند (۱۸). مطابق شکل ۷ بیش‌ترین مقدار افزایش pH در یک ماه نخست انکوباسیون اتفاق افتاد و پس از آن مقدار pH کاهش یافت.



شکل ۵- تأثیر تیمارهای سرباره و زمان انکوباسیون بر مقدار pH خاک.

میانگین‌هایی با حروف مشابه، در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Figure 5. Effect of slag treatments and time of incubation on pH of soil.
Means followed by the same letters are not significant at the 5% probability.

www.SID.ir

Archive of SID

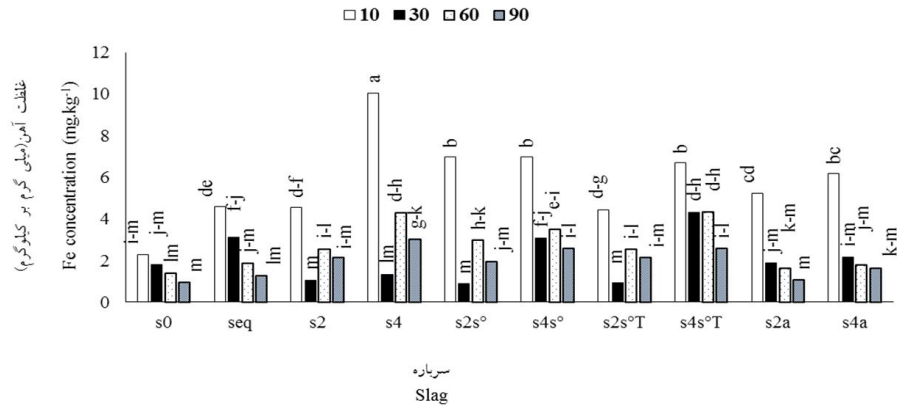
بیش‌ترین مقدار pH خاک مربوط به تیمار S_2 در ۳۰ روز ابتدایی است که با تیمارهای اسیدی سرباره در این زمان تفاوت معنی‌داری نداشت. با توجه به ظرفیت بافری زیاد خاک‌های آهکی، اسید موجود در تیمارهای سرباره اسیدی به‌وسیله آهک موجود در خاک خنثی شده است. کم‌ترین مقدار pH خاک با کاربرد تیمار سرباره به‌میزان ٤ برابر مقدار توصیه آزمون خاک بر حسب آهن قابل‌جذب این ترکیب همراه با گوگرد و تیوباسیلوس $S_4S°T$ در زمان ٦٠ روز انکوباسیون حاصل شد. به‌طوری‌که میزان کاهش pH و شدت اکسیداسیون گوگرد در خاک رابطه مستقیم داشت و با افزایش سطوح گوگردی میزان pH بیش‌تر کاهش یافت. در تمامی تیمارهای آزمایشی به‌جزء تیمارهای سرباره با گوگرد و تیوباسیلوس مقدار pH در پایان دوره انکوباسیون بیش‌تر از نمونه شاهد بود. نتایج مطالعات ترکاشوند (۲۰۱۱) نشان داد که استفاد از گوگرد عنصری به تنهایی و یا استفاده از گوگرد عنصری به همراه سرباره در خاک، تاحدی pH را پایین می‌آورد (٤٣). جیو و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهش خود از سرباره بازی و گچ به‌منظور اصلاح خاک‌های التی‌سول استفاده کردند. تأثیر هم‌زمان سرباره و گچ در افزایش pH بیش‌تر بود. در صورتی که کاربرد گچ به تنهایی تغییری در مقدار pH ایجاد نکرد (۱۷). مطالعات مسعود و همکاران (۲۰۱٤) نشان داد کاربرد سطوح مواد آهکی از جمله سرباره بازی، دو نوع بیوچار و آهک در ۳ تا ۷ روز اولیه انکوباسیون افزایش pH را در پی داشت اما با گذشت ۱۰ روز به‌صورت جزئی تغییر پیدا کرد و بعد از ٦٠ روز به یک مقدار ثابت رسید این در حالی بود که مقدار pH در تمامی تیمارها بیش‌تر از نمونه شاهد بود. در طی دوره انکوباسیون معدنی‌شدن نیتروژن آلی و نیتریفیکاسیون آمونیوم منجر به تغییر pH می‌شوند. معدنی‌شدن نیتروژن آلی با مصرف پروتون منجر به افزایش pH می‌شود. در حالی‌که نیتریفیکاسیون با آزاد کردن H^+ مقدار pH را کاهش می‌دهد. مطالعات آن‌ها نشان داد ترکیبات آهکی موجود در بیوچار به راحتی آزاد شده و بنابراین نقش آن در افزایش pH در مقایسه با آهک و سرباره بیش‌تر بود (۲۵). وانگ (۲۰۱۳) از سرباره بازی برای اصلاح خاک‌های اسیدی چای‌کاری استفاده کرد. با استفاده از سرباره pH در ۲۰ روز ابتدایی انکوباسیون افزایش پیدا کرد و بعد از آن به‌صورت جزئی نوسان پیدا کرد. با اضافه کردن ۸ گرم بر کیلوگرم سرباره مقدار pH در پایان انکوباسیون به ۵/۳۲ رسید که ۱/۰۹ واحد در مقایسه با شاهد بیش‌تر بود. آنان تغییر pH را به عوامل زیر ارتباط دادند. سرباره بازی با داشتن آنیون‌هایی مثل فلوئور و سولفات که در سطوح مثبت خاک‌های آلفی‌سول می‌توانند جذب اختصاصی داشته باشند و در نهایت منجر به آزادسازی OH^- شوند. هم‌چنین کاتیون‌های سدیم، کلسیم و منیزیم جایگزین کاتیون‌های اسیدی آلومینیوم و هیدروژن شده و در نتیجه pH افزایش پیدا می‌کند (٤٧). هم‌چنین فرقانی و همکاران (۲۰۰٦) از دو ترکیب سرباره و لجن کنورتور در مزرعه چای استفاده نمودند و نتیجه گرفتند pH خاک‌های اسیدی تحت کشت چای با مصرف یک تن سرباره و لجن کنورتور به‌ترتیب ۰/۰٤ و ۰/۰۳ واحد افزایش یافت (۱۰).

مقدار آهن ($mg.kg^{-1}$) قابل‌عصاره‌گیری با DTPA-TEA: تأثیر تیمارهای سرباره در زمان انکوباسیون بر مقدار آهن در شکل ٦ نشان داده شده است. در نمونه خاک مورد مطالعه متناسب با مقدار مصرف سرباره، مقدار آهن قابل عصاره‌گیری با DTPA افزایش یافت. به‌طوری‌که سطوح S_{4a}، $S_4S°T$، $S_4S°$، S_4 در مقایسه با S_{2a}، $S_2S°T$، $S_2S°$، S_2 در ۱۰ روز ابتدایی انکوباسیون به‌ترتیب افزایش ۹/۰٤، ۵/۹۷، ۵/٦۹ و ۵/۱۷ درصدی را در مقدار آهن به‌دنبال داشتند. هر چند در طول دوره انکوباسیون از قابلیت جذب آهن کاسته شد، اما با این وجود مقدار آهن

www.SID.ir

Archive of SID

پس از گذشت ۹۰ روز از شروع انکوباسیون در تیمارهای $S_4S°T$، $S_4S°$، S_4 در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌دار یافت. دلیل کاهش قابلیت جذب آهن در طول دوره انکوباسیون را می‌توان به تثبیت آهن به شکل اکسیدها و هیدروکسیدهای کم‌محلول ربط داد (شکل ٦).



شکل ٦- تأثیر تیمارهای سرباره و زمان انکوباسیون بر مقدار آهن ($mg.kg^{-1}$) قابل‌عصاره‌گیری با DTPA-TEA.
میانگین‌هایی با حروف مشابه، در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Figure 6. Effect of slag treatments and time of incubation on soil extractable Fe (DTPA).
Means followed by the same letters are not significant at the 5% probability.

نورول و لیندسی (۱۹۸۲) نشان دادند نمک‌های معدنی آهن پس از اضافه‌شدن به خاک با گذشت زمان به فرم‌های غیرمحلول تبدیل می‌شوند (۳۲). ترکاشوند (۲۰۱۱) در مطالعات خود به این نتیجه رسید متناسب با مقدار مصرف سرباره، در تمامی نمونه خاک‌ها مقدار آهن قابل‌عصاره‌گیری با DTPA افزایش پیدا کرد اما با گذشت دوره انکوباسیون (۲ ماه) مقدار آهن کاهش پیدا کرد، نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که سرباره، پتانسیل بازیافت و استفاده به‌عنوان یک منبع کودی را برای گیاهان دارد (٤٣). مطابق شکل ٦ تیمار سرباره به‌میزان ٤ برابر مقدار توصیه آزمون خاک (S_4) بیش‌ترین مقدار آهن قابل‌جذب را دارا می‌باشد. اثرپذیری کم سطوح تیمارهای حاوی گوگرد و اسید را می‌توان به زیاد شدن pH خاک بعد از استفاده از این تیمارها ارتباط داد (شکل ۵). در پژوهشی لیندزی گزارش نمود، به‌ازای هر واحد افزایش pH خاک، حلالیت آهن در خاک ۱۰۰۰ برابر کاهش می‌یابد (۲۰). آندرسون و پارکپیان (۱۹۸٤) نشان دادند اضافه کردن پودر آهن اسیدی به خاک در ابتدا مقدار آهن را افزایش داد و به مرور زمان از حلالیت آن کاسته شد به‌طوری‌که آهن قابل‌عصاره‌گیری در پایان مدت انکوباسیون با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت. آن‌ها به این نتیجه رسیدند آهن ممکن است در نتیجه pH زیاد در خاک رسوب کرده باشد. هم‌چنین اکسید شدن آهن دوظرفیتی موجود در این ترکیب و تبدیل آن به آهن سه‌ظرفیتی می‌تواند باعث کاهش آهن قابل‌جذب خاک شود (۵). مارسولک و هاگستروم (۱۹۸۲) بیان داشتند، مصرف ٤/٤٨ تن در هکتار ضایعات معادن اسیدی‌شده، غلظت آهن قابل‌عصاره‌گیری با AB-DTPA خاک را بعد از دو سال تقریباً ۳۰۰ درصد افزایش داد (۲۳). وانگ همکاران (۲۰۰٦) نشان دادند، مصرف سرباره سبب افزایش غلظت باقی‌مانده آهن قابل‌عصاره‌گیری با AB-DTPA از خاک شده که میزان افزایش متناسب با مقدار سرباره مصرفی می‌باشد (٤٨).

www.SID.ir

Archive of SID

اثر متقابل تیمارهای سرباره و ترکیبات آلی بر مقدار EC، pH و مقدار آهن ($mg.kg^{-1}$) قابل‌عصاره‌گیری با DTPA-TEA

EC خاک: نتایج حاصل از مقایسات میانگین مربوط به تأثیر تیمارهای سرباره و ترکیبات آلی بر مقدار EC خاک در جدول ٦ نشان داده شده است. اثر برهم‌کنش تیمارهای سرباره و ترکیبات آلی نشان داد بیش‌ترین مقدار EC مربوط به تیمار ٤ درصد کود گاوی با سرباره به‌میزان ٤ برابر مقدار توصیه آزمون خاک همراه با گوگرد و تیوباسیلوس ($C_4S_4S°T$) به‌میزان ۲/۰٤ دسی‌زیمنس بر متر بود. کم‌ترین مقدار EC مربوط به تیمار بدون اضافه‌کردن مواد آلی با سرباره به‌میزان ۲ برابر مقدار توصیه آزمون خاک (CS_2) بود که با تیمار شاهد (CS_0) تفاوت معنی‌داری را نداشت. عباسپور و همکاران (۲۰۰٤) تغییرات EC را بعد از اضافه‌کردن لجن اسیدی و لجن به همراه گوگرد و تیوباسیلوس بررسی کردند و دریافتند تیمارهای حاوی اسید و گوگرد با آزاد کردن H^+ و انحلال کانی‌ها و آزاد کردن املاح به درون فاز محلول منجر به افزایش هدایت الکتریکی خاک‌ها شدند (۱). کریمیان و همکاران (۲۰۱۲) تأثیر لجن کنورتور و ترکیب آن را با ماده آلی (پودر یونجه)، گوگرد عنصری و اسید سولفوریک را در یک مطالعه انکوباسیونی بر مقدار EC سه خاک آهکی مورد بررسی قرار دادند. استفاده از لجن به تنهایی تأثیری بر مقدار EC نداشت که دلیل آن را به رسوب برخی مواد معدنی موجود در لجن به دلیل pH زیاد آن دانستند. بیش‌ترین مقدار افزایش EC به‌ترتیب مربوط به تیمارهای (گوگرد عنصری ۲ درصد)، (گوگرد عنصری ۲ درصد + لجن کنورتور ۲ درصد)، (گوگرد عنصری ۲ درصد + لجن کنورتور ٤ درصد)، (ماده آلی ٤ درصد + لجن کنورتور ٤ درصد) بود. این افزایش را به‌دلیل تولید اسید (اسید سولفوریک در تیمارهای حاوی گوگرد و اسیدهای آلی در تیمارهای حاوی مواد آلی) انحلال کانی‌هایی مانند کربنات‌کلسیم را زیاد کرده و EC را زیاد می‌کند افزایش می‌دهد. مقدار EC طی دوره انکوباسیون بعد از ۲ ماه کاهش و بعد از ٤ ماه افزایش را نشان داد (۱۸).

جدول ٦- تأثیر تیمارهای سرباره و ترکیبات آلی بر مقدار EC خاک.

Table 6. Effect of slag treatments and organic compounds on electrical conductivity of soil.

P_4%	P_2%	C_4%	C_2%	C	
1.62^{c-i}	1.17^{m-s}	1.43^{f-o}	1.16^{m-s}	0.69^{v}	S_0
1.35^{i-q}	1.09^{q-s}	1.45^{f-n}	1.02^{r-u}	0.66^{v}	Seq
1.37^{h-q}	1.24^{k-r}	1.4^{g-p}	1.16^{m-s}	0.64^{v}	S_2
1.42^{g-p}	1.07^{q-t}	1.53^{e-k}	1.15^{o-s}	0.79^{t-v}	S_4
1.72^{b-f}	1.43^{f-o}	1.86^{a-d}	1.46^{f-m}	0.94^{s-v}	$S_2S°$
1.87^{a-c}	1.81^{a-e}	1.8^{a-e}	1.58^{c-j}	1.36^{h-q}	$S_4S°$
1.77^{a-e}	1.6^{c-i}	1.78^{a-e}	1.46^{f-l}	1.16^{n-s}	$S_2S°T$
1.99^{ab}	1.79^{a-e}	2.04^{a}	1.66^{c-h}	1.44^{f-o}	$S_4S°T$
1.57^{d-j}	1.19^{l-s}	1.41^{g-p}	1.28^{j-r}	0.78^{t-v}	S_{2a}
1.45^{f-o}	0.94^{s-v}	1.69^{b-g}	1.12^{p-s}	0.76^{uv}	S_{4a}

میانگین‌هایی با حروف مشابه، در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means followed by the same letters are not significant at the 5% probability.

www.SID.ir

Archive of SID

pH خاک: تغییرات pH تحت‌تأثیر تیمارهای سرباره و ترکیبات آلی در جدول ۷ آورده شده است. بیش‌ترین میزان pH خاک با اضافه‌کردن تیمار بدون کاربرد ترکیبات آلی سرباره اسیدی به‌میزان ٤ برابر مقدار توصیه آزمون خاک (CS_{4a}) بود (جدول ۷). کم‌ترین مقدار pH متعلق به تیمار ٤ درصد کود گاوی با سرباره به‌میزان ۲ برابر مقدار توصیه آزمون خاک همراه با گوگرد و تیوباسیلوس ($C_4S_2S°T$) با مقدار pH=۷/۲ بود (جدول ۷). کود گاوی در مقایسه با پوست پسته C/N کم‌تری داشته است، (جدول ۳) بنابراین به‌دلیل تجزیه‌پذیری بیش‌تر به‌عنوان منبع کربن برای میکروارگانیسم‌های هتروتروف موجود در خاک محسوب می‌شود. بنابراین اکسیداسیون بیولوژیکی گوگرد زیاد شده و با تولید اسیدسولفوریک pH خاک کاهش نشان داده است (۱۱). گارسیا و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که با کاربرد گوگرد به همراه سه نوع کمپوست، کاهش قابل‌توجهی در pH کمپوست به وجود آمد (۱۱). عباسپور و همکاران (۲۰۰٤) تغییرات pH را بعد از اضافه‌کردن لجن اسیدی و لجن به همراه گوگرد و تیوباسیلوس بر مقدار pH خاک بررسی کردند. نتایج پژوهش‌های آن‌ها نشان داد که این تیمارها در مقایسه با شاهد کاهش معنی‌داری را در pH خاک ایجاد کردند با این تفاوت که اثرات اسید کوتاه‌مدت و اثرات گوگرد درازمدت است (۱).

جدول ۷- تأثیر تیمارهای سرباره و ترکیبات آلی بر مقدار pH خاک.

Table 7. Effect of slag treatments and organic compounds on pH of soil.

P_4%	P_2%	C_4%	C_2%	C	
7.39^{k-s}	7.44^{g-s}	7.41^{j-s}	7.42^{i-s}	7.57^{b-p}	S_0
7.61^{a-n}	7.75^{a-f}	7.47^{e-s}	7.58^{b-p}	7.63^{a-m}	Seq
7.74^{a-g}	7.67^{a-k}	7.48^{d-s}	7.71^{a-i}	7.7^{a-j}	S_2
7.31^{o-s}	7.4^{k-s}	7.27^{q-s}	7.27^{rs}	7.52^{c-r}	S_4
7.5^{d-r}	7.46^{f-s}	7.29^{p-s}	7.31^{p-s}	7.35^{m-s}	S_2S°
7.45^{g-s}	7.44^{h-s}	7.27^{q-s}	7.33^{n-s}	7.36^{l-s}	S_4S°
7.31^{p-s}	7.32^{o-s}	7.2^{s}	7.27^{rs}	7.36^{l-s}	$S_2S^{\circ}T$
7.61^{a-o}	7.51^{d-r}	7.34^{m-s}	7.41^{j-s}	7.46^{f-s}	$S_4S^{\circ}T$
7.86^{ab}	7.81^{a-c}	7.72^{a-h}	7.76^{a-e}	7.77^{a-d}	S_{2a}
7.83^{ab}	7.84^{ab}	7.56^{b-q}	7.64^{a-l}	7.89^{a}	S_{4a}

میانگین‌هایی با حروف مشابه، در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means followed by the same letters are not significant at the 5% probability.

پینتو و همکاران (۱۹۹۵) گزارش کردند که مصرف سرباره LD، pH خاک را از ۵/۷ به ٦/۵ و از ۵/۸ به ٦/۷ به‌ترتیب با و بدون مصرف کودهای NPK افزایش می‌دهد (۳۵). بسگا و همکاران (۱۹۹٦) به این نتیجه رسیدند که به‌ازای هر تن سرباره مصرفی، pH خاک ۰/۱۵ واحد افزایش پیدا می‌کند (٦). فرقانی و همکاران (۲۰۰٦) نتیجه گرفتند pH خاک‌های اسیدی تحت کشت چای با مصرف یک تن سرباره و لجن کنورتور به‌ترتیب ۰/۰٤ و ۰/۰۳ واحد افزایش می‌یابد (۱۰).

www.SID.ir

Archive of SID

مقدار آهن ($mg.kg^{-1}$) قابل عصاره‌گیری با DTPA-TEA: تأثیر تیمارهای سرباره و ترکیبات آلی بر مقدار آهن خاک در جدول ۸ نشان داده شده است. مقدار آهن قابل‌جذب در خاک از ۱/۴۳ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار شاهد CS° به مقدار ۸/۱۷ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار ٤ درصد پوست پسته با سرباره به‌میزان ٤ برابر مقدار توصیه آزمون خاک همراه با گوگرد و تیوباسیلوس ($P_4S_4S^{\circ}T$) رسید که تفاوت معنی‌داری نسبت به تیمارهای ($P_4S_4S^{\circ}$) و (P_4S_4) نداشت. بنابراین آهن موجود در سرباره به خوبی توانسته با لیگاندهای آلی و ترکیبات کلات‌کننده موجود در پوست پسته تشکیل کلات داده و به شکل محلول در آید.

جدول ۸- تأثیر تیمارهای سرباره و ترکیبات آلی بر مقدار آهن ($mg.kg^{-1}$) قابل‌عصاره‌گیری با DTPA-TEA.

Table 8. Effect of slag treatments and organic compounds on soil extractable Fe (DTPA).

P_4%	P_2%	C_4%	C_2%	C	
1.65^{e-g}	1.47^{fg}	1.96^{e-g}	1.56^{fg}	1.43^{g}	S_0
2.28^{c-g}	2.05^{d-g}	3.27^{b-g}	2.95^{b-g}	3.01^{b-g}	Seq
3.25^{b-g}	2.36^{c-g}	2.58^{b-g}	2.44^{b-g}	2.23^{c-g}	S_2
7.6^{a}	4.43^{b}	4.07^{b-d}	4.12^{bc}	3.14^{b-g}	S_4
4.42^{b}	2.94^{b-g}	2.91^{b-g}	2.82^{b-g}	2.86^{b-g}	S_2S°
7.76^{a}	3.62^{b-e}	3.48^{b-f}	2.82^{b-g}	2.48^{b-g}	S_4S°
3.48^{b-f}	2.78^{b-g}	2.15^{c-g}	1.99^{e-g}	2.15^{c-g}	$S_2S^{\circ}T$
8.17^{a}	4.13^{bc}	4.06^{b-d}	3.16^{b-g}	2.86^{b-g}	$S_4S^{\circ}T$
3.25^{b-g}	2.52^{b-g}	2.36^{c-g}	2.26^{c-g}	1.91^{e-g}	S_{2a}
4.39^{b}	2.66^{b-g}	2.69^{b-g}	2.64^{b-g}	2.32^{c-g}	S_{4a}

میانگین‌هایی با حروف مشابه، در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means followed by the same letters are not significant at the 5% probability.

ابوسعدا و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند مقدار آهن قابل‌عصاره‌گیری با $CaCl_2$ متناسب با افزایش مصرف مواد آلی افزایش پیدا می‌کند (۲). در حضور مواد آلی توانایی باکتری‌های گوگردی برای اکسایش گوگرد افزایش پیدا می‌کند. از طرفی افزایش مقدار آهن می‌تواند به‌دلیل تشکیل کمپلکس آهن همراه با اسیدهای آلی باشد. بسیاری از بررسی‌ها نشان داده‌اند که اگر گوگرد عنصری در خاک مصرف شود، با فراهم بودن شرایط اکسیداسیون بیولوژیکی آن، مقادیر قابل‌توجهی از گوگرد مصرفی توسط باکتری‌های جنس تیوباسیلوس اکسید می‌گردد. اکسیداسیون گوگرد و تولید اسید سولفوریک در اطراف ریشه‌ها منجر به افزایش حلالیت کانی‌های حاوی آهن خواهند شد. از طرفی شرایط اسیدی منجر به احیاء آهن ۳ به آهن ۲ خواهد شد و در نهایت افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی را سبب می‌شود (۱۹). سامر و شهابیان (۲۰۰۳) دریافتند با افزایش توأم گوگرد و سولفات آهن، غلظت آهن قابل‌عصاره‌گیری تا ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در خاک افزایش یافت (۳۷). چن وهمکاران (۱۹۸۲) دریافتند آهن مخلوط شده با پیت سبب کاهش کلروز و افزایش عملکرد پسته در اسرائیل شد (۸). توماس و ماترز (۱۹۷۹) بیان

www.SID.ir

Archive of SID

نمودند کود دامی خردشده در کاهش کلروز و افزایش عملکرد سورگوم در شرایط گلخانه تأثیر به‌سزایی داشته است. ترکیب سولفات فرو همراه با N-P-K عملکرد را افزایش می‌دهد اما تأثیرش کم‌تر از کود دامی است (٤٢). پارسا و والاس (١٩٧٩) تأثیر مواد آلی هوا خشک و خاکستر شده را بر تغذیه آهن سورگوم مطالعه کردند. لجن فاضلاب هواخشک شده و کود آلی هر دو عملکرد و جذب آهن را بیش‌تر از تولیدات خاکستر شده این مواد افزایش داده‌اند. بخش فولویک اسید لجن وکود به‌دلیل کمپلکس‌کردن عناصر کمیاب واکنش‌پذیرترین ترکیب در نظر گرفته شده است (٣٤).

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد تیمار سرباره به‌میزان ٤ برابر مقدار توصیه آزمون خاک بر حسب آهن قابل‌جذب این ترکیب همراه با گوگرد و تیوباسیلوس بیش‌ترین مقدار افزایش شوری را در پایان دوره انکوباسیون در پی داشت. مقدار آهن در تیمارهای $S_4S°T$، $S_4S°$، S_4، در پایان ٩٠ روز در مقایسه با تیمار شاهد افزایش معنی‌داری را داشت. اثر متقابل تیمارهای سرباره و ترکیبات آلی بیانگر آن است تیمار ٤ درصد پوست پسته با سرباره به‌میزان ٤ برابر مقدار توصیه آزمون خاک همراه با گوگرد و تیوباسیلوس ($P_4S_4S°T$) بیش‌ترین مقدار آهن قابل‌جذب را دارا بود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از تحقیقات آب و محیط زیست مس منطقه کرمان که در تأمین بخشی از مواد و هزینه‌های مورد نیاز اجرای این پژوهش با کد پروژه ٢٥٥/د/٩٤/آ همکاری نموده‌اند، سپاسگزاری می‌نمائیم. هم‌چنین از سرکار خانم مهندس اسماعیل‌زاده، جناب آقای مهندس اسپهبدی که با همکاری صمیمانه خود شرایط لازم را برای انجام این کار تحقیقاتی فراهم کردند، سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

1. Abbaspour, A., Kalbasi, M., and Shariatmadari, H. 2004. Effect of steel converter sludge as iron fertilizer and amendment in some calcareous soils. J. Plant Nutr. 27: 377-394.
2. Abou Seeda, M., EI-Aila, H.I., and EI-Ashry, S. 2002. Assessment os basic slag as soil amelioration and their effects on the uptake of some nutrient elements by radish plant. Bulletin National Research. 27: 491-506.
3. Adriano, D.C. 2001. Trace Elements in the Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Heavy Metals. 2nd ed., Springer-Verlag, New York. 867p.
4. Allison, L.E., and Modie, C.D. 1965. Carbonate. P 1379-1396. In: C.A. Black (ed.), Method of Soil Analysis, Part 2. Am. Soc. Agron. Madison. WI, USA.
5. Anderson, W.B., and Parkpain, P. 1984. Plant availability of an iron waste product utilized as an agricultural fertilizer on calcareous soil. J. Plant Nutr. 7: 222-233.
6. Besga, G., Pinto, M., and Rodriguez, M. 1996. Agronomic and nutritional effects of Linz-Donawitz slag application to two pastures in Northern Spain. J. Nut. Cyc. Agroecosystems. 46: 157-167.
7. Bremner, J.M. 1996. Nitrogen-total. P 1-89, In: D.L. Sparks (ed), Methods of Soil Analysis. Part 3, 3rd Ed. Am. Soc. Agron. Madison. WI.
8. Chen, Y., Navrot, J., and Barak P. 1982. Remedy of lime- induced chlorosis with iron- enriched muck. J. Plant Nutr. 5: 927-940.
9. Das, B., and Prakash, S. 2007. An overview of utilization of slag and sludge from steel industries. Resour. Cons. Recy. 50: 40-57.

www.SID.ir

Archive of SID

10. Forghani, A., Kiaee Jamali, S.F., and Shirinfekr, A. 2006. Effect of steelmaking slag and converter sludge on some properties of acid soil under tea planting. Proceeding of the 18th World Congress of Soil Science, Philadelphia and Pensylvania, USA.
11. Garcia de la Fuente, R., Carrión, C., Botella, S., Fornes, F., Noguera, V., and Abad, M. 2007. Biological oxidation of elemental sulphur added to three composts from different feedstocks to reduce their pH for horticultural purposes. Bioresour. Technol. 98: 18. 3561-3569.
12. Gee, G.W., and Bauder, J.W. 1986. Particle-size analysis. P 383-411, In: A. Klute (eds.), Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods, American society of agronomy, Madison, WI.
13. Gorai, B., and Jana, R.K. 2003. Characteristics and utilisation of copper slag., a review, Resour. Cons. Recy. 39: 299-313.
14. Hagstrom, G.R. 1984. Current management practices for correcting iron deficiency in plants with emphasis on soil management. J. Plant Nutr. 7: 23-46.
15. Hesse, P.R. 1971. A text book of soil chemical analysis. John Murray. London. 520p.
16. Huang, Yi., and Guoping, Xu. 2012. An overview of utilization of steel slag. Procedia Environ. Sci. 16:791-801.
17. Jiu-yu, L., and Zhao-dong, L. 2015. Alkaline slag is more effective than phosphogypsum in the amelioration of subsoil acidity in an Ultisol profile. Soil Till. Res. 149: 21-32.
18. Karimian, N., and Kalbasi, M. 2012. Effect of converter sludge and its mixtures with organic matter, elemental sulfur and sulfuric acid on availability of iron, phosphorus and manganese of 3 calcareous soils from central Iran. Afric. J. Agri. Res. 7: 4. 568-576.
19. Khadem, A., Gholchin, A., Shafiee, S., and Zare, A. 2014. Effect of manures and sulfure on nutrients uptake of corn. J. Farm. 103: 1-10.
20. Lindsay, W.L. 1979. Chemical equilibria in soils. John Wiley & Sons, New York. 449p.
21. Lindsay, W.L., and Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 421-428.
22. Loeppert, R.H. 1986. Reaction of iron and carbonates in calcareous soils. J. Plant Nutr. 9: 195-214.
23. Marsolek, M.D., and Hagstrom, G.R. 1982. Acidified mining residue for correction of iron chlorosis on calcareous soils. J. Plant Nutr. 5: 941-948.
24. Mashhady, A.S. 1984. Heavy metals extractable from calcareous soil treated with sewage sludge. Environ. Pollut. B. 8: 51-60.
25. Masud, M., Jiu-Yu, L., and Ren-Kou, X. 2014. Use of Alkaline Slag and Crop Residue Biochars to Promote Base Saturation and Reduce Acidity of an Acidic Ultisol. Pedosphere 24: 6. 791-798.
26. Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. 1982. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy. In Soil Science Society of America.
27. Mokhtari, S., Hodaji, M., and Kalbasi, M. 2014. The effect of steel converter slag application along with sewage sludge in iron nutrition and corn plant yield. Pharmacol. Life Sci. 3: 3. 96-104.
28. Morris, D.R., Loeppert, R.H., and Moore, T.J. 1989. Indigenous soil factors influencing iron chlorosis of soybean in calcareous soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 54: 1329-1336
29. Mortvedt, J.J. 1989. Correcting iron deficiencies in annual and perennial plants: present technologies and future prospects. Proceeding of the 5th International symposium on Iron Nutrition and Interactions in plants, Pp: 315-322.
30. Nadine, M., Michael, P., Parsons, B., and Robert R. Seal. 2015. Characteristics and environmental aspects of slag: A review. Applied Geochem. 57: 236-266.

www.SID.ir

Archive of SID

31. Nelson, D.W., and Sommers, L.P. 1986. Total carbon, organic carbon and organic matter. P 539-579. In: A.L. Page (eds.), Method of Soil Analysis. Part 2. American Society of Agronomy, Madison WI, USA.
32. Norvell, W.A., and Lindsay, W.L. 1982. Effect of ferric chloride additions on the solubility of ferric iron in a near-neutral soil. J. Plant Nutr. 5: 1285-1295.
33. Olsen, S.R., Close, V., Watnebe, F.S., and Pean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA. 939. USA.
34. Parsa, A.A., and Wallace, A. 1979. Organic solid wastes from urban environment as iron sources for sorghum. Plant Soil. 53: 455-461.
35. Pinto, M., Rodriguez, M., Besga, G., and Lopez, F.A. 1995. Effects of Linz-Donowitz (LD) slag on soil properties and pasture production in the Basque country (Northern Spain). New Zealand. J. Agric. Res. 38: 143-155.
36. Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of salin and alkali soils. USDA.Agriculture hand book. No: 60. Washington.
37. Samar, S.M., and Shahabian, M. 2003. Effect of organic manure enrichment with sulfur and sulfate on increasing availibility of iron in a calcareous soil. National Seminar of production and application of sulfur in the country. Mashhad, Iran. (In Persian)
38. Shugar, J.G. 1981. Chemical Technicians Ready Reference Handbook. McGraw-Hill Book Co, New York, Pp: 537-541.
39. Soumare, M., Tack, G., and Verloo, M.G. 2003. Effects of a municipal solid waste compost and mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils of Mali. Bioresour. Technol. 86: 15-20.
40. Sposito, G., Lund, L.J., and Chang, A.C. 1982. Trace metal chemistry in arid zone field soils amended with sewage sludge, I.: Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd and Pb in solid phases. Soil Sci. Soc. Am. J. 46: 260-264.
41. Teresa, A.B., and Coll, V. 2012. Possible uses of steelmaking slag in agriculture: an overview. P 335-356. In: D. Achilias (ed). Material Recycling-Trends and Perspectives. In Tech Publisher, Croatia.
42. Thomas, J.D., and Mathers, A.C. 1979. Manure and iron effects on sorghum growth on iron deficient soil. Agron. J. 71: 792-794.
43. Torkashvand, A.M. 2011. Effect of steel converter slag as iron fertilizer in some calcareous soils. Soil and Plant Sci. 61: 1. 14-22.
44. Tsipouridis, C., Almaliotis, D., Thomidis, T., and Isaakidis, A. 2006. Effects of different sources of iron, hormones and Agrobacterium tumefaciencs on chlorophyll and iron concentration in the leaves of peach trees. Hort. Sci. 33: 4. 140-147.
45. Velarde, M., Felkera, P., and Gardiner, D. 2004. Influence of elemental sulfur, micronutrients, phosphorus, calcium, magnesium and potassium on growth of Prosopis Alba on high pH soils in Argentina. J. Arid Environ. 62: 4. 525-700.
46. Wallace, A., Samman, Y.S., and Wallace, C.A. 1982. Correction of lime-induced chlorosis in Soybean in Calcareous Soil with Sulfur and an acidifing iron compound. J. Plant Nutr. 5: 4-5. 949-953.
47. Wang, L., and Yang, X. 2013. Combined use of alkaline slag and rapeseed cake to ameliorate soil. Acidity in an acid tea garden soil. Pedosphere, 23: 2. 177-184.
48. Wang, X., and Qing-Sheng, C. 2006. Steel Slag as an iron fertilizer for corn growth and soil improvement in a pot experiment. Pedosphere, 16:4. 519-524.
49. Yang, Zh. 2010. Elemental sulfur oxidation by Thiobacillus spp. and aerobic heterotrophic sulfur-oxidizing bacteria. Pedosphere, 20: 1. 71-79.

www.SID.ir

Archive of SID

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 8(3), 2018
http://ejsms.gau.ac.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

The effect of copper slag application along with organic compounds on DTPA extractable Iron and some properties of a calcareous soil

***E. Mirparizi[1], M. Baranimotlgh[2], S.A.R. Movahedi Naeini[2], R. Ghorbani Nasrabadi[3] and S. Bakhtiary[4]**

[1]Ph.D. Student, Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Associate Prof., Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [4]Assistant Prof., Dept. of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Received: 05.10.2018; Accepted: 09.03.2018

Abstract

Background and Objectives: Iron deficiency is one of the most common problems in the plant nutrition in arid and semi-arid regions soil, especially calcareous soil. Since iron oxides account for about 53.8% of the slag, it can be used as a fertilizer. The use of copper slag of Sarcheshmeh Copper Complex sub-products was evaluated with organic compounds as the source of iron supply in calcareous soil. The purpose of this study was to study the effect of copper slag and organic compounds on the amount of extractable iron by DTPA and some characteristics of calcareous soil.

Materials and Methods: In order to investigate the effect of slag on soil absorbable iron, an incubation test was performed for 3 months as a factorial experiment in a completely randomized design with three replications. The experimental factors consisted of 5 levels of organic matter (pistachio shell, cow manure 2 and 4% w/w and control sample) and 10 iron levels (copper slag, copper slag with sulfur, copper slag with sulfur and Thiobacillus, acid slag (each at two levels), Chelate Sequestrene and control sample). 10, 30, 60 and 90 days after incubation, changes in parameters such as pH, EC and iron content were measured by DTPA-TEA extractor.

Results: The results showed that by applying the organic compounds' treatments during the incubation time reduced the iron extraction capability. The results showed that during the three-month incubation period, slag treatments increased soil EC. The highest amount of EC increase in slag treatment is 4 times the recommended value of the soil test based on the absorbable iron content of this compound with sulfur and Thiobacillus $S_4S°T$ at 2.21 dS/m at the end of the incubation period. In the soil sample studied, proportional to the amount of slag, the amount of iron extracted by DTPA increased. However, during the incubation period, the iron extraction capability was reduced; however, the amount of iron increased significantly after 90 days from the beginning of incubation in $S_4S°T$, $S_4S°$ and S_4 treatments compared with the control. The interaction effect of slag treatments and organic compounds showed that the highest amount of EC and the lowest pH were related to 4% cow manure application with slag with sulfur and Thiobacillus. Meanwhile, the amount of absorbable iron in the soil from 1.43 mg/kg in the control treatment of CS° reached 8.17 mg/kg in the treatment of 4% pistachio shell as 4 times of the recommended value of the soil test with sulfur and Thiobacillus ($P_4S_4S°T$).

Conclusion: Organic compounds during the incubation period led to a reduction in iron compared to the control sample. Slag of copper smelting has nutrient micro-elements, including iron, so that at high levels of slag consumption, the amount of iron increased, as well as the use of slag with sulfur, Thiobacillus and pistachio shell had the most amount of absorbable iron as a result, slag has the potential to be used as an iron source for plants.

Keywords: Calcareous soil, Copper slag, Organic compounds, Soil available iron

* Corresponding Author; Email: elham_mir44@yahoo.com

www.SID.ir