Arch

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و پنجم، شماره دوم، ۱۳۹۷
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2018.14502.2930

قابلیت استفاده روی در ریزوسفر ذرت در دو خاک آلوده با بافت متفاوت تیمارشده با کلات‌کننده‌ها

*محمد رحمانیان[۱] و علیرضا حسین‌پور[۲]
[۱]استادیار گروه مهندسی علوم خاک، دانشگاه یاسوج، [۲]استاد گروه مهندسی علوم خاک، دانشگاه شهرکرد
تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۱۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۲/۲

چکیده

سابقه و هدف: فرآیندهای ریزوسفر نقش مهمی در قابلیت استفاده روی در خاک‌ها دارد. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک ریزوسفری به‌دلیل فعالیت‌های موجود در ریزوسفر با توده خاک متفاوت است. در پژوهش حاضر، تأثیر EDTA، اسید سیتریک و عصاره کود مرغی بر قابلیت استفاده روی در ریزوسفر ذرت رقم سینگل کراس ۷۰٤ در دو خاک آلوده با بافت متفاوت بررسی شد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای انجام شد و اسید سیتریک و EDTA در سطوح غلظتی صفر، ۰/۵ و ۱ میلی‌مول بر کیلوگرم خاک و عصاره کود مرغی در سطوح غلظتی صفر، ۰/۵ و ۱ گرم بر کیلوگرم خاک به ریزوباکس‌ها اضافه شدند. تعداد سه بذر ذرت در هر ریزوباکس کاشته شد و بعد از ۱۰ هفته گیاهان برداشت شدند و خاک ریزوسفری و توده جدا شدند. pH، کربن آلی محلول (DOC)[۱]، کربن بیوماس میکروبی (MBC)[۲] و روی قابل استفاده با استفاده از ٤ روش عصاره‌گیری شیمیایی شامل DTPA-TEA، AB-DTPA، مهلیچ ۳ و روش بر پایه ریزوسفر در خاک ریزوسفری و توده تعیین شدند.

یافته‌ها: در هر دو خاک DOC و MBC در خاک ریزوسفری به‌صورت معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۵) از توده خاک بیش‌تر بود، در حالی‌که pH کاهش معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۵) در خاک ریزوسفری نسبت به خاک توده یافت. در هر دو خاک روی عصاره‌گیری‌شده با عصاره‌گیرهای مختلف در خاک ریزوسفری به‌صورت معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۵) کم‌تر از توده خاک بود. دامنه تغییرات روی استخراج‌شده با عصاره‌گیرها از ۹/۰۰ تا ۷۵/۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک لوم شنی، و از ۰/۵۷ تا ۸۱/٤٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک لوم رسی بود. بیش‌ترین مقدار روی با استفاده از روش مهلیچ ۳ و کم‌ترین مقدار آن با استفاده از روش بر پایه ریزوسفر عصاره‌گیری شد. با افزودن کلات‌کننده‌ها به خاک مقدار روی قابل استفاده افزایش یافت.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش نشان داد در خاک لوم شنی بیش‌ترین مقدار روی در تیمار اسید سیتریک (۱ میلی‌مول بر کیلوگرم) و کم‌ترین مقدار آن در تیمار شاهد عصاره‌گیری شد، در حالی‌که در خاک لوم رسی بیش‌ترین مقدار روی

* مسئول مکاتبه: m.rahmanian10@yahoo.com

1- Dissolved Organic Carbon
2- Microbial Biomass Carbon

www.SID.ir

Archive of SID

در تیمار EDTA (۱ میلی‌مول بر کیلوگرم) و کم‌ترین مقدار آن در تیمار ۱ گرم بر کیلوگرم عصاره کود مرغی عصاره‌گیری شد. میانگین روی عصاره‌گیری شده با DTPA-TEA، AB-DTPA و مهلیچ ۳ به‌صورت معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۵$) در خاک لوم رسی بیش‌تر از خاک لوم شنی بود. میانگین روی عصاره‌گیری‌شده با روش بر پایه ریزوسفر به‌صورت معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۵$) در خاک لوم شنی بیش‌تر از خاک لوم رسی بود.

واژه‌های کلیدی: کلات‌کننده، قابلیت استفاده، ریزوسفر، خاک لوم شنی، خاک لوم رسی

مقدمه

خاک‌ها و آب‌های آلوده به فلزات سنگین، محیط‌زیست و سلامت انسان را به خطر می‌اندازد. با توجه به خطرات زیست‌محیطی فلزات سنگین و احتمال جذب و ورود این عناصر به زنجیره غذایی و تهدید سلامت انسان‌ها، موضوع استفاده از گیاهان به‌منظور پالایش این فلزات از محیط‌زیست و خروج آن‌ها از خاک در دهه‌های اخیر به‌شدت مورد توجه قرار گرفته است. گیاهانی که برای پاکسازی خاک از آلاینده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند اصطلاحاً انباشت‌گر نامیده می‌شوند. گیاه‌پالایی روشی زمان‌بر برای آلودگی‌زدایی فلزات سنگین از خاک می‌باشد و گاهی ممکن است چندین دهه زمان برای رفع آلودگی به این روش نیاز باشد. فلزات سنگین در خاک به‌شدت با اجزای مختلف خاک پیوند خورده‌اند و تحرک و قابلیت دسترسی آن‌ها به‌طور عمده به نوع پیوند فلز به این اجزای خاک محدود می‌شود. به‌ویژه، قابلیت استفاده فلزات سنگین در خاک وابسته به بافت خاک (مقدار رس)، سطح ویژه، ظرفیت تبادل کاتیونی و pH خاک می‌باشد. به‌عنوان مثال تحرک و قابلیت استفاده فلزات سنگین در خاک با افزایش مقدار رس کاهش می‌یابد (۱۰). جزء محلول و تبادلی به‌عنوان جزء به‌راحتی قابل دسترس گزارش شده‌اند. بیش‌تر فلزات موجود در خاک در مقادیر زیاد در اشکال غیرقابل دسترس موجود هستند و بنابراین شرایط خاک باید تغییر یابد تا به‌وسیله گیاهان جذب شوند زیرا این پدیده بستگی به غلظت زیاد فلزات (محلول) در خاک‌ها به‌منظور افزایش قابل‌ملاحظه جذب توسط گیاه و انتقال به بخش‌های هوایی گیاه دارد. این پدیده در مورد روی صادق است زیرا با پیوندهای قوی با اجزاء کربناتی و اکسیدهای آهن و منگنز خاک پیوند خورده است (۲۵). بیش‌تر آزمایش‌ها در مورد گیاه‌پالایی بر روی گیاهان زراعی با زیست‌توده بالا مثل ذرت و آفتابگردان و اقدامات مدیریتی خاک و روش‌های شیمیایی (مانند استفاده از کلات‌کننده‌ها) جهت افزایش جذب فلزات سنگین از خاک توسط گیاهان متمرکز شده است (۲). کلات‌کننده‌ها ترکیبات آلی محلول‌اند که قادرند با فلزاتی مانند Fe، Mn، Zn و Cu تشکیل کمپلکس داده، حلالیت آن‌ها را افزایش داده و منجر به افزایش تحرک و جذب آن‌ها توسط گیاه شوند.

ریشه‌های گیاه به‌صورت پیوسته ترکیباتی مانند قندها، اسیدهای آمینه، اسیدهای آلی و ویتامین‌ها را آزاد می‌کنند که می‌توانند مورد استفاده ریزجانداران قرار گیرند و همچنین ویژگی‌های خاک ریزوسفری را تغییر دهند. ویژگی‌های شیمیایی و بیولوژیکی متفاوت خاک ریزوسفری نسبت به خاک غیرریزوسفری، می‌تواند بر اجزاء عناصر و قابلیت استفاده آن‌ها مؤثر باشد (٤).

به‌منظور افزایش قابلیت استفاده روی در خاک و انتقال آن از ریشه گیاه به بخش‌های هوایی استفاده از کلات‌کننده‌هایی مانند EDTA، DTPA، NTA و اسید سیتریک پیشنهاد شده است (۲۵). این کلات‌کننده‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

بر توزیع فلزات در خاک با تبدیل از شکل‌های غیرقابل دسترس به شکل‌های قابل دسترس اثر می‌گذارند. یودویک و لستان (۲۰۰۹) تأثیر EDTA را بر قابلیت استفاده سرب و روی در یک خاک آلوده را مطالعه کردند. رفتار سرب و روی با هم فرق داشت، قابلیت استفاده سرب افزایش یافت در حالی‌که برای روی تغییری نکرد (۲۹). لسیج و همکاران (۲۰۰۵) از EDTA و اسید سیتریک برای افزایش قابلیت استفاده فلزات سنگین برای جذب توسط گیاه استفاده کردند. غلظت فلزات سنگین در شاخساره برداشت‌شده با غلظت EDTA افزایش یافت اما مقدار واقعی فلزات سنگین استخراج‌شده در غلظت‌های بالای EDTA با توجه به کاهش شدید رشد کاهش یافت. معدنی‌شدن سریع اسید سیتریک و ظرفیت بافری بالای خاک باعث شد که اسید سیتریک در افزایش مقدار فلزات سنگین استخراج‌شده ناکارآمد باشد (۱٤). پرز– استبان و همکاران (۲۰۱۲) کمپوست کود اسبی و گوسفندی را بر قابلیت استفاده روی در یک خاک معدن در اسپانیا را مطالعه کردند. کاربرد کمپوست کود اسبی و گوسفندی باعث کاهش قابلیت استفاده روی شد (۲۲). لای و شن (۲۰۰۵) تأثیر غلظت‌های مختلف EDTA، (۰، ۲ و ۵ میلی‌مول بر کیلوگرم خاک) را بر قابلیت استفاده و استخراج فلزات سنگین با گیاه *Dianthuschinensi* در یک خاک آلوده را مطالعه کردند. خاک مورد استفاده در این پژوهش به‌صورت مصنوعی به فلزات سنگین آلوده شده بود، برای آلوده کردن این خاک ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی استفاده کردند. نتایج نشان داد قابلیت استفاده روی بعد از استفاده ۵ میلی‌مول EDTA بر کیلوگرم به‌طور معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۵$) افزایش پیدا کرد (۱۳).

ریزوسفر مهم‌ترین محل تماس ریشه‌های گیاه با خاک است. با توجه به پیچیدگی‌های این محیط و تفاوت گیاهان در ترشح ترکیبات مختلف در این محیط، پژوهش‌های بسیار کمی در ایران بر قابلیت استفاده روی در یزوسفر گیاهان بیش‌اندوز انجام شده است. با توجه به این‌که عوامل کلات‌کننده از مهم‌ترین و کارآمدترین روش‌ها در افزایش قابلیت استفاده و آلودگی‌زدایی فلزات سنگین از خاک شناخته شده است، همچنین، تراوشات و فعالیت ریشه و ریزجانداران می‌تواند بر قابلیت استفاده و جذب آن‌ها به‌وسیله گیاهان مؤثر باشد. نظر به اهمیت عنصر روی، بررسی و مطالعه اثر ریزوسفر بر قابلیت استفاده روی بومی خاک آلوده تیمارشده با کلات‌کننده‌ها در کشت گیاه ذرت جهت درک وضعیت روی در نزدیک‌ترین قسمت خاک به ریشه‌ها ضروری به‌نظر می‌رسد. این پژوهش با هدف بررسی اثر کلات‌کننده‌ها (EDTA، اسید سیتریک و عصاره کود مرغی) بر قابلیت استفاده روی در ریزوسفر ذرت در دو خاک آلوده با بافت متفاوت انجام شد.

مواد و روش‌ها

برای انجام آزمایش دو نمونه خاک آلوده لوم شنی و لوم رسی (با طول جغرافیایی ۵۱ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه شمالی و ارتفاع حدود ۱٦۲۹ متر از سطح دریا) از لایه سطحی خاک از نزدیکی معدن باما در استان اصفهان و از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه شد. نمونه‌ها پس از هواخشک کردن، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نمونه‌های خاک مورد بررسی شامل قابلیت هدایت الکتریکی و pH در عصاره گل اشباع، بافت به روش هیدرومتر (۷)، درصد کربنات‌کلسیم معادل با روش خنثی کردن کربنات‌کلسیم با اسید کلریدریک و تیتراسیون اسید اضافی با سود (۱۸)، درصد کربن آلی به روش اکسایش تر (۲۱)، مقدار روی قابل دسترس به روش DTPA-TEA (۱۷) و مقدار کل روی خاک با اسید نیتریک ٤ مولار (۲۷) اندازه‌گیری شد.

www.SID.ir

Archive of SID

کشت گلخانه‌ای: این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل (فاکتور اول خاک در دو سطح، فاکتور دوم کلات‌کننده‌ها در سه سطح و فاکتور سوم محیط در دو سطح) در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار به‌صورت کشت در ریزوباکس (۳۰) در گلخانه انجام شد. ابتدا عناصر غذایی لازم به خاک هر گلدان اضافه و رطوبت گلدان‌ها به حد ظرفیت زراعی رسانده شد. ٦ بذر ذرت رقم سینگل کراس ۷۰٤ در عمق مناسب کاشته شده و پس از استقرار و سبزشدن کامل بذرها در پایان هفته دوم، تعداد گیاهان به ۳ بوته تنک شد. در طول دوره رشد گیاه، سعی شد رطوبت خاک‌ها با در نظر گرفتن ۳۰ درصد تخلیه مجاز ثابت بماند. اسید سیتریک و EDTA در سطوح غلظتی ۰/۵ و ۱ میلی‌مول بر کیلوگرم خاک (۱۱) و عصاره کود مرغی در سطوح غلظتی ۰/۵ و ۱ گرم بر کیلوگرم خاک (۲٤) در چهار مرحله به همراه آب آبیاری در طول دوره کشت به ریزوباکس‌ها اضافه شدند. همچنین، یک تیمار شاهد بدون اضافه‌کردن کلات‌کننده‌ها وجود داشت. برای تهیه عصاره کود مرغی، نسبت ۱ به ۵ کود مرغی به آب مقطر همراه با ۲ ساعت تکان دادن و سپس ۲۰ دقیقه سانتریفوژ و بعد از صاف شدن با کاغذ صافی واتمن ٤۲ استفاده شد (١٦). مقدار عصاره کود مرغی مورد نیاز بر اساس مقدار عصاره حاصل از حجم مشخصی از عصاره ۱ به ۵ (کود مرغی به آب) محاسبه شد. در عصاره کود مرغی EC، pH و غلظت روی به روش‌های معمول آزمایشگاهی تعیین شد.

بخش هوایی گیاهان ۱۰ هفته پس از کاشت برداشته شد و ریزوباکس‌ها باز و خاک بخش مرکزی (خاک ریزوسفری) با الک کردن (الک ۲ میلی‌متری) از ریشه‌ها جدا و ریشه‌های باقی‌مانده در خاک ریزوسفری با انبرک برداشته شد. دو ناحیه غیرریزوسفری با هم مخلوط شده و هر دو نمونه (خاک ریزوسفری و توده) برای آزمایش‌های بعدی آماده شد. مقدار روی قابل دسترس خاک ریزوسفری و توده با روش‌های DTPA-TEA (۱۷)، AB-DTPA (۲٦)، مهلیچ ۳ (۲۰) و روش بر پایه ریزوسفر (٦) عصاره‌گیری و با دستگاه جذب اتمی (مدل جی‌بی‌سی، ۹۳۲) اندازه‌گیری شد. بخش‌های هوایی و ریشه‌ها با آب مقطر شسته و به‌مدت ٤۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در آون تهویه‌دار خشک و پس از تعیین وزن خشک، با آسیاب برقی پودر شدند. غلظت روی در اندام‌های هوایی و ریشه با روش خشک سوزانی هضم شده (۱) و سپس غلظت روی در آن‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل جی‌بی‌سی، ۹۳۲) اندازه‌گیری شد.

کربن زیست‌توده میکروبی در خاک ریزوسفری و توده با استفاده از روش تدخین با کلروفرم و خواباندن (۹) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری مقدار کربن آلی محلول از سوسپانسیون ۱ به ۲ خاک تازه به آب مقطر استفاده شد (۳). سپس سوسپانسیون در دمای اتاق به‌مدت ۲ ساعت تکان داده شد و سپس ۵ دقیقه سانتریفیوژ و محلول صاف رویی با استفاده از فیلتر پلاستیکی دارای قطر ۰/٤۵ میکرومتر جدا شد. مقدار کربن آلی محلول با استفاده از روش اکسیداسیون تر (۲۱) تعیین شد.

با توجه به این‌که نمونه خاک هر ریزوباکس به خاک‌های توده و ریزوسفر تقسیم شد، آزمایش به‌صورت آزمایش فاکتوریل ۳ فاکتوره (فاکتور اول خاک، فاکتور دوم کلات‌کننده‌ها و فاکتور سوم محیط) در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. سپس، برای تعیین معنی‌دار بودن ($P\leq ۰/۰۵$) تفاوت بین بررسی اثر منابع تغییرات شامل نوع خاک، نوع کلات، محیط و اثرات متقابل آن‌ها بر ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده در خاک‌های ریزوسفری و توده، از تجزیه واریانس (ANOVA) و نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) استفاده و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس نتایج جدول ۱، بافت خاک‌های مورد استفاده لوم شنی و لوم رسی بود. خاک‌ها غیرشور، آهکی و با واکنش قلیایی بودند. مقدار روی قابل استفاده (اندازه‌گیری‌شده با عصاره‌گیر DTPA-TEA) ۹/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک لوم شنی و ۷/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک لوم رسی، و مقدار سرب، مس و روی کل به‌ترتیب ۲۵۰، ۳۲ و ۸۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم برای خاک لوم شنی و به‌ترتیب ۳۶۰، ۳۱ و ۸۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم برای خاک لوم رسی بود. غلظت روی در خاک‌ها بیش‌تر از سطح نرمال و حد بحرانی در خاک بود. سازمان سلامت جهانی (WHO) محدوده هشدار غلظت کل سرب، روی، مس و کادمیم خاک را به‌ترتیب ۳۵، ۹۰، ۳۰ و ۰/۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین کرده است (۲۸).

pH عصاره کود مرغی استفاده شده در پژوهش ۷/۹، ماده آلی ۰/۹۲ درصد، قابلیت هدایت الکتریکی ۷/۷۵ دسی‌زیمنس بر متر و مقدار کل روی ۱۰/۸۸ میلی‌گرم در کیلوگرم بود.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در پژوهش.

Table 1. Some physical and chemical properties of the studied soils.

لوم رسی Clay loam	لوم شنی Sandy loam	ویژگی‌ها Properties
35.00	18.00	رس (٪) Clay (%)
29.00	57.00	شن (٪) Sand (%)
36.00	25.00	سیلت (٪) Silt (%)
0.06	0.03	نیتروژن کل (٪) Total N (%)
10.00	22.00	فسفر قابل‌استفاده ($mg\ kg^{-1}$) Available P
250.00	150.00	پتاسیم قابل‌استفاده ($mg\ kg^{-1}$) Available K
7.50	9.70	روی قابل‌استفاده ($mg\ kg^{-1}$) Available Zn
0.54	0.48	کربن آلی (٪) Organic carbon (%)
27.00	32.00	کربنات‌کلسیم معادل (٪) Calcium carbonate equivalant (%)
8.10	8.20	pH
0.30	0.44	($dS\ m^{-1}$) EC

EC: electrical conductivity

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج تجزیه واریانس اثر نوع خاک، کلات‌کننده‌ها و محیط بر ویژگی‌های pH، DOC و MBC در کشت ذرت در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج این جدول نشان داد که اثر نوع خاک، کلات‌کننده‌ها و محیط بر مقادیر pH، DOC و MBC معنی‌دار (P≤۰/۰۱) بود. اثر متقابل کلات‌کننده‌ها و محیط بر مقدار pH معنی‌دار (P≤۰/۰۱) بود. اثر متقابل کلات‌کننده‌ها و خاک بر مقادیر pH و MBC معنی‌دار (P≤۰/۰۱) بود. اثر متقابل خاک و محیط بر مقدار pH معنی‌دار (P≤۰/۰۵) بود. اثر متقابل کلات‌کننده‌ها، خاک و محیط بر مقادیر pH، DOC و MBC معنی‌دار نبود.

مقادیر pH، MBC و DOC در خاک‌های ریزوسفری و توده در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج این جدول نشان داد که ویژگی‌های خاک ریزوسفری با ویژگی‌های توده خاک متفاوت بود. در خاک لوم شنی اثر کلات‌کننده‌ها بر مقادیر pH، MBC و DOC معنی‌دار (P≤۰/۰۵) بود. در خاک‌های ریزوسفری و توده خاک لوم شنی با افزایش غلظت کلات‌کننده‌ها مقادیر pH، MBC و DOC کاهش یافت. در خاک ریزوسفری میانگین MBC و DOC نسبت به توده خاک به‌صورت معنی‌داری (P≤۰/۰۵) بیش‌تر بود. نتایج نشان داد که میانگین pH در خاک ریزوسفری ذرت کاهش معنی‌داری (P≤۰/۰۵) نسبت به توده خاک داشت. در خاک لوم رسی اثر کلات‌کننده‌ها بر مقادیر pH، MBC و DOC معنی‌دار (P≤۰/۰۵) بود. در خاک ریزوسفری خاک لوم رسی با افزایش غلظت کلات‌کننده‌ها مقدار pH کاهش، در توده خاک با افزایش غلظت EDTA مقدار pH افزایش و با افزایش غلظت اسید سیتریک و عصاره کود مرغی مقدار pH کاهش یافت.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر خاک، کلات‌کننده‌ها و محیط بر pH، DOC و MBC در خاک‌های زیر کشت ذرت.

Table 2. Analysis of variance (mean square) effect of soil, chelators and environment on pH, DOC and MBC in the cultivated corn soils.

منابع تغییر SV	درجه آزادی DF	pH	DOC	MBC
کلات Chelate	6.00	0.005**	5002.00**	3003.00**
محیط Environment	1.00	0.23**	1100.00**	1858.00**
خاک Soil	1.00	0.005**	65856.00**	55658.00**
کلات * محیط Chelat * Environment	6.00	0.005**	0.83ns	54.24ns
کلات * خاک Chelate * Soil	6.00	0.006**	0.00	553.85ns
خاک * محیط Soil * Environment	1.00	0.002*	0.00	63.59ns
کلات * خاک * محیط Chelate * Soil * Environment	6.00	0.004ns	0.00	33.94ns
خطا Error	56.00	0.0004	54.85	99.56
CV%		0.30	9.00	9.40

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ns غیرمعنی‌دار.

** Significant at the 0.01 probability level, * Significant at the 0.05 probability level and ns Not significant.

www.SID.ir

Archive of SID

در خاک‌های ریزوسفری و توده خاک لوم رسی با افزایش غلظت کلات‌کننده‌ها مقادیر MBC و DOC کاهش یافت. در خاک ریزوسفری میانگین MBC و DOC نسبت به توده خاک به‌صورت معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۵$) بیش‌تر بود. نتایج نشان داد که میانگین pH در خاک ریزوسفری ذرت کاهش معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۵$) نسبت به توده خاک داشت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد میانگین pH به‌صورت معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۵$) در خاک لوم شنی بیش‌تر از خاک لوم رسی در کشت ذرت بود، در حالی‌که میانگین MBC به‌صورت معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۵$) در خاک لوم رسی بیش‌تر از خاک لوم شنی در کشت ذرت بود.

دلیل کاهش مقادیر MBC و DOC با افزایش غلظت کلات‌کننده‌ها، افزایش قابلیت استفاده روی و در نتیجه کاهش جمعیت میکروبی بود. با توجه به این‌که خاک‌های مورد استفاده در پژوهش آلوده بودند و غلظت کل عناصر سمی سنگین (سرب و روی) در این خاک زیاد، این انتظار وجود دارد که در نتیجه کاربرد کلات‌کننده‌ها قابلیت استفاده این عناصر زیاد و سمیت میکروبی اتفاق افتد و در نتیجه منجر به کاهش آزاد شدن DOC شود.

جدول ۳- برخی از ویژگی‌های شیمیایی و بیولوژیکی خاک‌های ریزوسفری و توده در کشت ذرت.

Table 3. Some chemical and biological characteristics of rhizosphere and bulk soils in the cultivation of corn.

کلات Chelate	غلظت Con.	pH			کربن آلی محلول ($mg\ C\ L^{-1}$) DOC			کربن بیوماس میکروبی ($mg\ C\ kg^{-1}$) MBC		
		ریزوسفر R	توده B	میانگین Mean	ریزوسفر R	توده B	میانگین Mean	ریزوسفر R	توده B	میانگین Mean
		خاک لومی شنی Sandy loam soil								
EDTA	0.00	8.03^{gh}	8.12^{cd}	8.07BCD	96.00^{fgh}	77.00^{jk}	86.00A	137.00^{bcd}	115.00^{e}	126.00A
	0.50	8.04^{fgh}	8.08^{def}	8.06D	40.00^{opq}	37.00^{opq}	38.00D	87.00^{f}	68.00^{ghi}	78.00BC
	1.00	8.03^{gh}	8.19^{b}	8.11B	29.00^{qr}	24.00^{r}	26.00E	78.00^{fgh}	65.00^{ghi}	71.00C
CA	0.50	8.04^{fgh}	8.31^{a}	8.17A	48.00^{nop}	40.00^{opq}	44.00D	74.00^{fghi}	65.00^{ghi}	70.00C
	1.00	8.03^{gh}	8.17^{b}	8.10BC	40.00^{opq}	34.00^{pqr}	37.00D	59.00^{hi}	56.00^{i}	57.00D
PME	0.50	8.05^{efg}	8.12^{cd}	8.09BCD	69.00^{kl}	64.00^{lm}	66.00B	90.00^{f}	84.00^{fg}	87.00B
	1.00	8.03^{gh}	8.09^{cde}	8.06D	56.00^{mn}	50.00^{no}	53.00C	74.00^{fghi}	68.00^{ghi}	71.00C
میانگین Mean		8.03B	8.14A		63.00A	53.00B		97.00A	83.00B	

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۳-

Continue Table 3.

کلات Chelate	غلظت Con.	pH			کربن آلی محلول ($mg\ C\ L^{-1}$) DOC			کربن بیوماس میکروبی ($mg\ C\ kg^{-1}$) MBC		
		ریزوسفر R	توده B	میانگین Mean	ریزوسفر R	توده B	میانگین Mean	ریزوسفر R	توده B	میانگین Mean
		خاک لومی رسی Clay loam soil								
EDTA	0.00	8.03^{gh}	8.12^{cd}	8.07BC	152^{a}	133^{b}	142.00A	155.00^{a}	143.00^{abc}	149.00A
	0.50	8.04^{fgh}	8.13^{c}	8.09B	96.00^{fgh}	93.00^{fgh}	94.00D	130.00^{bcde}	127.00^{bcde}	129.00CD
	1.00	8.03^{gh}	8.19^{b}	8.11A	85.00^{hij}	80.00^{ijk}	82.00E	127.00^{bcde}	116.00^{de}	122.00D
CA	0.50	8.03^{gh}	8.11^{cd}	8.07BC	104.00^{efg}	96.00^{fgh}	100.00D	130.00^{bcde}	124.00^{cde}	127.00CD
	1.00	8.01^{h}	8.10^{cd}	8.05C	96.00^{fgh}	90.00^{ghi}	93.00D	124.00^{cde}	118.00^{de}	121.00D
PME	0.50	8.05^{efg}	8.12^{cd}	8.09B	125.00^{bc}	120.00^{cd}	122.00B	144.00^{ab}	136.00^{bcd}	140.00AB
	1.00	8.03^{gh}	8.12^{cd}	8.08B	112.00^{de}	106.00^{ef}	109.00C	137.00^{bcd}	130.00^{bcde}	133.00BC
میانگین Mean		8.03B	8.12A		119.00A	109.00B		140.00A	131.00B	

حروف متفاوت برای هر ویژگی نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد، EDTA و CA (اسید سیتریک) بر حسب (میلی‌مول بر کیلوگرم)، PME (عصاره کود مرغی) بر حسب (گرم بر کیلوگرم)، .Con: Concenteration، R: Rhizosphere، B: Bulk.

Different letters show significant differences at the 0.05 probability level for each treatment, EDTA and citric acid (mmol kg^{-1}), PME ($g\ kg^{-1}$), Concenteration, Rhizosphere, Bulk.

در هر دو خاک در توده خاک در کشت ذرت، همبستگی معنی‌داری (P≤۰/۰۵) بین MBC و DOC (r=۰/۹۶) به‌دست آمد. بین MBC و DOC با pH همبستگی معنی‌داری وجود نداشت. در خاک ریزوسفری، همبستگی بین MBC و DOC (r=۰/۹۳) معنی‌دار بود. همچنین، بین MBC وDOC با pH همبستگی معنی‌داری وجود نداشت (جدول همبستگی نشان داده نشده است).

در خاک ریزوسفری خاک لوم شنی pH در دامنه ۸/۰۳ تا ۸/۰۵ DOC در دامنه ۲۹ تا ۹۶ میلی‌گرم کربن در لیتر و MBC در دامنه ۵۹ تا ۱۳۷ میلی‌گرم کربن در کیلوگرم متغیر بود. در حالی‌که در توده خاک pH در دامنه ۸/۰۸ تا ۸/۳۱ DOC در دامنه ۲۴ تا ۷۷ میلی‌گرم کربن در لیتر و MBC در دامنه ۵۶ تا ۱۱۵ میلی‌گرم کربن در کیلوگرم متغیر بود. در خاک ریزوسفری خاک لوم رسی pH در دامنه ۸/۰۱ تا ۸/۰۵ DOC در دامنه ۸۵ تا ۱۵۲ میلی‌گرم کربن در لیتر و MBC در دامنه ۱۲۴ تا ۱۵۵ میلی‌گرم کربن در کیلوگرم متغیر بود. در حالی‌که در توده خاک pH در دامنه ۸/۱۰ تا ۸/۱۹ DOC در دامنه ۸۰ تا ۱۳۳ میلی‌گرم کربن در لیتر و MBC در دامنه ۱۱۶ تا ۱۴۳ میلی‌گرم کربن در کیلوگرم متغیر بود.

در ریزوسفر کربن آلی به‌دلیل وجود ترشحات ریشه افزایش می‌یابد که این پدیده نهایتاً منجر به افزایش MBC می‌شود. ریشه گیاهان مقدار قابل‌ملاحظه‌ای از ترکیبات آلی قابل حل در آب شامل قندها، اسیدهای آلی و آمینواسیدها و همچنین ترکیبات غیرقابل حل در آب مانند موسیلاژها را در خاک آزاد می‌کنند.

www.SID.ir

Archive of SID

ریزجانداران خاک تعدادی از این ترکیبات را آزادانه تجزیه می‌کنند، تجزیه مستمر این مواد توسط ریزجانداران منجر به افزایش غلظت مواد آلی در خاک ریزوسفری نسبت به توده خاک می‌شود (۱۹). افزایش کربن بیوماس میکروبی در ریزوسفر در نتیجه تأمین مقادیر زیاد کربن آلی به‌وسیله ریشه گیاه و خاک اتفاق می‌افتد. کیم و همکاران (۲۰۱۰) همبستگی معنی‌داری بین کربن آلی محلول و جمعیت باکتریایی در خاک‌های ریزوسفری گزارش کردند. همچنین مشاهده کردند جمعیت باکتریایی در خاک‌های ریزوسفری بیش‌تر از خاک‌های توده بود. آن‌ها نتیجه گرفتند که افزایش کربن آلی محلول در خاک‌های ریزوسفری به‌دلیل ترشحات ریشه گیاه و جمعیت میکروبی بود (۱۲). لی و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه ریزوسفر گیاه لوبیا مشاهده کردند که pH در ریزوسفر ۱/٦٦ واحد نسبت به خاک کشت نشده (شاهد) کاهش یافت (۱۵).

مقادیر روی قابل استفاده در خاک‌های ریزوسفری و توده در جدول ٤ نشان داده شده است. مقادیر متفاوتی از روی توسط عصاره‌گیرها از خاک لوم شنی و لوم رسی استخراج شد که نشان‌دهنده مکانیسم متفاوت عصاره‌گیرها در استخراج این عنصر است (جدول ٤). در خاک لوم شنی مقادیر روی استخراج‌شده توسط عصاره‌گیرهای مهلیچ ۳، AB-DTPA و DTPA-TEA در خاک‌های تیمارشده با اسید سیتریک و EDTA در مقایسه با خاک شاهد افزایش یافت (جدول ٤). مقادیر روی استخراج‌شده توسط روش بر پایه ریزوسفر در خاک‌های تیمارشده با EDTA در مقایسه با خاک شاهد افزایش یافت (جدول ٤). روی عصاره‌گیری‌شده با روش بر پایه ریزوسفر فقط زمانی که کلات‌کننده EDTA به خاک اضافه شده بود قرائت شد و در عصاره‌هایی که کلات‌کننده‌های اسید سیتریک و عصاره کود مرغی به خاک اضافه شده بود در محدوده تشخیص دستگاه جذب اتمی نبود. با افزایش غلظت کلات‌کننده‌ها قابلیت استفاده روی بیش‌تر شده است. علت تغییر در قابلیت استفاده روی در خاک به تغییر در اجزاء فلز در خاک برمی‌گردد. در خاک لوم رسی اسید سیتریک و EDTA بر مقادیر روی عصاره‌گیری‌شده به روش‌های مختلف تأثیر معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۵$) داشتند. مقادیر روی استخراج‌شده توسط عصاره‌گیرهای مختلف در خاک‌های تیمارشده با اسید سیتریک و EDTA در مقایسه با خاک شاهد افزایش یافت (جدول ٤).

نتایج جدول ٤ نشان داد که روی عصاره‌گیری‌شده با عصاره‌گیرهای شیمیایی در خاک ریزوسفری به‌صورت معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۵$) کم‌تر از توده خاک بود (جدول ٤). ترتیب روی استخراج‌شده توسط عصاره‌گیرها به‌صورت مهلیچ ۳> AB-DTPA > DTPA-TEA << روش بر پایه ریزوسفر بود.

کاربرد EDTA در خاک منجر به افزایش قابلیت استفاده فلزات سنگین شد (۵ و ۲۳). روی در خاک دارای اجزای متفاوتی است که بر قابلیت استفاده آن در ناحیه ریزوسفر تأثیر می‌گذارند. متفاوت بودن ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی ریزوسفر در مقایسه با توده خاک به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای بر حلالیت و قابلیت استفاده آن تأثیرگذار است (۳۰). بر اساس نتایج هینسینگر (۱۹۹۸)، بخش قابل‌استفاده فلزات سنگین معمولاً در محیط ریزوسفر نسبت به توده خاک کم‌تر است، به‌صورتی‌که حتی در مواردی محیط ریزوسفر را به‌عنوان محیطی خالی از عنصر قابل‌استفاده گیاه ذکر می‌کنند (۸). کاهش مقدار روی قابل استفاده در محیط ریزوسفر نسبت به توده خاک می‌تواند به‌دلیل جذب روی توسط گیاه و جامعه میکروبی موجود در محیط ریزوسفری باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- مقادیر روی عصاره‌گیری‌شده (میلی‌گرم در کیلوگرم) با عصاره‌گیرهای مختلف در خاک‌های ریزوسفری و توده در کشت ذرت.

Table 4. Amounts of Zn exteracted (mg kg^{-1}) by various extractants in the rhizosphere and bulk soils in the cultivation of corn.

میانگین Mean	روش بر پایه ریزوسفر (R-bm) B	روش بر پایه ریزوسفر (R-bm) R	میانگین Mean	Mehlich3 B	Mehlich3 R	میانگین Mean	AB-DTPA B	AB-DTPA R	میانگین Mean	DTPA-TEA B	DTPA-TEA R	غلظت Con.	کلات Chelate
خاک لومی شنی (S L)													
	ND	ND	51.79 D	53.23^{hi}	50.36^{ij}	14.56 E	15.35^{hi}	13.77^{i}	10.19 C	11.38^{l}	9.00^{n}	0.00	EDTA
10.23 A	10.90^{ab}	9.56^{c}	61.71 C	68.46^{fg}	54.96^{hi}	21.07 B	22.74^{e}	19.40^{g}	14.96 B	15.90^{i}	14.03^{j}	0.50	
10.81 A	11.58^{a}	10.05^{bc}	71.91 A	74.23^{bcdef}	69.60^{fg}	25.27 A	27.04^{d}	23.49^{e}	18.87 A	20.26^{ef}	17.04^{h}	1.00	
	ND	ND	64.33 BC	70.53^{efg}	58.13^{h}	17.59 D	19.30^{d}	15.88^{hi}	15.36 B	16.08^{i}	13.94^{jk}	0.50	CA
	ND	ND	72.40 A	75.00^{bcdef}	69.80^{fg}	19.52 C	20.46^{f}	18.39^{gh}	15.50 B	16.03^{i}	14.96^{ij}	1.00	
	ND	ND	68.00 AB	70.70^{efg}	65.30^{g}	12.02 F	12.44^{ij}	11.61^{j}	15.58 B	16.21^{hi}	14.96^{ij}	0.50	PME
	ND	ND	24.33 D	49.36^{ij}	46.64^{j}	12.53 F	13.04^{i}	12.03^{j}	10.90 C	11.45^{l}	10.35^{m}	1.00	
	11.24 A	9.80 B		65.93 A	59.25 B		18.32 A	16.36 B		15.33 A	13.53 B		میانگین (Mean)
میانگین Mean	روش بر پایه ریزوسفر B	روش بر پایه ریزوسفر R	میانگین Mean	Mehlich3 B	Mehlich3 R	میانگین Mean	AB-DTPA B	AB-DTPA R	میانگین Mean	DTPA-TEA B	DTPA-TEA R		
خاک لومی رسی (C L)													
0.65 E	0.96^{k}	0.64^{k}	69.35 C	70.23^{efg}	68.46^{fg}	23.81 D	24.06^{e}	23.57^{e}	18.53 C	18.78^{fgh}	18.29^{gh}	0.00	
4.96 B	5.20^{ef}	4.72^{fg}	77.05 B	78.60^{abc}	75.50^{bcdef}	30.22 B	31.47^{abc}	28.98^{d}	23.36 B	24.24^{bc}	22.49^{cd}	0.50	EDTA
6.61 A	7.00^{d}	6.22^{de}	80.13 A	81.46^{a}	78.80^{abc}	32.40 A	33.26^{a}	31.54^{abc}	26.58 A	27.35^{a}	25.81^{ab}	1.00	
1.90 D	2.34^{hij}	1.45^{jk}	76.01 B	77.90^{abcd}	74.13^{bcdef}	29.82 B	30.63^{cd}	29.00^{d}	18.70 C	17.66^{h}	19.74^{efg}	0.50	CA
3.18 C	3.65^{gh}	2.80^{hi}	78.11 AB	79.40^{ab}	76.83^{bcde}	32.12 A	32.90^{ab}	31.33^{bc}	22.31 B	23.31^{c}	21.31^{de}	1.00	
0.93 E	0.98^{k}	0.88^{k}	71.43 C	72.06^{cdefg}	70.80^{efg}	24.05 CD	24.26^{e}	23.84^{e}	19.00 C	19.06^{fgh}	18.94^{fgh}	0.50	PME
0.80 E	0.72^{k}	0.57^{k}	70.36 C	71.10^{defg}	69.63^{f}	25.11 C	25.28^{e}	24.95^{e}	18.72 C	18.92^{fgh}	18.51^{gh}	1.00	
	2.52 A	2.06 B		74.58 A	72.34 B		27.77 A	26.70 B		21.36 A	20.72 A		میانگین (Mean)

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میانگین هر عصاره‌گیر در سطح احتمال ۵ درصد، EDTA و اسید سیتریک (CA) بر حسب (میلی‌مول بر کیلوگرم)، عصاره کود مرغی (PME) بر حسب (گرم بر کیلوگرم)، R: ریزوسفر، B: توده، روش بر پایه ریزوسفر، خاک لوم شنی، خاک لوم رسی، ND: در محدوده تشخیص دستگاه جذب اتمی نبود.

Different letters show significant differences at the 0.05 probability level for each treatment, EDTA and citric acid (mmol kg^{-1}), PME (g kg^{-1}), Concenteration, Rhizosphere, Bulk. Rhizo-based method (R-bm), Sandy loam soil, Clay loam soil, ND: not detected by atomic absorption.

www.SID.ir

Archive of SID

در توده خاک لوم شنی در کشت ذرت، روی عصاره‌گیری‌شده با روش‌های مهلیچ ۳، AB-DTPA، DTPA-TEA و روش بر پایه ریزوسفر به‌ترتیب در دامنه ٤٩/٣٦ تا٧٥/٠٠، ١١/٣٨ تا ٢٠/٢٦، ١٢/٤٤ تا ٢٧/٠٤ و١٠/٩٠ تا ١١/٥٨ میلی‌گرم در کیلوگرم بود در حالی‌که، در خاک ریزوسفری در کشت ذرت، روی عصاره‌گیری‌شده با روش‌های ذکرشده به‌ترتیب در دامنه ٤٦/٦٤ تا٦٩/٨٠، ٩/٠ تا ١٧/٤٩، ١١/٦١ تا٢٣/٤٩ و ٩/٥٦ تا ١٠/٠٥ میلی‌گرم در کیلوگرم بود (جدول ٤). در توده خاک لوم رسی در کشت ذرت، روی عصاره‌گیری‌شده با روش‌های مهلیچ ۳، AB-DTPA، DTPA-TEA و روش بر پایه ریزوسفر به‌ترتیب در دامنه ٧٠/٢٣ تا ٨١/٤٦، ٢٤/٠٦ تا ٣٣/٢٦، ١٨/٧٨ تا ٢٧/٣٥ و ٠/٧٢ تا ٧/٠٠ میلی‌گرم در کیلوگرم بود در حالی‌که، در خاک ریزوسفری در کشت ذرت، روی عصاره‌گیری‌شده با روش‌های ذکرشده به‌ترتیب در دامنه ٦٨/٤٦ تا ٧٨/٨٠، ٢٣/٥٧ تا ٣١/٥٤، ١٨/٢٩ تا ٢٥/٨١ و ٠/٥٧ تا ٦/٢٢ میلی‌گرم در کیلوگرم بود (جدول ٤).

نتایج جدول ٤ نشان داد که در خاک لوم شنی غلظت ١ میلی‌مول بر کیلوگرم اسید سیتریک و در خاک لوم رسی غلظت ١ میلی‌مول بر کیلوگرم EDTA بهترین عملکرد را در افزایش قابلیت استفاده روی داشت. از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری بین هر دو غلظت PME در قابلیت استفاده روی وجود نداشت. در نتیجه کاربرد کلات‌کننده‌های طبیعی بخش آلی و فلزات پیوندشده با مواد آلی در خاک افزایش می‌یابد. کاهش مقدار روی قابل استفاده می‌تواند به‌دلیل افزایش جذب روی توسط بخش آلی و افزایش پیوندهای آلی باشد.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد میانگین روی عصاره‌گیری‌شده با DTPA-TEA، AB-DTPA و مهلیچ ۳ به‌صورت معنی‌داری ($P\leq$٠/٠٥) در خاک لوم رسی بیش‌تر از خاک لوم شنی در کشت ذرت بود. میانگین روی عصاره‌گیری‌شده با روش بر پایه ریزوسفر به‌صورت معنی‌داری ($P\leq$٠/٠٥) در خاک لوم شنی بیش‌تر از خاک لوم رسی در کشت ذرت بود.

میانگین روی عصاره‌گیری‌شده با روش مهلیچ ۳ در خاک لوم شنی برای ریزوسفر ٥٠/٣٦ و در توده خاک ٥٣/٢٣ میلی‌گرم در کیلوگرم بود، در حالی‌که در خاک لوم رسی برای ریزوسفر ٦٨/٤٦ و در توده خاک ٧٠/٢٣ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. کاربرد ١ میلی‌مول بر کیلوگرم اسید سیتریک در خاک لوم شنی منجر به افزایش ١/٤ برابری قابلیت استفاده روی در توده خاک و ١/٣٨ برابری در ریزوسفر نسبت به خاک شاهد شد. در نتیجه کاربرد ١ میلی‌مول بر کیلوگرم EDTA در خاک لوم رسی قابلیت استفاده روی در توده خاک ١/١٦ برابر و در ریزوسفر ١/١٥ برابر نسبت به خاک شاهد افزایش یافت. در نتیجه کاربرد کلات‌کننده‌ها افزایش قابلیت استفاده روی در خاک لوم رسی بیش‌تر از خاک لوم شنی بود. کارایی کم‌تر EDTA در خاک لوم شنی برای افزایش قابلیت استفاده روی نسبت به خاک لوم رسی ممکن است به‌دلیل بزرگ‌تر بودن نسبت سیلت/ رس در این خاک باشد (٢٥). بر اساس نتایج سیف‌الله و همکاران (٢٠١٠) خاک‌های سنگین‌بافت توانایی بیش‌تری برای نگه‌داری فلزات نسبت به خاک سبک‌بافت دارند (٢٥).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- ضرایب همبستگی (r) بین مقادیر روی عصاره‌گیری‌شده با عصاره‌گیرهای مختلف با شاخص‌های ذرت.

Table 5. Correlations (r) between amounts of Zn exteracted by various extractants with corn indices.

روش بر پایه ریزوسفر Rhizo-based method	مهلیچ ۳ Mehlich3	AB-DTPA	DTPA-TEA	شاخص Indicator	بخش Portion
		خاک ریزوسفری Rhizosphere soil			
0.87*	-0.27ns	-0.35ns	0.33ns	غلظت Concenteration	اندام هوایی Shoot
-0.71*	-0.27ns	-0.24ns	-0.71*	وزن خشک Dry weitgh	
0.53ns	-0.54ns	-0.61ns	-0.12ns	جذب Uptake	
0.87*	0.54ns	-0.67*	0.10ns	غلظت Concenteration	ریشه Root
0.24ns	-0.27ns	-0.73*	-0.47ns	وزن خشک Dry weitgh	
0.77*	-0.61ns	0.69ns	-0.04ns	جذب Uptake	
		خاک توده Bulk soil			
0.87*	0.01ns	-0.28ns	0.50ns	غلظت Concenteration	اندام هوایی Shoot
-0.63*	-0.47ns	-0.32ns	-0.80*	وزن خشک Dry weitgh	
0.52ns	-0.33ns	-0.57ns	0.01ns	جذب Uptake	
0.86*	-0.29ns	-0.61ns	0.41ns	غلظت Concenteration	ریشه Root
-0.24ns	-0.24ns	-0.31ns	-0.50ns	وزن خشک Dry weitgh	
0.76*	-0.34ns	-0.68*	0.24ns	جذب Uptake	

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ns غیرمعنی‌دار.

* Significant at the 0.05 probability level and ns Not significant.

ضرایب همبستگی (r) بین مقادیر روی عصاره‌گیری‌شده با عصاره‌گیرهای شیمیایی با شاخص‌های ذرت (شاخص‌های ذرت نشان داده نشده است) در جدول ۵ نشان داده شده است. در هر دو خاک در توده خاک، همبستگی معنی‌داری (P≤۰/۰۵) بین غلظت سرب بخش هوایی با روی عصاره‌گیری‌شده با روش بر پایه ریزوسفر (r=۰/۸۸) وجود داشت. بین وزن خشک بخش هوایی با روی

www.SID.ir

Archive of SID

عصاره‌گیری‌شده با DTPA-TEA همبستگی منفی و معنی‌دار (r= -۰/۸۰) و بین روی عصاره‌گیری‌شده با روش بر پایه ریزوسفر با وزن خشک بخش هوایی همبستگی منفی و معنی‌دار (r= -۰/٦۳) به‌دست آمد. همبستگی بین غلظت روی ریشه با روی عصاره‌گیری‌شده با روش بر پایه ریزوسفر (r=۰/۸٦) معنی‌دار بود. همبستگی منفی و معنی‌داری بین جذب سرب ریشه با روی عصاره‌گیری‌شده با AB-DTPA و روش بر پایه ریزوسفر (r= -۰/۷۱) به‌دست آمد. در خاک‌های ریزوسفری همبستگی معنی‌داری بین غلظت سرب بخش هوایی با روی عصاره‌گیری‌شده با روش بر پایه ریزوسفر (r=۰/۸۷) وجود داشت. بین وزن خشک بخش هوایی با روی عصاره‌گیری‌شده با DTPA-TEA و روش بر پایه ریزوسفر (r= -۰/۷۱) همبستگی منفی و معنی‌داری به‌دست آمد. همبستگی بین غلظت روی ریشه با روی عصاره‌گیری‌شده با AB-DTPA (r=-۰/٦۷) و روی عصاره‌گیری‌شده با روش بر پایه ریزوسفر (r=۰/۸۷) معنی‌دار بود. همبستگی منفی و معنی‌داری بین وزن خشک ریشه با روی عصاره‌گیری‌شده با AB-DTPA (r= -۰/۷۳) به‌دست آمد. جذب روی ریشه همبستگی معنی‌داری با روی عصاره‌گیری‌شده با روش بر پایه ریزوسفر (r=۰/۷۷) داشت.

فنگ و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند روش‌های عصاره‌گیری حاوی کلات‌کننده‌ها توانایی عصاره‌گیری روی قابل استفاده را دارند. DTPA-TEA، عصاره‌گیر مناسب روی در خاک‌های آهکی و EDTA عصاره‌گیر مناسب روی در خاک‌های اسیدی برای تعیین مقدار قابل‌استفاده این عنصر در گیاه گندم بود (٦).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد در هر دو خاک میانگین MBC و DOC در خاک ریزوسفری به‌صورت معنی‌داری (P≤۰/۰۵) بیش‌تر از توده خاک بود. میانگین pH در خاک ریزوسفری ذرت کاهش معنی‌داری (P≤۰/۰۵) نسبت به توده خاک داشت. در نتیجه کاربرد کلات‌کننده‌ها قابلیت استفاده روی در خاک لوم رسی بیش‌تر از خاک لوم شنی بود. در خاک لوم شنی اسید سیتریک و در خاک لوم رسی EDTA در افزایش قابلیت استفاده روی از کلات‌کننده‌های دیگر مؤثرتر بودند. استفاده زیاد از حد کلات‌کننده‌ها می‌تواند باعث قابلیت استفاده بیش‌تر روی در خاک شود بدون این‌که جذب گیاه را افزایش دهد. در نتیجه لازم است با توجه به نوع خاک، نوع کلات‌کننده، تأثیر کلات‌کننده بر قابلیت استفاده فلز بعد از کاربرد آن غلظت مناسبی از کلات‌کننده انتخاب شود.

منابع

1.Campbell, C.R., and Plank, C.O. 1998. Preparation of plant tissue for laboratory analysis. P 37-50, In: Y.P. Kalra (ed), Handbook of reference methods for plant analysis, CRC Press, Taylor and Francis Group.

2.Chen, Y., Li, X., and Shen, Z. 2004. Leaching and uptake of heavy metals by ten differentspecies of plants during an EDTA-assisted phytoextraction process. Chemosphere. 57: 187-196.

3.Corre, M.D., Schnabel, R.R., and Shaffer, J.A. 1999. Evaluation of soil organic carbon under forests, cool-season and warm-season grasses in the northeastern US. Soil Biology and Biochemistry. 31: 1531-1539.

4.Dessureault-Rompre, J., Nowack, B., Schulin, R., Tercier-Waeber, M.L., and Luster, J. 2008. Metal solubility and speciation in the rhizosphere of *Lupinus albus* cluster roots. Environmental Science and Technology. 42: 7146-7151.

www.SID.ir

Archive of SID

5.Evangelou, M.W.H., Bauer, U., Ebel, M., and Schaeffer, A. 2007. The influence of EDDS and EDTA on the uptake of heavy metals of Cd and Cu from soil with *tobacco nicotiana tabacum*. Chemosphere. 68: 345-353.

6.Feng, M.H., Shan, X.Q., Zhang, S., and Wen, B. 2005. A comparison of the rhizosphere-based method with DTPA, EDTA, $CaCl_2$ and $NaNO_3$ extraction methods for prediction of bioavailability of metals in soil to barley. Environmental Pollution. 137: 231-240.

7.Gee, G.H., and Bauder, J.W. 1986. Partial size analysis. P 383-411, In: A. Klute (ed), Methods of soil analysis, Part 2: Physical properties. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.

8.Hinsinger, P. 1998. How do plant roots acquire mineral nutrients? Chemical processes involved in the rhizosphere. Advances in Agronomy. 64: 225-265.

9.Jenkinson, D.S., and Powlson, D.S. 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. I. Fumigation with chloroform. Soil Biology and Biochemistry. 8: 209-213.

10.Kabata-Pendias, A., and Pendias, H. 2001. Trace element in soils and plants. 3rd ed. CRC Press, Boca Raton, FL, 413p.

11.Karczewska, A., Orlow, K., Kabala, C., Szopka, K., and Galka, B. 2011. Effects of chelating compounds on mobilization and phytoextraction of copper and lead in contaminated soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 42: 1379-1389.

12.Kim K.R., Owens G., and Kwon S.I. 2010. Influence of Indian mustard (*Brassica juncea*) on rhizosphere soil solution chemistry in long-term contaminated soils: A rhizobox study. J. Environ. Sci. 22: 1. 98-105.

13.Lai, H.Y., and Chen, Z.S. 2005. The EDTA effect on phytoextraction of single and combined metals-contaminated soils using rainbow pink (*Dianthus chinensis*). Chemosphere. 60: 1062-1071.

14.Lesage, E., Meers, E., Vervaeke, P., Lamsal, S., Hopgood, M., Tack, F.M.G., and Verloo, M.G. 2005. Enhanced phytoextraction: II. Effect of EDTA and citric acid on heavy metal uptake by *Helianthus annuus* from a calcareous soil. Inter. J. Phytoremed. 7: 2. 143-152.

15.Li, H., Shen, J., Zhang, F.M., Clairotte, J.J., LeCadre, E., and Hinsinger, P. 2008. Dynamics of phosphorus fractions in the rhizosphere of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and durum wheat (*Triticum turgidum durum* L.) grown in monocropping and intercropping systems. Plant and Soil. 312: 139-150.

16.Li, Z., and Shuman, L.M. 1997. Mobility of Zn, Cd and Pb in soils as affected by poultry litter extract- I. leaching in soil columns. Environmental Pollution. 95: 219-226.

17.Lindsay, W.L., and Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Amer. J. 42: 421-428.

18.Loeppert, R.H., and Sparks, D.L. 1996. Carbonate and gypsum. P 437-474, In: D.L. Sparks (ed), Methods of soil analysis. Part 3: Chemical properties. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.

19.Lombi, E., Wenzel, W.W., Gobran, G.R., and Adriano, D.C. 2001. Dependency of phytoavailability of metals on indigenous and induced rhizosphere processes: a review. P 3-24, In: G.R. Gobran,W.W. Wenzel and E. Lombi (eds), Trace elements in the rhizosphere, CRC Press LLC.

20.Mehlich, A. 1984. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 15: 1409-1416.

21.Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. P 961-1010, In: D.L. Sparks (ed), Methods of soil analysis. Part 3: Chemical properties. Soil Science Society of America, Madison. Wisconsin.

22.Perez – esteban, J., Escolastico, C., Masaguerb, A., and Moliner, A. 2012. Effects of sheep and horse manure and pine bark amendments on metal distribution and chemical properties of contaminated mine soils. Europ. J. Soil Sci. 63: 733-742.

www.SID.ir

Archive of SID

23.Petra, K., Juan, B., Pilar Bernal, M., Flavia, N., Charlotte, P., Stefan, S., Rafael, C., and Carmela, M. 2009. Trace element behaviour at the root–soil interface. Implications in phytoremediation. Environmental and Experimental Botany. 67: 243-259.
24.Safari Singani, A.A., and Ahmadi, P. 2012. Manure application and cannabis cultivation influence on speciation of lead and cadmium by selective sequential extraction. Soil Sedimentary Contamination. 21: 305-321.
25.Saifullah Zia, M.H., Meers, E., Ghafoor, A., Murtaza, G., Sabir, M., Zia-ur-Rehman, M., and Tack, F.M.G. 2010. Chemically enhanced phytoextraction of Pb by wheat in texturally different soils. Chemosphere. 79: 652-658.
26.Soltanpour, P.N., and Schwab, A.P. 1977. A new soil test for simultaneous extraction of macro- and micro-nutrients in alkaline soils. Communication in Soil Science and Plant Analysis. 8: 195-207.
27.Sposito, G., Lund, L.J., and Chang, A. 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. Amer. J. 46: 260-264.
28.Tembo, B.D., Sichilongo, K., and Cernak, J. 2006. Distribution of copper, lead, cadmium and zinc concentrations in soils around Kabwe town in Zambia. Chemosphere. 63: 497-501.
29.Udovic, M., and Lestan, D. 2009. Pb, Zn and Cd mobility, availability and fractionation in aged soil remediated by EDTA leaching. Chemosphere. 74: 1367-1373.
30.Wang, Z., Shan, X.Q., and Zhang, S. 2002. Comparison between fractionation and bioavailability of trace elements in rhizosphere and bulk soils. Chemosphere. 46: 1163-1171.

www.SID.ir

Archive of SID

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 25(2), 2018
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2018.14502.2930

Availability of zinc in the rhizosphere of corn in two contaminated soils with different texture treated with chelators

***M. Rahmanian[1] and A.R. Hosseinpour[2]**
[1]Assistant Prof., Dept. of Soil Science Engineering, University of Yasouj,
[2]Professsor, Dept. of Soil Science Engineering, University of Shahrekord
Received: 12.31.2017; Accepted: 04.22.2018

Abstract

Background and Objectives: Rhizosphere processes have a major impact on zinc (Zn) availability in soils.The chemical and biological characteristics of the rhizosphere soils can be very different from those of the bulk soils. In the peresent study, the effects of EDTA, citric acid and poultry manure extract (PME) were investigated on availability of Zn in the rhizosphere of corn (hybrid (KSC.704)) in two contaminated soils with different texturs.

Materials and Methods: This research was done as factoriel in a completely randomized design with three replications in greenhouse condition and citric acid and EDTA were used at concentrations level 0, 0.5 and 1 mmol kg^{-1} soil and poultry manure extract at concentrations level 0, 0.5 and 1 g kg^{-1} soil to rhizoboxes. Three seeds of corn were plant in the rhizobox and after 10 weeks, plants were harvested and rhizosphere and bulk soils were separated. pH, dissolved organic carbon (DOC), microbial biomass carbon (MBC) and available Zn were determined in the rhizosphere and bulk soils by using four chemical procedures including DTPA-TEA, AB-DTPA, Mehlich3 and rhizosphere-based methods.

Results: In both soils, the results indicated that DOC and MBC in the rhizosphere were significantly ($P<0.05$) increased, while, pH in the rhizosphere was significantly ($P<0.05$) decreased compared to bulk soils. In both soils, Zn extracted by different methods in the rhizosphere were significantly ($P<0.05$) lower than those in the bulk soils. The amount of exteracted Zn with extractants ranged from 9.00 to 75.00 mg kg^{-1} in sandy loam soil and 0.78 to 75.00 mg kg^{-1} in clay loam soil. The maximum amount of Zn was exteracted by mehlich3 and the least amount of Zn exteracted by rhizosphere based method. The available Zn increased a long with addition of chelators to soil.

Conclusion: The results of this study showed that in sandy loam soil, the maximum amount of Zn was obtained in the citric acid treatment (1 mmol kg^{-1}) and the least amount in control condition, while, in clay loam soil, the maximum amount of Zn was noticed in the EDTA treatment (1 mmol kg^{-1}) and the least amount in the PME treatment (1 g kg^{-1}). The mean of Zn extracted by DTPA-TEA, AB-DTPA, Mehlich3, in clay loam soil was significantly ($P<0.05$) higher than those in sandy loam soil. The mean of Zn extracted by rhizosphere-based method in sandy loam soil was significantly ($P<0.05$) lower than those in clay loam soil.

Keywords: Chelator, Availability, Rhizosphere, Sandy loam soil, Clay loam soil

* Corresponding Author; Email: m.rahmanian10@yahoo.com

www.SID.ir