نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۶، ص. ۱۱۹۹-۱۱۸۷

Journal of Water and Soil
Vol. 31, No. 4, Sept.-Oct. 2017, p. 1187-1199

اثر برهمکنش آهن و سرب بر کاهش قابلیت دسترسی سرب توسط گیاه ذرت در یک خاک آلوده به سرب

نرگس تبرته فراهانی[۱] – امیر حسین بقائی[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۲۲

چکیده

هدف این تحقیق بررسی اثر کود گاوی غنی‌شده با لجن کنورتور بر مقدار جذب سرب توسط گیاه ذرت در یک خاک آلوده به سرب بود. تیمارهای آزمایشی شامل کاربرد مقادیر ۰، ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی غنی شده با لجن کنورتور (به میزان ۰ و ۵ درصد وزنی آهن خالص) و همچنین خاک تیمار شده با مقادیر ۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و۴۰۰ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک از منبع نیترات سرب می‌باشد. سپس کود گاوی غنی شده به خاک آلوده به سرب اضافه و بذر ذرت (سینگل کراس ۷۰۴) کاشته شد. بعد از گذشت ۶۰ روز از شروع آزمایش، ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی خاک و غلظت سرب در خاک و گیاه ذرت اندازه‌گیری شد. کاربرد کود گاوی غنی شده با لجن کنورتور تاثیر معنی‌داری بر کاهش غلظت سرب ریشه و شاخساره گیاه داشت، به صورتی که کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود گاوی غنی شده در خاک آلوده به ۳۰۰ میلی‌گرم سرب به ترتیب باعث کاهش ۲ و ۱/۵ برابری در غلظت سرب ریشه و شاخساره گیاه شد. نتایج کلی این تحقیق حاکی از آن است که کاربرد کود گاوی غنی شده با ۵ درصد آهن خالص از ترکیب لجن کنورتور احتمالاً توانسته است باعث کاهش قابلیت دسترسی سرب در خاک و گیاه شود که در این‌جا می‌توان به نقش بخش معدنی و آلی کود گاوی در کاهش قابلیت دسترسی به سرب اشاره کرد، هر چند که نقش اثر برهمکنش سرب و آهن در کاهش جذب سرب به وسیله گیاه نبایستی نادیده گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: آلودگی، غنی‌سازی، فلزات سنگین، کود گاوی، لجن کنورتور

مقدمه

یکی از نگرانی‌های عمده زیست محیطی، آلوده شدن هوا، آب و خاک های کشاورزی به فلزات سنگین می‌باشد که با ورود آن‌ها به زنجیره غذایی، سلامتی انسان و سایر موجودات تحت تاثیر قرار می‌گیرد. در بین آلاینده‌های فلزات سنگین، سرب به دلیل گستردگی بیش‌تر و نیز اثراتی که می‌تواند بر سلامتی انسان و محیط زیست داشته باشد، به عنوان یکی از نگرانی‌های اصلی به شمار می‌رود. این فلز می تواند از طریق منابع مختلفی نظیر معادن و ذوب سنگ‌های معدن حاوی سرب، سوزاندن ذغال سنگ، پساب حاصل از مخازن صنایعی نظیر باتری‌سازی، اگزوز اتومبیل‌ها، آبکاری فلز و نهایتاً کاربرد کودها، آفت‌کش‌ها وارد محیط زیست شود.

امروزه آلودگی ناشی از فلزات سنگین خصوصاً در مناطق صنعتی به یک مشکل جهانی تبدیل شده است. در اراضی کشاورزی کاربرد علف‌کشها، خروجی صنایع آلوده کننده و کودهای آلی از جمله لجن فاضلاب از مهمترین منابع آلوده کننده اراضی است (۱۵).

سرب از جمله آلاینده‌های مهم در محیط زیست است که سمیت بالایی داشته و در عین حال می‌تواند در گیاهان انباشته شود. اثر منفی سرب روی رشد گیاه از طریق کاهش جذب و انتقال عناصر غذایی مانند آهن، منگنز و روی از طریق ممانعت از ورود یا تشکیل پیوند با ناقلین این عناصر، موجب عدم فراهمی برای جذب و انتقال آن ها از ریشه به برگ‌ها می‌شود. تجمع بیش از اندازه‌ی فلزات سنگین در بیشتر گیاهان، موجب بروز سمیت در گیاه می‌شود که در صورت زیاد بودن غلظت یون‌های فلزات سنگین در محیط رشد، از ریشه به اندام هوایی منتقل می‌شود که کاهش رشد و صدمات متابولیسمی گیاه را در پی دارد (۱۱)، به طوری که غلظت زیاد آن‌ها در سطح مورفولوژیکی، کاهش زیست توده، ممانعت از جوانه‌زنی، القای کلروز و نکروز برگ، تغییر رنگ و چوبی شدن ریشه (۱۲) و کاهش حجم ریشه را (۲۰) در پی دارد و نیز در سطح سلولی موجب تغییر اندازه و شکل کلروپلاست، افزایش اندازه‌ی واکوئل و افزایش پراکسیداسیون لیپیدها می‌شود؛ همچنین در سطح فیزیولوژیکی، اختلال در عملکرد روزنه ها را سبب می‌شود و بر مقدار نیترات، تعادل آبی سلول‌ها، فتوسنتز و تنفس تأثیر

۱ و ۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد و استادیار گروه خاکشناسی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران
(*- نویسنده مسئول: (E-mail: a-baghaie@iau-arak.ac.ir
DOI: 10.22067/jsw.v31i4.59049

Archive of SID
www.SID.ir

می‌گذارد (۱۳).

از سویی دیگر مدیریت حاصلخیزی خاک به دلیل کمبود مواد آلی در مناطق آهکی و خشک و نیمه خشک مرکزی کشور و پائین بودن قابلیت دسترسی عناصر غذایی از قبیل آهن (۳۱) امری ضروری به نظر می‌رسد. در این میان استفاده از کودهای آلی با بهبود بخشیدن ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌توانند قابلیت دسترسی عناصر غذایی در خاک را تحت تاثیر قرار دهند (۳)، هر چند که در بعضی مواقع این کودهای آلی فقیر از آهن می‌باشند (۱۹). با توجه به تغییر رویکرد کاربرد کودهای شیمیایی به سمت کودهای آلی، امروزه غنی‌سازی کودها جهت تامین عناصر غذایی مورد نیاز از جمله آهن در بسیاری مواقع ضروری است، هر چند در بسیاری مواقع موفقیت در امر اصلاح یا جلوگیری از کمبود عناصر غذایی در گیاهان از طریق فعالیتهای مدیریتی خاک دارای محدودیتهای زیادی می‌باشد.

غنی‌سازی کودهای آلی توسط ترکیبات معدنی از قبیل سرباره و لجن کنورتور احتمالاً می‌تواند باعث کلاته شدن و افزایش حلالیت آهن در اثر واکنش با مواد آلی شود (۱۹)، هر چند که ویژگی‌های فیزیکو- شیمیایی خاک از قبیل اثر برهمکنش عناصر (۴) می‌تواند نقش موثری در مدیریت تغذیه ای عناصر ریز مغذی در خاک داشته باشد. در وضعیت کمبود آهن، جذب و تجمع فلزات سنگین در گیاه افزایش می‌یابد (۹). گزارشاتی ناشی از کاهش تجمع سرب در گیاهانی همچون ذرت (۳۵) و زنبق (۳۷) با افزایش فراهمی آهن ذکر شده است که این را می‌توان به اثر آنتاگونیستی[1] آهن و سرب نسبت داد. در وضعیت کمبود آهن، جذب و تجمع فلزات سنگین در گیاه افزایش می یابد. اصولاً افزایش فراهمی آهن از جذب سرب توسط گیاه جلوگیری می کند و موجب کاهش اثرات منفی آن در گیاه می شود (۴).

با توجه به این‌که افزایش غلظت فلزات سنگین به دلیل صنعتی‌شدن شهرها رو به افزایش است، بایستی به دنبال راهکاری بود که بتوان گیاهان غیر آلوده یا با آلودگی کمتر را در محیط آلوده پرورش داد. وجود آلودگی نسبتاً بالای فلزات سنگین از جمله سرب و کادمیوم در شهرستان اراک (۳۴) به دلیل وجود قطب‌های صنعتی متعدد مشاهده می‌شود. از سویی دیگر، وجود ویژگی‌های آب و هوای نسبتاً خشک و نیمه خشک در منطقه مرکزی کشور (شهرستان اراک) از جمله کمبود مواد آلی، پی‌اچ نسبتاً بالای خاک‌های منطقه، نیاز به کاربرد کودهای آلی جهت افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را دوچندان می‌کند که در این میان مدیریت تغذیه ای عناصر در مناطق آلوده بایستی مورد توجه ویژه قرار گیرد. با توجه به گزارشات ذکر شده در مورد اثر برهمکنش آهن با فلزات سنگین (۴، ۲۷)، غنی‌سازی کودهای آلی (۱۹) به عنوان یکی از راهکارها، احتمالاً می‌تواند باعث تامین عناصر غذایی گیاه از جمله آهن در این منطقه (آلوده به سرب) شود، ضمن آنکه بر اساس تحقیقات انجام شده اثر برهمکنش عناصر (۱۴ و ۳۶) می‌تواند بر قابلیت دسترسی فلزات سنگین از جمله سرب نیز تاثیر گذار باشد. تاکنون مطالعاتی در مورد استفاده از ضایعات جانبی صنایع آهن و فولاد در جهت افزایش قابلیت دسترسی آهن نوسط گیاه صورت پذیرفته است (۱ و ۲۱)، لیکن در این پژوهش‌ها به اثر برهمکنش عناصر در خاک‌های آلوده به فلزات سنگین اشاره‌ای نشده است. با توجه به مطالب ذکر شده، این تحقیق با هدف بررسی اثر آنتاگونیستی سرب و آهن در جهت کاهش قابلیت دسترسی سرب برای گیاه ذرت در یک خاک آلوده به سرب در شرایط گلخانه صورت پذیرفت.

مواد و روش

این پژوهش به صورت یک آزمایش گلدانی با هدف بررسی اثر غنی‌سازی کود گاوی با ۵ درصد وزنی آهن خالص از ترکیب لجن کنورتور بر کاهش قابلیت دسترسی سرب در یک خاک آلوده به سرب در گلخانه‌ای در شهرک مهاجران واقع در بیست و پنج کیلومتری شهر اراک انجام پذیرفت. طرح آزمایشی مورد نظر به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل کاربرد کودگاوی در سه سطح ۰ (C_o)، ۱۵ (C_{15}) و ۳۰ (30_o) تن در هکتار (۳۳) غنی‌شده با لجن کنورتور به مقدار ۰ (S_o) و ۵ (S_5) درصد وزنی به صورت آهن خالص از ترکیب لجن کنورتور شرکت ذوب آهن اصفهان (۱۹) و آلودگی خاک به فلز سنگین سرب از منبع نیترات سرب در سطوح ۰ (Pb_o)، ۲۰۰ (Pb_{200})، ۳۰۰ (Pb_{300}) و۴۰۰ (Pb_{400}) میلی‌گرم سرب در کیلو گرم خاک (۱۷) بود.

کود گاوی با مقادیر فوق الذکر با لجن کنورتور غنی شده و به مدت سه ماه در دمای اتاق به حالت خود رها شد (۱۹)، از سویی دیگر، خاک مورد استفاده با روش اسپری در مقادیر فوق الذکر به فلز سرب آلوده شد. جهت رسیدن به تعادل نسبی، نمونه خاک‌های آلوده شده به سرب نیز مدت یک ماه به حالت خود رها شد (۲۳). سپس کود گاوی غنی شده در مقادیر ۰، ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار به خاک آلوده به سرب اضافه شده و خاک‌های تیمار شده به مدت یک ماه داخل گلدان پلاستیکی ۵ کیلوگرمی به حال خود رها شدند و در این مدت جهت به تعادل رسیدن کود گاوی و خاک آلوده به سرب، رطوبت نمونه‌های مربوطه در حد ظرفیت زراعی مزرعه نگهداری شد (۱۹). سپس داخل هر گلدان ۱۰ عدد بذر کاشته شده و بعد از استقرار گیاهان، شمار بوته‌ها به چهار عدد تنک گردید. به منظور نزدیک کردن به شرایط واقعی مزرعه سعی شد دمای گلخانه تقریباً متناسب با دمای رشد گیاه ذرت در طی فصل رشد گیاه در محیط مزرعه تنظیم گردد. سعی شد در دوران رشد جهت کنترل حشرات و بیماریها از هیچگونه سمی

1- Antagonistic effect

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده نگردد و تنها از طریق نصب کارتهای زرد چسبنده در بالای سر گلدانها از بروز آفاتی نظیر شته ها، مگس سفید و ... جلوگیری شد. همچنین برای جلوگیری و کنترل بیماریها رطوبت محیط گلخانه تا حد ممکن پائین نگه داشته شد. در طول دوره رشد گیاه، عملیات آبیاری و وجین علف هرز ۳ تا ۴ روز یکبار به طور یکنواخت انجام شد. هر هفته یکبار نیز گلدانها کاملاً جابجا شده تا تمامی گلدانها در شرایط محیطی یکسان (نور و گرما) قرار گیرد.

برداشت بوته‌های گیاه ذرت ۶۰ روز پس از کاشت انجام شد. پس از برداشت، نمونه‌های گیاهی ابتدا با آب معمولی و سپس با آب مقطر شسته شدند. ریشه و اندام هوایی از محل طوقه جدا، کاملاً شستشو داده شده و هر کدام جداگانه وزن و به داخل پاکت کاغذی منتقل گردیدند. نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد در خشک‌کن قرار داده شدند، سپس نمونه‌ها توسط آسیاب برقی به پودر تبدیل شده و در ظروف پلاستیکی نگه‌داری شدند. نمونه‌ها در دمای ۴۸۰ درجه سانتیگراد خاکستر و برای تعیین سرب، کادمیوم و روی کل موجود در خاک یا کود گاوی، نمونه‌ها به روش اکسایش تر و با استفاده از اسید نیتریک ۷۰ درصد، اسید کلریدریک غلیظ و آب اکسیژنه ۳۰ درصد هضم شدند (۵، ۳۰). مقدار سرب قابل عصاره‌گیری با DTPA نیز به روش لیندزی و همکاران (۱۶) عصاره‌گیری شد. لازم به ذکر است که غلظت فلزات سنگین توسط دستگاه جذب اتمی (مدل پرکین المر ۳۰۳۰) تعیین شد.

همزمان با برداشت گیاه، از خاک گلدان‌های تحت کشت گیاه ذرت جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکو-شیمیایی خاک نمونه‌برداری شد. نمونه‌های خاک، پس از هواخشک شدن و کوبیدن، از الک دو میلیمتری گذرانده و جهت تجزیه مورد نظر به آزمایشگاه منتقل شدند. جهت اندازه‌گیری مقدار کربن آلی در نمونه خاک یا کود گاوی از روش اکسیداسیون تر (۲۴) و گنجایش تبادل کاتیونی خاک به روش کلرید باریم (۲۸) و بافت خاک به روش هیدرومتری (۱۰) اندازه‌گیری شد برای اندازه‌گیری پی‌اچ و قابلیت هدایت الکتریکی کود گاوی از نسبت ۵ :۱ کود به آب و در مورد نمونه خاک از عصاره اشباع خاک استفاده شده است (۲۹). فسفر قابل دسترس موجود در نمونه کود به روش اولسن (۲۶) اندازه‌گیری شد. مقدارکربنات‌کلسیم معادل به روش خنثی سازی با اسید و تیتراسیون اسید اضافی با سود تعیین شد (۲۵). مقدار نیتروژن کود گاوی به روش کجلدال (۸) اندازه گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها به کمک نرم افزار SAS انجام گرفت و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم افزار MSTATC انجام و نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های خاک تیمارهای مورد آزمایش

جهت بررسی نقش غنی سازی کود گاوی با لجن کنورتور بر افزایش قابلیت دسترسی آهن در خاک و گیاه ذرت، خاکی با چهارده درصد کربنات کلسیم معادل و کربن آلی نسبتاً پائین انتخاب شد. ویژگی‌های فیزیکو- شیمیایی خاک مورد استفاده و همچنین ویژگی‌های کود گاوی مورد استفاده به ترتیب در جدول شماره ۱ و ۲ ذکر شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در این پژوهش

Table 1- Physico-chemical properties of soil used in this research

پی اچ	قابلیت هدایت الکتریکی	کربن آلی	بافت خاک	کربنات کلسیم معادل خاک	سرب کل	گنجایش تبادل کاتیونی
pH	EC(dS m^{-1})	OC(%)	Soil Texture class	Calcium Carbonate Equilibrium(%)	Total Pb (mg kg^{-1})	CEC (Cmol kg^{-1} soil)
7.2	1.0	0.18	Loamy	14	3	11.9

جدول ۲- ویژگی‌های کود گاوی مورد استفاده در این پژوهش

Table 2- Cow manure characteristic used in this research

پی اچ	قابلیت هدایت الکتریکی	درصد کربن آلی	نیتروژن کل	فسفر قابل استفاده	کادمیم کل	سرب کل	روی کل
pH	EC (1:5)	OC	Total N	Available P	Total Cd	Total Pb	Total Zn
---	(dS m^{-1})	(%)	(%)	(mg kg^{-1})	(mg kg^{-1})	(mg kg^{-1})	(mg kg^{-1})
7.8	14.2	24	15	130	1	2	11

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج تجزیه شیمیایی لجن کنورتور که به وسیله آزمایشگاه مرکزی شرکت ذوب آهن اصفهان انجام شده است (جدول ۳) نشان می دهد که حدود ۸۴/۳ درصد این ترکیب را اکسید آهن تشکیل میدهد و عناصر کلسیم و سیلیسیم در درجه بعدی قرار دارد، هرچند که کیفیت لجن به نوع کوره و تکنولوژی بکاربرده شده بستگی دارد و ترکیب شیمیایی آن در کارخانه‌های مختلف متفاوت است (۱).

جدول ۳- ترکیب لجن کنورتور شرکت ذوب آهن اصفهان

Table 3–Converter sludge composition of Isfahan Steel Meel

عنصر Element	مقدار amount (mg kg^{-1})	عنصر Element	مقدار amount (mg kg^{-1})
Fe_2O_3	57.2	MnO	3
FeO	27.1	ZnO	0.1
CaO	9	V_2O_5	0.7
SiO_2	1.1	S	0.1
MgO	0.3	Na_2O	0.2
Al_2O_3	0.4	K_2O	0.7
P_2O_5	0.1		

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر کود گاوی، لجن کنورتور و سرب بر ویژگی‌های شیمیایی خاک و غلظت سرب در خاک و گیاه

Table 4- Analysis of variance effect of cow manure, converter sludge and Pb on soil chemical properties and soil and plant Pb concentration.

منابع تغییر Sources of variations	درجه آزادی df	میانگین مربعات mean of squares					
		پی اچ pH	کربن آلی OC	گنجایش تبادل کاتیونی CEC	سرب قابل عصاره‌گیری DTPA با DTPA extractable Pb	غلظت سرب ریشه گیاه Root Pb concentration	غلظت سرب ساقه گیاه Shoot Pb concentration
بلوک Block	2	0.005 ns	0.003 ns	0.003*	1.001**	16.030ns	1.1405**
کود گاوی Cow manure	2	2.523**	3.663**	82.011**	1977.710*	6180.076**	410.066**
لجن کنورتور Converter sludge	1	0.008 ns	0.006 ns	0.018 ns	656.427**	1508.835**	153.416*
سرب Pb	3	0.002 ns	0.001 ns	0.001 ns	28050.442*	108954.864*	1722.522*
کود گاوی× لجن کنورتور Cow manure× converter sludge	2	0.007 ns	0.007 ns	0.012 ns	7.275**	10.400**	0.159**
سرب×کودگاوی Pb×cow manure	6	0.008 ns	0.004 ns	0.002 ns	233.455**	1187.408*	50.166**
سرب×لجن کنورتور Pb× converter sludge	3	0.003 ns	0.002 ns	0.005 ns	90.892**	253.018**	17.298**
سرب×لجن کنورتور×کود گاوی Pb× converter sludge × cow manure	6	0.010 ns	0.001 ns	0.002 ns	1.615**	54.526**	1.240**
خطا Error	46	0.119	0.039	0.042	0.411	1.087	0.418

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

ns, *, ** non-significant, significant at 5 and 1 percent probability level, respectively.

Archive of SID

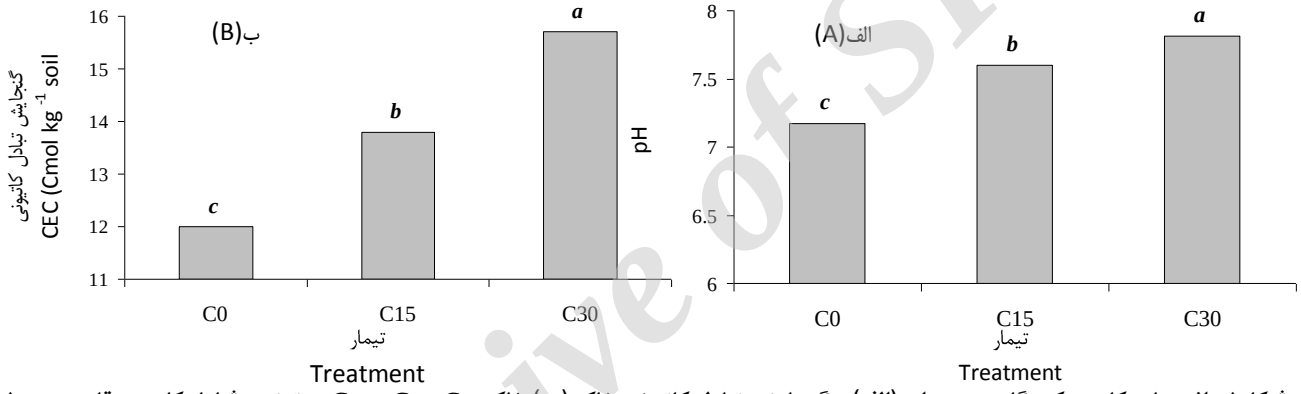
www.SID.ir

اثر باقیمانده تیمارهای مورد آزمایش

نتایج جدول۴ حاکی از معنی‌دار بودن اثر ساده کاربرد کود گاوی بر پی‌اچ خاک می‌باشد. کاربرد ۱۵ و ۳۰ تن در هکتارکود گاوی به خاک به ترتیب باعث افزایش پی‌اچ خاک به مقدار ۰/۲ و ۰/۷ واحد نسبت به خاک فاقد کاربرد کود گاوی شد (شکل ۱-الف). لازم به ذکر است که اثر برهمکنش تیمارهای کود گاوی، لجن کنورتور و سرب بر پی اچ خاک معنی دار نشد (جدول ۴).

کاربرد کود گاوی احتمالاً از دو طریق می‌تواند باعث کاهش قابلیت دسترسی سرب در خاک شود، بدین صورت که قابلیت دسترسی فلزات سنگین از جمله سرب در خاک با افزایش پی‌اچ خاک کاهش می یابد (۱۶) و از سویی دیگر افزایش مکانهای ویژه جذبی خاک همزمان با افزایش کاربرد کود گاوی احتمالاً می‌تواند قابلیت دسترسی فلزات سنگین در خاک را تحت تاثیر قرار دهد (۳۰). بقائی و همکاران (۶) در تحقیقی به این نتیجه رسیدند که بخش آلی و معدنی کود گاوی توانسته است نقش موثری در کاهش قابلیت دسترسی سرب در خاک داشته باشد. نتایج عصاره‌گیری متوالی در خاکهای تیمار شده با کود گاوی در تحقیق فوق حاکی از آن بوده است که بخش باقیمانده و بخش مواد آلی درصد نسبتاً بالایی از کل سرب موجود در خاک را به خود اختصاص داده است.

اثر ساده کاربرد کود گاوی بر گنجایش تبادل کاتیونی خاک معنی دار بود (جدول ۴)، به نحوی که کاربرد ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی به ترتیب باعث افزایش گنجایش تبادل کاتیونی خاک از ۱۲ در خاک فاقد کاربرد کود گاوی به ۱۳/۸ و ۱۵/۷ سانتی مول بار بر کیلوگرم خاک شد (شکل ۱-ب). قابل ذکر است که کاربرد ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی به ترتیب باعث افزایش ۰/۲و ۰/۷ واحدی درصدی کربن خاک شد.



شکل۱- اثر ساده کاربرد کود گاوی بر پی‌اچ (الف) و گنجایش تبادل کاتیونی خاک (ب) خاک، C_0، C_{15} و C_{30} به ترتیب شامل کاربرد مقادیر ۰، ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی می‌باشد

Figure 1- Simple effect of applying cow manure on soil pH (A) and CEC (B), C_0, C_{15} and C_{30} are applying 0, 15 and 30 t ha^{-1} cow manure

اثر بر همکنش تیمارهای مورد آزمایش بر مقدار سرب قابل عصاره گیری با DTPA

نتایج جدول۴ حاکی از معنی‌دار بودن اثر برهمکنش کاربرد کود گاوی، لجن کنورتور و نیترات سرب بر مقدار سرب قابل عصاره‌گیری با DTPA می‌باشد. بیشترین مقدار سرب قابل عصاره‌گیری با DTPA در خاک فاقد کاربرد کود گاوی و آلوده به ۴۰۰ میلی گرم سرب در کیلوگرم خاک ($C_0S_0Pb_{400}$) و کمترین آن در خاک تیمارشده با ۳۰ تن در هکتار کود گاوی غنی شده با لجن کنورتور و آلوده به ۲۰۰ میلی گرم سرب در کیلوگرم خاک ($C_{30}S_5Pb_{200}$) مشاهده شد (جدول ۵). مقدار سرب قابل عصاره گیری با DTPA در خاک‌های فاقد کاربرد سرب به وسیله دستگاه جذب اتمی قابل اندازه‌گیری نبود.

همانطور که در جدول ۵ مشاهده می شود، کاربرد کود گاوی توانسته است نقش موثری در کاهش مقدار سرب قابل عصاره‌گیری با DTPA داشته باشد، به نحوی که کاربرد ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی در خاک آلوده به ۴۰۰ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک به ترتیب باعث کاهش ۱۳/۹ و ۲۷/۵ درصدی در مقدار سرب قابل عصاره گیری با DTPA خاک شد، این در حالی است که نتایج مشابهی نیز در مورد سایر سطوح آلودگی‌های خاک مشاهده شد، هر چند که در این میان نقش کاربرد کود گاوی در افزایش پی اچ خاک (شکل ۱-الف) و در نتیجه کاهش قابلیت دسترسی سرب در خاک نبایستی نادیده گرفته شود.

مولایی و همکاران (۲۲) در تحقیقی تأثیر برخی اصلاح کننده‌های آلی بر ویژگی‌های رویشی و غلظت کادمیوم، روی و سرب در ذرت در

Archive of SID

www.SID.ir

یک خاک آلوده به عناصر سنگین را مورد بررسی قرار داده و بـه ایـن نتیجه رسیدند که بخش آلی و معدنی موجود در ایـن ترکیبـات نقـش موثری در کاهش قابلیت دسترسی سرب در خاک داشته است. مـواد هومیک حاصل از مواد آلی، ظرفیت جذب سطحی زیادی برای عناصر سنگین دارند.

جدول۵- اثر کاربرد کود گاوی، لجن کنورتور و سرب بر مقدار سرب قابل عصاره گیری با DTPA

Table 5- Effect of cow manure, converter sludge and Pb on DTPA-extractable Pb (mg kg^{-1})

تیمار Treatment	S_0Pb_0	S_0Pb_{200}	S_0Pb_{300}	S_0Pb_{400}	S_5Pb_0	S_5Pb_{200}	S_5Pb_{300}	S_5Pb_{400}
C_o	ND**	44.0k*	75.0^{t}	112.0^{a}	ND	37.8^{m}	64.1^{g}	101.2^{b}
C_{15}	ND	31.1^{n}	63.1^{h}	96.4^{c}	ND	25.3^{o}	52.7^{i}	87.3^{d}
C_{30}	ND	21.3^{p}	51.6^{j}	81.2^{e}	ND	17.2^{q}	42.3^{l}	75.3^{f}

C_0، C_{15} و C_{30} به ترتیب شامل کاربرد مقادیر ۰، ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی، Pb_0، Pb_{200}، Pb_{300}، وPb_{400} به ترتیب شامل کاربرد مقادیر ۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک، S_0 و S_5 کاربرد مقادیر ۰ و ۵ درصد وزنی آهن خالص از ترکیب لجن کنورتور می باشد. * اعدادی که در هر ستون یا ردیف دارای حروف مشابه آماری می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی داری بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد ندارند، **ND: قابل اندازه گیری به وسیله دستگاه جذب اتمی نبود.

C_0, C_{15} and C_{30} are applying 0,15 and 30 t ha^{-1} cow manure, Pb_0,Pb200, Pb300 and Pb400 are applying 0,200, 300 and 400 mg Pb kg^{-1} soil, S_0 and S5 are applying 0 and 5%pure Fe from converter sludge. *Means followed by the same letter in each column or row are not significantly different (p=0.05, LSD), **ND: Not detectable by atomic absorption spectroscopy.

مواد آلـی بـه دلیـل داشـتن گروههـای عامـل دارای بـار منفـی (کربوکسیلیک، فنلیک، هیدروکسیل)، می توانند فلزات سـنگین را از محلول خاک جذب سطحی کرده و از دسترس گیاه خارج سازند (۱۸). تشکیل کمپلکس هـای سـطحی درون -کرهـای و بـرون -کـره‌ای، مهمترین ساز و کارهای جذب سطحی به وسـیله‌ی مـواد آلـی اسـت. تشکیل کمپلکس بین عناصر سنگین و اصلاح کننده‌های خاک (مواد آلی خاک)، اهمیـت فـوق العادهـای در نگهـداری و قابلیـت تحـرک آلاینده‌های خاک و آب دارد (۲۲).

اثر بر همکنش آهن و سرب در این تحقیق توانسته است نقش به سزایی در تغییر قابلیت دسترسی مقدار سرب قابـل عصـاره‌گیـری بـه وسیله DTPA داشته باشد، به نحوی که کاربرد ۵ درصد وزنی آهن از ترکیب لجن کنورتور در خاک فاقد کاربرد کود گاوی و آلوده بـه ۳۰۰ میلی‌گرم سرب توانسته است باعـث کـاهش ۱۰/۹ واحـدی در مقـدار سرب قابل عصاره‌گیری به وسـیله DTPA داشـته باشـد. همچنـین نتایج مشابهی در مورد غنی سازی کود گاوی با لجن کنورتور مشاهده شد، به نحوی که کاربرد ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی غنی شـده با ۵ درصد آهن خالص از ترکیب لجن کنورتور در خاک آلوده بـه ۳۰۰ میلی گرم سرب در کیلوگرم خاک به ترتیب کاهشی برابر ۱۰/۴ و ۹/۳ واحدی را در مقدار سرب قابل عصاره‌گیری به وسیله DTPA نسـبت به خاک تیمار شده با کود فاقد غنـی سـازی شـده نشـان داده اسـت. شارما و همکاران (۳۲) در تحقیقی گـزارش کردنـد کـه کـاربرد آهـن موجب کاهش پیوند سرب با عوامل کلاته کننده شده (عوامل کلاتـه کننده که در انتقال آهن در گیاه نقش دارند در شرایط کمبود آهن بـا سرب پیوند برقرار می کنند) و سرب کم تری جـذب گیـاه مـی‌شـود. تفویضی و متشرع زاده (۳۵) در تحقیقی گزارش کردند که کاربرد آهن از جذب سرب توسط گیاه جلوگیری و موجب کاهش اثرات آن در گیاه می شود. نتایج این تحقیق همچنین حاکی از آن است که همزمان بـا کاهش مقدار سرب قابل عصاره‌گیری بـا DTPA، مقـدار آهـن قابـل عصاره گیری با DTPA افزایش یافته است (جدول ۶).

جدول٦- اثر کاربرد کود گاوی، لجن کنورتور و سرب بر مقدار آهن قابل عصاره گیری با DTPA

Table 6- Effect of cow manure, converter sludge and Pb on DTPA-extractable Fe (mg kg^{-1})

تیمار Treatment	S_0Pb_0	S_0Pb_{200}	S_0Pb_{300}	S_0Pb_{400}	S_5Pb_0	S_5Pb_{200}	S_5Pb_{300}	S_5Pb_{400}
C_o	5.0^{q*}	1.7^{r}	0.6^{s}	0.2^{s}	85.1^{e}	78.4^{f}	70.0^{h}	58.1^{i}
C_{15}	21.2^{l}	17.3^{m}	13.1^{o}	8.2^{p}	98.2^{c}	88.8^{d}	76.1^{g}	69.4^{h}
C_{30}	37.2^{j}	28.2^{k}	21.^{2l}	16.1^{n}	115.6^{a}	105.6^{b}	88.5^{d}	76.6^{g}

C_0، C_{15} و C_{30} به ترتیب شامل کاربرد مقادیر ۰، ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی، Pb0، Pb200، Pb300، وPb400 به ترتیب شامل کاربرد مقادیر ۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک، S0 و S5 کاربرد مقادیر ۰ و ۵ درصد وزنی آهن خالص از ترکیب لجن کنورتور می باشد. * اعدادی که در هر ستون یا ردیف دارای حروف مشابه آماری می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی داری بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد ندارند

C_0, C_{15} and C_{30} are applying 0,15 and 30 t ha^{-1} cow manure, Pb_0,Pb200, Pb300 and Pb400 are applying 0,200, 300 and 400 mg Pb kg^{-1} soil, S_0 and S5 are applying 0 and 5%pure Fe from converter sludge. *Means followed by the same letter in each column or row are not significantly different (p=0.05, LSD)

Archive of SID

www.SID.ir

غلظت سرب ریشه و شاخساره ذرت

جدول۴ حاکی از معنی دار بودن اثر برهمکنش کاربرد کود گاوی، لجن کنورتور و نیترات سرب بر غلظت سرب در ریشه گیاه می‌باشد. بیشترین غلظت سرب در ریشه ذرت در خاک فاقد کاربرد کود گاوی و آلوده به ۴۰۰ میلی گرم سرب در کیلوگرم خاک ($C_0S_0Pb_{400}$) و کمترین آن در خاک تیمار شده با ۳۰ تن در هکتار کود گاوی و آلوده به ۲۰۰ میلی گرم سرب در کیلوگرم خاک است. ($C_{30}S_5Pb_{200}$) مشاهده شد (جدول ۷). نتایج مشابه مشاهده شده در *مقدار آهن قابل عصاره‌گیری به وسیله DTPA تاکیدی بر این ادعا است.*

جدول۷- اثر کاربرد کود گاوی، لجن کنورتور و سرب بر غلظت سرب ریشه ذرت

Table 7. Effect of cow manure, converter sludge and Pb on corn root Pb concentration (mg kg^{-1})

تیمار Treatment	S_0Pb_0	S_0Pb_{200}	S_0Pb_{300}	S_0Pb_{400}	S_5Pb_0	S_5Pb_{200}	S_5Pb_{300}	S_5Pb_{400}
C_o	ND*	92.4^{l}	141.3^{g}	226.0^{a}	ND**	87.6^{m}	122.4^{h}	217.4^{b}
C_{15}	ND	81.3^{n}	117.1^{i}	195.1^{c}	ND	74.7^{p}	109.7^{j}	174.3^{d}
C_{30}	ND	74.5^{p}	101.4^{k}	162.3^{e}	ND	65.3^{q}	77.3^{o}	151.4^{f}

C_0، C_{15} و C_{30} به ترتیب شامل کاربرد مقادیر ۰، ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی ، Pb_0، Pb_{200}، Pb_{300}، وPb_{400} به ترتیب شامل کاربرد مقادیر ۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک، S_0 و S_5 کاربرد مقادیر ۰ و ۵ درصد وزنی آهن خالص از ترکیب لجن کنورتور می باشد. *ND: قابل اندازه گیری به وسیله دستگاه جذب اتمی نبود.

C_0, C_{15} and C_{30} are applying 0,15 and 30 t ha^{-1} cow manure, Pb_0,Pb200, Pb300 and Pb400 are applying 0,200, 300 and 400 mg Pb kg^{-1} soil, S_0 and S5 are applying 0 and 5%pure Fe from converter sludge.*ND: Not detectable by atomic absorption spectroscopy.

کاربرد ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی در خاک آلوده به ۳۰۰ میلی گرم سرب به ترتیب باعث کاهش ۱۷/۱ و۲۸/۲ واحدی در غلطت سرب ریشه گیاه شد، این در حالی است که کاهش معنی‌داری نیز در مقدار سرب قابل عصاره‌گیری با DTPA همزمان با کاربرد ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی مشاهده شد که دلیل احتمالی آن را می توان به نقش بخش‌های معدنی و آلی موجود در کود گاوی در کاهش دسترسی سرب در خاک دانست (۶)، هر چند که نقش کاربرد کود گاوی در افزایش زیست توده گیاه (داده ها نشان داده نشده است) و کاهش غلظت سرب ریشه گیاه در اثر رقت (کاهش غلظت سرب در اثر افزایش زیست توده گیاه) را نبایستی نادیده گرفت (۳۱). همچنین بایستی به نقش کاربرد کود گاوی در افزایش پی اچ خاک و به دنبال آن کاهش قابلیت دسترسی سرب در خاک و ریشه گیاه اشاره کرد. شریفی و همکاران (۳۰) در تحقیقی به نقش کاربرد کود گاوی در کاهش قابلیت دسترسی فلز سنگین در خاک و به دنبال آن کاهش قابلیت جذب توسط گیاه اشاره داشتند. شفق مولایی و همکاران (۲۲) جذب سطحی فلزات سنگین توسط گروه‌های کربوکسیلیک، فنلیک، هیدروکسیل را از عوامل کاهش قابلیت دسترسی فلزات سنگین از جمله سرب و کادمیوم همزمان با کاربرد افزودنی‌های آلی دانستند.

از سویی دیگر اثر برهمکنش آهن و سرب نیز می تواند دلیل احتمالی دیگر در تغییر قابلیت دسترسی سرب در خاک و متعاقب آن در ریشه گیاه باشد.

جدول ۸- اثر کاربرد کود گاوی، لجن کنورتور و سرب بر غلظت آهن ریشه ذرت

Table 8- Effect of cow manure, converter sludge and Pb on corn root Fe concentration (mg kg^{-1})

تیمار Treatment	S_0Pb_0	S_0Pb_{200}	S_0Pb_{300}	S_0Pb_{400}	S_5Pb_0	S_5Pb_{200}	S_5Pb_{300}	S_5Pb_{400}
C_o	107.2^{u*}	38.5^{v}	12.0^{w}	8.1^{w}	521.0^{i}	451.0^{j}	395.5^{k}	321.1^{l}
C_{15}	219.0^{p}	186.1^{r}	172.5^{s}	131.2^{t}	927.3^{c}	721.1^{f}	675.1^{g}	601.3^{h}
C_{30}	316.1^{m}	271.2^{n}	231.2^{o}	198.0^{q}	1054.8^{a}	932.2^{b}	846.4^{d}	791.3^{e}

C_0، C_{15} و C_{30} به ترتیب شامل کاربرد مقادیر ۰، ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی، Pb_0، Pb_{200}، Pb_{300}، وPb_{400} به ترتیب شامل کاربرد مقادیر ۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک، S_0 و S_5 کاربرد مقادیر ۰ و ۵ درصد وزنی آهن خالص از ترکیب لجن کنورتور می باشد. * اعدادی که در هر ستون یا ردیف دارای حروف مشابه آماری می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی داری بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد ندارند

C_0, C_{15} and C_{30} are applying 0,15 and 30 t ha^{-1} cow manure, Pb_0,Pb200, Pb300 and Pb400 are applying 0,200, 300 and 400 mg Pb kg^{-1} soil, S_0 and S5 are applying 0 and 5%pure Fe from converter sludge.*Means followed by the same letter in each column or row are not significantly different (p=0.05, LSD)

Archive of SID

www.SID.ir

کاربرد ۵ درصد وزنی آهن خالص در خاک فاقد کاربرد کود گاوی وآلوده به ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم سرب به ترتیب باعث کاهش ۱۳ و۴ درصدی در مقدار سرب ریشه گیاه شد، این در حالی است که افزایش معنی‌داری در مقدار آهن ریشه گیاه همزمان با کاربرد تیمارهای فوق الذکر مشاهده شد (جدول ۸) که دلیل احتمالی آن را می‌توان به اثر برهمکنش سرب و آهن در کاهش مقدار جذب سرب در ریشه گیاه دانست که این می‌تواند یک نکته مثبت زیست محیطی به حساب آید. نتایج مشابه مشاهده شده در مورد مقدار سرب قابل عصاره گیری با DTPA خاک نیز تا حدودی گویای این ادعا است.

غنی سازی کود گاوی با ۵ درصد وزنی آهن خالص از ترکیب لجن کنورتور نیز باعث کاهش غلظت سرب ریشه گیاه شد، به نحوی که کاربرد ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی غنی شده با ۵ درصد وزنی آهن خالص از ترکیب لجن کنورتور در خاک آلوده به ۳۰۰ میلی گرم سرب در کیلوگرم خاک به ترتیب باعث کاهش۱۰ و۳۶ درصدی غلظت سرب ریشه گیاه نسبت به کاربرد کود گاوی فاقد غنی سازی شد که دلیل احتمالی آن را می‌توان به نقش برهمکنش آهن و سرب در کاهش غلظت سرب ریشه گیاه دانست که این می‌تواند یک نکته مثبت زیست محیطی به حساب آید. با توجه به اینکه امروزه به دلیل صنعتی شدن شهرها، مشکل افزایش آلودگی ها از جمله آلودگیهای فلزات سنگین رو به افزایش است، کاشت گیاه غیرآلوده در زمین‌های آلوده می‌تواند امری مثبت به شمار آید، هر چند که در این میان مدیریت تغذیه عناصر نیز بایستی مورد توجه قرار گیرد. رضوانی و همکاران (۲۷) در تحقیقی جذب سرب و عناصر غذایی به وسیله گیاه چمن شور تحت اثر سطوح مختلف سرب در خاک را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که کاربرد کود آهن توانسته است نقش موثری در کاهش جذب سرب توسط گیاه داشته باشد. علیدادی خلیلی‌ها و همکاران (۴) در تحقیقی اثر برهم کنش آهن و سرب بر رشد و جذب آن ها در شاهی را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که استفاده از کود آهن قابلیت دسترسی و جذب فلزات سنگین در آپوپلاست ریشه، جذب به درون سلول های ریشه، انتقال به ساقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

بیشترین غلظت سرب شاخساره ذرت در خاک فاقد کاربرد کود گاوی و آلوده به ۴۰۰ میلی گرم سرب در کیلوگرم خاک ($C_0S_0Pb_{400}$) و کمترین آن در خاک تیمار شده با ۳۰ تن در هکتار کود گاوی و آلوده به ۲۰۰ میلی گرم سرب در کیلوگرم خاک است. ($C_{30}S_5Pb_{200}$) مشاهده شد (جدول ۹). نتایج مشابه مشاهده شده در مقدار سرب قابل عصاره گیری به وسیله DTPA (جدول ۵) و ریشه گیاه (جدول ۷) تاکیدی بر این ادعا است.

جدول ۹- اثر کاربرد کود گاوی، لجن کنورتور و سرب بر غلظت سرب شاخساره ذرت

Table 9- Effect of cow manure, converter sludge and Pb on corn shoot Pb concentration (mg kg^{-1})

تیمار Treatment	S_0Pb_0	S_0Pb_{200}	S_0Pb_{300}	S_0Pb_{400}	S_5Pb_0	S_5Pb_{200}	S_5Pb_{300}	$_5Pb_{400}$
C_o	ND**	13.3h	21.4d	32.0a	ND**	11.2i	17.3f	27.3b
C_{15}	ND	10.4i	15.4g	25.4c	ND	6.5j	11.2i	21.2d
C_{30}	ND	5.2k	10.5i	18.4e	ND	0.3l	7.4j	14.6g

C_0، C_{15} و C_{30} به ترتیب شامل کاربرد مقادیر ۰، ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی ، Pb_0، Pb_{200}، Pb_{300}، وPb_{400} به ترتیب شامل کاربرد مقادیر ۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک، S_0 و S_5 کاربرد مقادیر ۰ و ۵ درصد وزنی آهن خالص از ترکیب لجن کنورتور می باشد. ** اعدادی که در هر ستون یا ردیف دارای حروف مشابه آماری می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی داری بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد ندارند،*ND : قابل اندازه گیری به وسیله دستگاه جذب اتمی نبود

C_0, C_{15} and C_{30} are applying 0, 15 and 30 t ha^{-1} cow manure, Pb_0,Pb200, Pb300 and Pb400 are applying 0, 200, 300 and 400 mg Pb kg^{-1} soil, S_0 and S5 are applying 0 and 5%pure Fe from converter sludge. **Means followed by the same letter in each column or row are not significantly different (p=0.05, LSD), *ND: Not detectable by atomic absorption spectroscopy

هر چند که غلظت سرب در شاخساره گیاه می‌تواند تابع نوع و شرایط فیزیولوژیکی گیاه قرار می گیرد، ولی نتایج این تحقیق حاکی از آن است که غلظت سرب در شاخساره گیاه در تیمارهای مختلف تا حدود زیادی روند غلظت سرب ریشه گیاه را طی کرده است. کاربرد ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی در خاک آلوده به ۴۰۰ میلی گرم سرب به ترتیب باعث کاهش۶/۶ و۱۳/۶ واحدی در شاخساره گیاه شد، این در حالی است که روند نسبتاً مشابهی در مقدار سرب قابل عصاره گیری با DTPA خاک و غلظت سرب ریشه گیاه مشاهده شد. بقائی و همکاران (۷) در تحقیقی نشان دادند که کاربرد ۱۰ درصد وزنی کود گاوی کاهش معنی داری را در غلظت سرب شاخساره گیاه ذرت نشان داده است که در این میان کاهش غلظت سرب شاخساره گیاه را به دلیل کاهش مقدار سرب قابل دسترس خاک و در نتیجه کاهش غلظت سرب ریشه گیاه دانستند. همچنین در این تحقیق به افزایش ویژگی‌های جذبی خاک در نتیجه کاربرد کود گاوی و در نتیجه کاهش مقدار سرب قابل دسترس خاک و ریشه گیاه اشاره شده است.

اثر برهمکنش آهن و سرب نیز نقش موثری بر غلظت سرب شاخساره گیاه ذرت داشت، به نحوی که کاربرد ۱۵ تن در هکتار کود گاوی غنی شده با ۵ درصد وزنی آهن خالص از ترکیب لجن کنورتور

Archive of SID

www.SID.ir

و آلوده به ۳۰۰ میلی گرم سرب کاهش معنی‌دار ۴/۲ واحدی را در غلظت سرب شاخساره گیاه نسبت به خاک تیمار شده با کود گاوی فاقد غنی سازی نشان داد که این را احتمالاً بتوان به نقش اثر برهمکنش آهن و سرب در افزایش معنی دار غلظت آهن (۶ واحد) شاخساره گیاه (جدول ۱۰) و کاهش غلظت سرب شاخساره نسبت داد. نتایج مشابهی در مقدار سرب خاک و ریشه گیاه نیز مشاهده شد که تاکیدی بر این ادعا است، به نحوی کاربرد ۵ درصد وزنی آهن خالص در خاک فاقد کاربرد کود گاوی و آلوده به ۳۰۰ میلی گرم سرب در کیلوگرم خاک به ترتیب کاهش معنی داری برابر ۱۸/۹ و ۱۰/۹ واحدی را در مقدار سرب قابل عصاره‌گیری با DTPA (جدول ۵) و مقدار سرب ریشه گیاه (جدول ۷) نشان داد.

جدول ۱۰- اثر کاربرد کود گاوی، لجن کنورتور و سرب بر غلظت آهن شاخساره ذرت

Table 10- Effect of cow manure, converter sludge and Pb on corn shoot Fe concentration (mg kg^{-1})

تیمار Treatment	S_0Pb_0	S_0Pb_{200}	S_0Pb_{300}	S_0Pb_{400}	S_5Pb_0	S_5Pb_{200}	S_5Pb_{300}	S_5Pb_{400}
C_o	7.2r**	4.8^{s}	ND*	ND	33.3^{n}	19.1^{p}	11.2^{q}	6.7^{r}
C_{15}	58.2i	46.5^{j}	37.4^{l}	31.2^{o}	127.4^{e}	98.2^{f}	43.4^{k}	36.5^{m}
C_{30}	70.1^{g}	59.1^{h}	46.2^{j}	37.4^{l}	166.9^{a}	148.1^{b}	136.2^{c}	128.2^{d}

C_0، C_{15} و C_{30} به ترتیب شامل کاربرد مقادیر ۰، ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی، Pb_0، Pb_{200}، Pb_{300}، وPb_{400} به ترتیب شامل کاربرد مقادیر ۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک، S_0 و S_5 کاربرد مقادیر ۰ و ۵ درصد وزنی آهن خالص از ترکیب لجن کنورتور می‌باشد. ** اعدادی که در هر ستون یا ردیف دارای حروف مشابه آماری می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد ندارند،*ND: قابل اندازه‌گیری به وسیله دستگاه جذب اتمی نبود

C_0, C_{15} and C_{30} are applying 0,15 and 30 t ha^{-1} cow manure, Pb_0,Pb200, Pb300 and Pb400 are applying 0,200, 300 and 400 mg Pb kg^{-1} soil, S_0 and S5 are applying 0 and 5%pure Fe from converter sludge. **Means followed by the same letter in each column or row are not significantly different (p=0.05, LSD), *ND: Not detectable by atomic absorption spectroscopy

غنی سازی کود گاوی نیز نقش موثری در کاهش غلظت سرب شاخساره گیاه داشته است، به نحوی که کاربرد ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی غنی‌شده با ۵ درصد وزنی آهن خالص از ترکیب لجن کنورتور در خاک آلوده به ۴۰۰ میلی گرم سرب در کیلوگرم خاک به ترتیب باعث کاهش۴/۲ و۳/۸ واحدی در غلظت سرب شاخساره گیاه در مقایسه با تیمار کود گاوی بدون غنی‌سازی با آهن شده است، این در حالی است که نتایج مشابهی در مقدار سرب قابل عصاره گیری با DTPA و غلظت سرب ریشه گیاه مشاهده شد، به نحوی که کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود گاوی غنی شده با ۵ درصد وزنی آهن خالص از ترکیب لجن کنورتور در خاک آلوده به ۴۰۰ میلی گرم سرب در کیلوگرم خاک به ترتیب باعث کاهش ۵/۹ و ۱۰/۹ واحدی در مقدار سرب قابل عصاره گیری با DTPA (جدول ۵) و مقدار سرب ریشه گیاه (جدول ۷) در مقایسه با تیمار کود گاوی بدون غنی سازی با آهن نشان داد. که دلیل احتمالی آن را می توان به اثر برهمکنش آهن و سرب در جذب سرب به وسیله وسیله گیاه ذرت نشان داد، هر چند که نقش نوع و فیزیولوژیکی گیاه در مقدار جذب سرب نبایستی نادیده گرفته شود. تفویضی و همکاران (۳۶) در تحقیقی اثر محلول پاشی آهن و آلودگی سرب بر برخی صفات فیزیولوژی دو هیبرید ذرت علوفه‌ای در یک خاک آهکی را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که محلول پاشی آهن موجب افزایش جذب آهن در اندام هوایی ذرت و کاهش جذب سرب شده است. زینادا و همکاران (۲) نیز در تحقیقی نشان دادند که با افزایش سطح محلول پاشی آهن، غلظت سرب در بخش هوایی اسفناج، کاهش معنی داری را در مقایسه با شاهد بدون محلول پاشی نشان داد که این می‌تواند اهمیت زیادی در کاشت گیاهان در زمین‌های آلوده به فلز سنگین داشته باشد، هر چند که مقدار آلودگی سرب خاک می‌تواند این برهمکنش را تحت تاثیر قرار دهد (۲۷).

نتیجه گیری کلی

نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که کاربرد کود گاوی توانسته است باعث کاهش معنی داری بر قابلیت دسترسی سرب در خاک، ریشه و شاخساره گیاه داشته باشد که دلیل احتمالی آن را می توان به نقش بخش معدنی و آلی موجود در کود گاوی در کاهش قابلیت دسترسی سرب دانست. غنی سازی کود گاوی با سرباره آهن نیز تا حدودی توانسته است باعث کاهش غلظت سرب ریشه و شاخساره گیاه شود که دلیل احتمالی آن را می‌توان به نقش برهمکنش آهن و سرب در کاهش جذب سرب به وسیله گیاه دانست که این می‌تواند یک نکته مثبت زیست محیطی به حساب آید. کاربرد لجن کنورتور در این تحقیق توانست با افزایش مقدار آهن قابل عصاره‌گیری با DTPA، نقش موثری در کاهش قابلیت جذب سرب توسط گیاه داشته باشد. آهن در سنتز کلروفیل و آنزیم های آنتی اکسیدانی، سنتز پروتئین‌ها و تقسیم سلولی و توسعه کلروپلاست نقش دارد. سرب با کاهش جذب آهن توسط گیاه و افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز موجب کاهش سنتز کلروفیل و تخریب آن می‌شود که در نتیجه فتوسنتز کاهش یافته و رشد گیاه کم می شود. افزایش فراهمی آهن از جذب

Archive of SID

www.SID.ir

سرب توسط گیاه جلوگیری می کند و موجب کاهش اثرات منفی آن در گیاه می شود. نتایج کلی این تحقیق حاکی از آن است که کاشت گیاه ذرت در خاک حاوی ۳۰ تن در هکتار کود گاوی غنی شده با آهن ۵ درصد وزنی خالص از ترکیب لجن کنورتور و آلوده به ۲۰۰ میلی گرم سرب کمترین مقدار جذب سرب توسط گیاه را داشته است، هر چند که در این میان مقدار آلودگی سرب و نوع منبع آلودگی خاک می‌تواند نقش موثری در تغییر قابلیت دسترسی سرب خاک، ریشه و شاخساره گیاه داشته باشد.

منابع

1- Abbaspour A., Kalbasi M., and Shariatmadari H. 2004. Effect of steel converter sludge as iron fertilizer and soil amendment in some calcareous soils. Journal of plant nutrition, 27: 377-394.

2- Abu Zinada I., Abou Auda M., Ali S., and El E. 2011. Impact of soil lead pollution and iron foliar application on *Spinacea oleracea* (L.). Advances in Agriculture and Botanics, 3: 116-126.

3- Agegnehu G., Nelson P.N., and Bird M.I. 2016. Crop yield, plant nutrient uptake and soil physicochemical properties under organic soil amendments and nitrogen fertilization on Nitisols. Soil and Tillage Research, 160: 1-13.

4- Alidadi Khaliliha M., Dordipour E., and Barani Motlagh M. 2016. Interactive effect of iron and lead on growth and their uptake in Cress (*Lepidium sativum* L.). Journal of Soil Management and Sustainable Production, 5: 41-59 (in Persian with English abstract).

5- Allen S.E., Grimshaw H.M., and Rowland A.P. 1986. Chemical analysis p. 285-344. In: P.D. Moore and S.B. Chapman (eds.). Methods in Plant Ecology, Blackwell Scientific Publication, Oxford, London.

6- Baghaie A., Khoshgoftarmanesh A.H., Afyuni M., and Schulin R. 2011. The role of organic and inorganic fractions of cow manure and biosolids on lead sorption. Soil Science and Plant Nutrition, 57: 11-18.

7- Baghaie A.H., Khoshgoftarmanesh A.H., and Afyuni M. 2010. Crop effects on lead fractionation in a soil treated with lead organic and inorganic sources. Journal of residuals science and technology, 7: 131-138.

8- Bremner J.M. 1996 .Nitrogen-total. p. 1085-1121. In D. L. Sparks (ed.), Methods of Soil Analysis. Part 3 , 3rd Ed.,American Society of Agronomy, Madison. WI.

9- Fodor F. 2006. Heavy metals competing with iron under conditions involving phytoremediation. p 129-151. In: L.L. Barton and J. Abadía (eds.), Iron Nutrition in Plants and Rhizospheric Microorganisms, Springer, Dordrecht, The Netherlands.

10- Gee G.W., and Bauder J.W. 1986. Particle-size analysis. p. 383-409. In: A. Klute (ed.). Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods, American society of agronomy, Madison, WI.

11- He Z.-l., and Yang X.-e. 2007. Role of soil rhizobacteria in phytoremediation of heavy metal contaminated soils. Journal of Zhejiang University Science B, 8: 192-207.

12- Islam E., Liu D., Li T., Yang X., Jin X., Mahmood Q., Tian S., and Li J. 2008. Effect of Pb toxicity on leaf growth, physiology and ultrastructure in the two ecotypes of Elsholtzia argyi. Journal of Hazardous Materials, 154: 914-926.

13- Islam E., Yang X., Li T., Liu D., Jin X., and Meng F. 2007. Effect of Pb toxicity on root morphology, physiology and ultrastructure in the two ecotypes of Elsholtzia argyi. Journal of Hazardous Materials, 147: 806-816.

14- Karami S., and Ronaghi A. 2016. Interaction Effects of Cadmium and Wheat or Alfalfa Residues on Corn Yield and Nutrients Uptake. Iranian Journal of Soil Research, 30: 13-23 (in Persian with English abstract).

15- Li J., Gan J., and Hu Y. 2016. Characteristics of Heavy Metal Species Transformation of Pb, Cu, Zn from Municipal Sewage Sludge by Thermal Drying. Procedia Environmental Sciences, 31: 961-969.

16- Lindsay W.L., and Norvell W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society of America Journal, 42: 421-428.

17- Mansouri T., Golchin A., and Fereidooni J. 2016. The Effects of EDTA and H2SO4 on Phyto-extraction of Pb from contaminated Soils by Radish. Journal of Water and Soil, 30: 194-209 (in Persian with English abstract).

18- Matos G., and Arruda M. 2003. Vermicompost as natural adsorbent for removing metal ions from laboratory effluents. Process Biochemistry, 39: 81-88.

19- Melali A.R., and Shariatmadari H. 2008. Application of Steel Making Slag and Converter Sludge in Farm Manure Enrichment for Corn Nutrition in Greenhouse Conditions. Journal of Water and Soil Science, 11: 505-513 (in Persian with English abstract).

20- Menon M., Hermle S., Günthardt-Goerg M.S., and Schulin R. 2007. Effects of heavy metal soil pollution and acid

Archive of SID

www.SID.ir

rain on growth and water use efficiency of a young model forest ecosystem. Plant and Soil, 297: 171-183.

21- Mohammadi Torkashvand A. 2011. Effect of steel converter slag as iron fertilizer in some calcareous soils. Acta Agriculturae Scandinavica ,Section B-Soil and Plant Science:, 61: 14-22.

22- Molaei S., Shirani H., Hamidpour M., Shekofteh H., and Besalatpour A.A. 2016. Effect of Vermicompost, Pistachio Kernel and Shrimp Shell on Some Growth Parameters and Availability of Cd, Pb and Zn in Corn in a Polluted Soil. Journal of Water and Soil Science, 19: 113-124 (in persian with English abstract).

23- Motesharezadeh B., and SavaghebI G., R 2011. Study of sunflower plant response to cadmium and lead toxicity by usage of PGPR in a calcareous soil. Journal of Water and Soil, 25: 1069-1079 (in Persian with English abstract).

24- Nelson D.W., and Sommers L.E. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p. 539–579. In A.L. Page et al. (ed.) Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

25- Nelson R.E. 1982. Carbonate and gypsum. p. 181-197. In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

26- Olsen S.R., and Sommers L.E. 1982. Phosphorus. p. 403-431. In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

27- Rezvani M., Zaefarian F., and Gholizadeh A. 2012 .Lead and nutrients uptake by aeluropus littoralis under different levels of lead in soil. Water and Soil Science, 22: 73-86 (in Persian with English abstract).

28- Rhoades J.D. 1982. Cation exchange capacity. p. 149-157. In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis, Part 2 .Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

29- Saadat K., and Barani Motlagh M. 2013. Influence of Iranian natural zeolites, clinoptilolite on uptake of lead and cadmium in applied sewage sludge by Maize (*Zea mays*. L.). Journal of Water and Soil Conservation, 20: 123-143 (in Persian with English abstract).

30- Sharifi M., Afyuni M., and Khoshgoftarmanesh A.H. 2010. Effects of sewage sludge, animal manure, compost and cadmium chloride on cadmium accumulation in corn and alfalfa. Journal of residuals science and technology, 7: 219-225.

31- Sharifi M., Afyuni M., and Khoshgoftarmanesh A.H. 2011. Effects of Sewage Sludge, Compost and Cow Manure on Availability of Soil Fe and Zn and their Uptake by Corn, Alfalfa and Tagetes Flower. Journal of Water and Soil Science, 15: 141-154 ((in Persian with English abstract).

32- Sharma A., Johri B., Sharma A., and Glick B. 2003. Plant growth-promoting bacterium Pseudomonas sp. strain GRP 3 influences iron acquisition in mung bean (Vigna radiata L. Wilzeck). Soil Biology and Biochemistry, 35: 887-894.

33- Shirani H., Hajabbasi M.A., Afyuni M., and Hemmat A. 2010. Impact of Tillage Systems and Farmyard Manure on Soil Penetration Resistance under Corn Cropping. Journal of Water and Soil, 14: 141-155 (in Persian with English abstract).

34- Solgi E., Esmaili-Sari A., Riyahi-Bakhtiari A., and Hadipour M. 2012. Soil contamination of metals in the three industrial estates, Arak, Iran. Bulletin of environmental contamination and toxicology, 88: 634-638.

35- Tafvizi M., and Motesharezadeh B. 2014. Effects of Lead on Iron, Manganese, and Zinc Concentrations in Different Varieties of Maize (*Zea mays*). Communications in Soil Science and Plant Analysis, 45: 1853-1865.

36- Tafvizi M., Motesharezadeh B., and Savaghebi G.R. 2014. Investigating the effects of lead contamination and foliar application of iron on some physiological characteristics in two forage corn (*Zea mays* L.) hybrids in calcareous soil. Iranian Journal of Field Crop Science, 45: 213-226 (in Persian with English abstract).

37- Zhong S., Shi J., and Xu J. 2010. Influence of iron plaque on accumulation of lead by yellow flag (*Iris pseudacorus* L.) grown in artificial Pb-contaminated soil. Journal of Soils and Sediments, 10: 964-970.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 31, No. 4, Sept.-Oct. 2017, p. 1187-1199

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۶، ص. ۱۱۹۹-۱۱۸۷

Interactive Effect of Fe and Pb on Decreasing Corn Pb Availability in a Pb-Polluted Soil

N. Tabarteh Farahani[1]- A.H. Baghaie[2*]

Received: 01-11-2016
Accepted: 11-01-2017

Introduction: Lead (Pb) is of great concern in environment because of its toxicity to animals and humans. Lead is a cumulative toxin and known carcinogen. Although, plants do not require Pb for growth, the bioaccumulation index of Pb in plants exceeds that of most other trace elements. It is therefore important to control Pb concentration in plants, especially in the edible parts of crops to ensure food safety. There are many factors that control Pb accumulation and availability to plants in agricultural soils such as Pb source, Pb loading rate, soil pH, soil cation change capacity (CEC), chloride concentration in soil solution and soil organic matter content. These are important factors that should be considered for evaluating Pb phyto-availability. In addition, element interactions can also affect the elements uptake. Thus, this study was performed to investigate the effect of converter sludge-enriched cow manure on the changes in corn Pb uptake in a Pb-polluted soil under greenhouse condition.

Materials and Methods: This pot experiment was conducted under greenhouse condition around the city of Arak, using a Fine loamy, mixed and thermic, Typic Haplargids soil. A factorial experiment with a randomized complete block design with 24 treatments in three replications was carried out. The treatments consisted of applying enriched cow manure (0, 15 and 30 t ha^{-1}) with 0% and 5% pure Fe from converter. To investigate the effect of converter sludge-enriched cow manure on the changes in corn Pb uptake, a non-saline soil with low carbon percentage was selected. The soil was polluted with Pb from $Pb(NO_3)_2$ source at the concentrations of 0, 200, 300 and 400 mg Pb kg^{-1} soil and incubated for one month. Cow manure was produced in a local farm and aged for two years before the experiment. The cow manure was enriched with converter sludge and incubated for three months in room temperature. Then, the enriched cow manure was added to the Pb polluted soil and corn (*Zea mays* L. single grass 704) seeds were sown. After 60 days from the experiment, soil physio-chemical properties and soil and plant Pb concentration were measured.

Results and Discussion: The greatest and least DTPA-extractable-Pb were determined in the polluted soil (400 mg Pb) without applying cow manure and the polluted soil (200 mg Pb) treated with 30 t ha^{-1} enriched cow manure, respectively. The DTPA-extractable-Pb in uncontaminated soils was not detectable by atomic absorption spectroscopy (AAS). Increasing the amount of cow manure caused a significant reduction in DTPA-extractable-Pb as applying 15 and 30 t ha^{-1} cow manure in a polluted soil (300 mg Pb) resulted in a significant decrease in DTPA-extractable-Pb by 11.9 and 23.4 units, respectively. This can be accounted for by the role of organic and inorganic fractions of cow manure in decreasing soil Pb availability. Interactions between Fe and Pb appear to influence the soil Pb availability as application of 15 and 30 t ha^{-1} converter sludge-enriched cow manure in 300 mg Pb-polluted soil caused a significant decline in soil Pb availability by 10.4 and 9.3 units, respectively. The highest and least root Pb concentration were observed in the polluted soil (400 mg Pb) without applying cow manure and the polluted soil (200 mg Pb) treated with 30 t ha^{-1} enriched cow manure, respectively. The corn root Pb concentration in unpolluted soils was not detectable by AAS. Applying 5% (W/W) pure Fe from converter sludge in the polluted soil (300 and 400 mg Pb) which were not manured significantly decreased the root Pb concentration by 19 and 9 units, respectively which is explainable by the interaction existing between Pb and Fe in soil. Furthermore, root Pb concentration was affected by converter sludge enriched-cow manure as applying 15 and 30 t ha^{-1} converter sludge cow manure in a polluted soil (400 mg Pb) significantly decreased the root Pb concentration by 20.8 and 10.9 units, respectively. However, the role of cow manure in increasing pH and decreasing root Pb concentration cannot be ignored. The greatest and least shoot Pb concentration was obtained for the polluted soil (400 mg Pb) without applying cow manure and the polluted soil (200 mg Pb) treated with 30 t ha^{-1} enriched cow manure, respectively. The corn shoot Pb concentration in unpolluted soils

1, 2- Forner MSc. Student and Assistant Professor, Department of Soil Science, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran
(*-Corresponding Author Email:a-baghaie@iau-arak.ac.ir)

Archive of SID

www.SID.ir

was not detectable by atomic absorption spectroscopy (AAS). Interaction effects were also observed for shoot Pb concentration as using 5% (W/W) pure Fe from converter sludge in the polluted soil (300 and 400 mg Pb) which were not treated by cow manure significantly decreased the shoot Pb concentration by 4.1 and 4.7 units, respectively.

Conclusion: The results of this study showed that interactions between Pb and Fe seem to play an important role in reducing root and shoot Pb concentration. On the other hand, applying cow manure can increase the soil sorption properties such as CEC and decrease the soil Pb availability and plant Pb uptake which is explainable by the fact that the organic and inorganic fractions of manure impact the Pb availability. However, the influences of soil physico-chemical properties such as pH upon soil Pb availability should be taken into account.

Keywords: Converter sludge, Cow manure, Enrichment, Heavy metal, Pollution

Archive of SID

www.SID.ir