نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد چهارم، شماره چهارم، ۱۳۹۳
http://ejsms.gau.ac.ir

تأثیر کمپوست زباله شهری تهران و زمان بر غلظت روی و مس در خاک و گیاه ذرت

مریم فلاحی‌مطلق[۱]، *عبدالامیر بستانی[۲] و حشمت امیدی[۳]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه شاهد،
[۲]استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه شاهد، [۳]استادیار گروه زراعت، دانشگاه شاهد

تاریخ دریافت: ۹۲/۶/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۲/۲۶

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد کمپوست زباله شهری تهران (MSWC) بر غلظت روی و مس در خاک تحت کشت ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.) رقم سینگل کراس (۷۰٤)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی (RCBD) با دو عامل مقادیر مختلف کمپوست زباله شهری (صفر، ۱۵، ۳۰ و ٦۰ تن بر هکتار) و زمان (اعمال یک مرتبه یا دو مرتبه کمپوست) در سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد کمپوست زباله شهری تأثیر معنی‌داری بر کاهش pH و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و کربن آلی خاک داشت. کمپوست زباله شهری باعث افزایش معنی‌دار روی و مس کل خاک و قابل عصاره‌گیری با DTPA گردید ($P\leq$۰/۰۱). بیش‌ترین مقدار روی و مس قابل‌جذب به‌ترتیب برابر با ۱۰/۸۲ و ۹/۲۹ میلی‌گرم در کیلوگرم، مربوط به تیمار ٦۰ تن درهکتار سال دوم به‌دست آمد به‌گونه‌ای که در مقایسه با تیمار شاهد برای روی ۹۷/۹٤ و برای مس ۱۱۰/۰۲ درصد افزایش نشان داد. نتایج نشان داد کمپوست زباله شهری اثر معنی‌داری بر افزایش غلظت روی و مس در ریشه و اندام هوایی داشت ($P\leq$۰/۰۱). بیش‌ترین مقدار جذب روی و مس در تیمار سال دوم ٦۰ تن بر هکتار مشاهده شد که در مقایسه با شاهد برای عنصر روی در ریشه و اندام هوایی به‌ترتیب ۹۲/۳٦ و ۷۰/۲٦ درصد و برای عنصر مس در ریشه و اندام هوایی به‌ترتیب ۷۳/۸۷ و ۱۱۸/٦۲ درصد افزایش یافت. کمپوست زباله شهری برای هر دو عنصر روی و مس سبب افزایش فاکتور دسترسی زیستی شد البته این مسأله برای مس مشهودتر بود. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین روی و مس کل و قابل استخراج با DTPA و غلظت این عناصر در ریشه و اندام هوایی گیاه مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: ذرت، روی، کمپوست زباله شهری تهران، مس

* مسئول مکاتبه: bostani@shahed.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

ذرت یکی از غلات گرمسیری و از خانواده گندمیان (گرامینه) متعلق به گیاهان تک‌لپه می‌باشد. با توجه به شرایط آب و هوایی مناسبی که کشور ایران برای تولید ذرت دارا می‌باشد در بیش‌تر مناطق کشور نسبت به کاشت این محصول اقدام می‌گردد. همچنین با توجه به کمبود مراتع غنی و تراکم زیاد دام در ایران، تولید ذرت علوفه‌ای اهمیت ویژه‌ای دارد که یکی از کاربردهای آن، استفاده از اندام‌های هوایی این گیاه (به‌صورت تازه، خشک و یا سیلوشده) در تغذیه دام می‌باشد (مستشاری، ١٩٩٧). در خاک‌های ایران به دلایل متعددی از جمله مقدار کربنات کلسیم معادل[1] و pH بالا، فقر مواد آلی و حضور بی‌کربنات فراوان در آب‌های آبیاری، با وجود کافی بودن مقدار کل، اما کمبود شکل قابل دسترس عناصر کم‌مصرف از جمله روی و مس عمومیت دارد (مارشنر، ١٩٩٣؛ رفیعی و همکاران، ٢٠٠٥). بیش از ٦٠ درصد خاک‌های ایران، کم‌تر از یک درصد ماده آلی دارند (خدیوی‌بروجنی و همکاران، ٢٠٠٨) و این امر باعث کاهش فراهمی دسترسی عناصر کم‌مصرف در خاک و کمبود این عناصر در گیاهان می‌شود. در تهران، بیش از ٧٠٠٠ تن زباله در روز تولید می‌شود که نزدیک به ٧٠ درصد ترکیب این زباله‌ها را پسماندهای غذایی با فسادپذیری بالا تشکیل می‌دهد (فرزادکیا و همکاران، ٢٠٠٩). با تبدیل این زباله‌ها به کمپوست و اضافه کردن آن‌ها به خاک، علاوه‌بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و تغذیه‌ای خاک‌ها (لاخدار و همکاران، ٢٠٠٩) می‌توان باعث کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی شد (خدیوی‌بروجنی و همکاران، ٢٠٠٨). تحرک و فراهمی عناصر غذایی در خاک‌های تیمار شده با کمپوست زباله شهری، تحت‌تأثیر فاکتورهایی مانند pH، پتانسیل ریداکس، غلظت و نوع یون‌های رقابت‌کننده برای جذب و حضور لیگاندهای آلی و غیرآلی در خاک قرار دارد (آچیبابا و همکاران، ٢٠٠٩). مطالعات مختلف نشان می‌دهد که مصرف کمپوست زباله شهری در خاک‌های آهکی به‌طور معنی‌دار باعث کاهش pH و افزایش کربن آلی خاک می‌شود (لابوسکی و لامب، ٢٠٠٣؛ آچیبا و همکاران، ٢٠٠٩؛ آچیبا و همکاران، ٢٠١٠). استونسون (١٩٩١) گزارش کرد که عناصر کم‌مصرف کاتیونی در pHهای بالا رسوب می‌کنند اما این کاتیون‌ها با تشکیل کمپلکس با مواد آلی می‌توانند به‌صورت محلول درآیند. هوموس به‌عنوان مهم‌ترین بخش مواد آلی، به‌طور مستقیم بر رهاسازی و تشکیل کمپلکس با عناصر غذایی، ظرفیت تبادل کاتیونی و ظرفیت بافری خاک مؤثر است

1- Carbonate Calcium Equivalent

Archive of SID

www.SID.ir

(چمانی و همکاران، ۲۰۱۲). تشکیل پیوند یون‌های فلزی با مواد هومیکی به pH، نوع و مقدار گروه‌های عاملی اسیدی، طول پیوند و وزن مولکولی آن‌ها بستگی دارد. با افزایش pH و افزایش طول پیوند، کاتیون‌های سه‌ظرفیتی نسبت به کاتیون‌های دو ظرفیتی پیوند بیش‌تری تشکیل می‌دهند (مورتودت و همکاران، ۱۹۹۱). نتایج مطالعات طیف‌سنجی مادون قرمز (IR) نشان می‌دهد که گروه‌های عاملی کربوکسیل اسید هومیک و اسید فولویک، نقش برجسته‌ای در کمپلکس کردن کاتیون‌های دو ظرفیتی و سه‌ظرفیتی دارند (استونسون، ۱۹۹۱). اسید هومیک یک ترکیب پلیمری طبیعی آلی (کشاورزی و چمنی، ۲۰۱۱) بوده و به‌عنوان یک اسید آلی به‌دست آمده از هوموس، از طریق اثرات هورمونی و تشکیل کمپلکس با یون‌های معدنی (کمری‌شاه‌ملکی و همکاران، ۲۰۱۳) سبب بهبود جذب عناصر غذایی می‌شود. توانایی اسید هومیک برای تشکیل کمپلکس با کاتیون‌های عناصر کم‌مصرف می‌تواند به‌دلیل میزان بالای گروه‌های عاملی محتوی اکسیژن، که شامل COOH، فنولیک–OH، اینولیک–OH، الکل–OH و C=O باشد (استونسون، ۱۹۹۱). به‌دلیل وزن مولکولی پایین و میزان بالای گروه‌های عاملی اسیدی فولویک اسید، کمپلکس فلز با فولویک اسید، حساسیت کم‌تری برای تشکیل رسوب، نسبت به هومیک اسید دارد (استونسون، ۱۹۹۱). مک‌براید (۱۹۸۲) بیان نمود که اجزاء ماده آلی مثل هومیک اسید و فولویک اسید با آهن و مس کمپلکس‌های درون‌کره‌ای[1] (کمپلکس‌های پایدار) و با روی و منگنز کمپلکس‌های برون‌کره‌ای[2] (کمپلکس‌های ضعیف) تشکیل می‌دهند. استونسون (۱۹۹۱) گزارش کرد که در محلول خاک عناصر مس و آهن به شکل کمپلکس‌های پایدار و منگنز بیش‌تر به شکل یونی آزاد در محلول خاک حضور دارد و عنصر روی، بین این دو شکل توزیع شده است. پژوهش‌های نشان می‌دهد مس بر خلاف روی کمپلکس‌های پایدارتری با مواد آلی حل شده تشکیل می‌دهد (بوسینلی و همکاران، ۲۰۰۹). ایوانی و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که الکترونگاتیوی زیاد Cu^{2+} نسبت به Zn^{2+} نشان می‌دهد که مس، تمایل بیش‌تری برای تشکیل پیوندهای کووالانسی قوی با لیگاندهای آلی دارد. فراهمی روی برای گیاهان در خاک‌های با pH بالا به‌علت جذب سطحی بر سطح رس یا کربنات کلسیم، کاهش می‌یابد و به‌ازای هر واحد افزایش در pH خاک، حلالیت املاح روی ۱۰۰ برابر کاهش می‌یابد (لیندسی، ۱۹۹۲). براساس گزارش اسپیر و

1- Inner Sphere
2- Outer Sphere

Archive of SID

www.SID.ir

همکاران (٢٠٠٤) کاربرد لجن فاضلاب، به مقدار سالانه ٢٠٠ تن در هکتار در خاک لومی شنی سبب افزایش قابل‌توجه مقدار روی کل و قابل‌دسترس خاک شد. بررسی‌های کلباسی و همکاران نشان داد که در خاک‌های آهکی، روی به‌صورت کربنات روی رسوب کرده و از دسترس گیاه خارج می‌شود به همین دلیل کاربرد کودهای آلی با افزایش ماده آلی خاک و همچنین کاهش pH خاک، تا حد زیادی باعث رفع کمبود این عناصر در گیاه می‌گردند (به نقل از شریفی و همکاران، ٢٠١١). معمولاً غلظت فلزات در بافت گیاهی تابعی از غلظت آن‌ها در محلول خاک می‌باشد اما این همبستگی مطابق با گونه و بافت گیاه متفاوت می‌باشد (حسین پور و قاجار، ٢٠١٢). روی در گیاه عنصری متحرک بوده و به سهولت از ریشه به اندام هوایی گیاه منتقل می‌شود در حالی‌که مس و آهن، به‌طور عمده در ریشه‌ها باقی می‌مانند. سازوکارهای گیاه مانند دفع فلزات، محدودیت نقل و انتقال از ریشه به اندام هوایی و اشباع سیستم حامل از جمله عواملی هستند که سبب تجمع این فلزات در ریشه می‌شوند (حسین‌پور و قاجار، ٢٠١٢). هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر کمپوست زباله شهری و دفعات کاربرد بر غلظت عناصر روی و مس در خاک و گیاه ذرت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی سطوح مختلف کمپوست زباله شهری تهران بر غلظت عناصر روی و مس در خاک و گیاه ذرت، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد، به‌صورت کرت‌های خرد شده (مقادیر کمپوست در کرت‌های اصلی و دفعات مصرف در کرت‌های فرعی) در سه تکرار در سال زراعی ٩٠-٨٩ و ٩١-٩٠ مدیریت شد. اما با توجه همگنی شرایط در بلوک‌های آزمایشی و عدم معنی‌داری خطای کرت‌های اصلی، تجزیه آماری صفات ارزیابی شده به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. عامل اول چهار سطح تیمار کمپوست شامل شاهد، ١٥، ٣٠ و ٦٠ تن بر هکتار و عامل دوم کاربرد یک‌ساله و دو ساله در نظر گرفته شد. به این صورت که کرت اصلی در سال اول مشخص و سطوح مختلف تیمار به آن افزوده شد و در سال دوم هر کرت به دو قسمت مساوی تقسیم شد و تنها به یک قسمت آن همان تیمار سال قبل افزوده شد. عملیات آماده‌سازی و افزودن کمپوست در اردیبهشت و کشت ذرت (سینگل کراس ٧٠٤) در تیرماه صورت گرفت. تعداد بوته در واحد مترمربع ١٠ عدد، بذرها به فاصله

Archive of SID

www.SID.ir

۲۰ سانتی‌متری از هم و فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر انتخاب شد. ابعاد کرت در سال اول ۱۲ و در سال دوم ٦ مترمربع تعیین شد. کشت به‌صورت دستی و طبق اصول به‌زراعی و آبیاری به‌صورت منظم انجام شد. برای هر کرت آبیاری به روش جوی و پشته‌ای به‌صورت جداگانه و یک بار در هفته آبیاری انجام شد. در پایان فصل رشد از عمق ۲۵-۰ سانتی‌متری خاک هر کرت یک نمونه مرکب برداشته و پس از هوا خشک شدن و عبور از الک ۲ میلی‌متری، برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن شامل درصد اشباع، تهیه عصاره اشباع و تعیین هدایت الکتریکی و pH در آن به روش رودز (۱۹۸۲)، بافت خاک با روش هیدرومتر (بایوکاس، ۱۹٦۲)، ماده آلی به روش اکسایش تر (نلسون و سامرز، ۱۹۸۲)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش باور و همکاران (۱۹۵۲) و کربنات کلسیم به روش کلسیمتر فشاری (نلسون، ۱۹۸۲) اندازه‌گیری شد. نمونه‌های گیاهی از هر کرت به‌صورت تصادفی در سه تکرار برداشت شدند. ریشه‌ها از عمق ۵۰-۰ سانتی‌متری و بخش اندام هوایی مرکب از ساقه و برگ نمونه‌برداری شد. برای اندازه‌گیری روی و مس قابل‌جذب و کل خاک به‌ترتیب از روش DTPA (لیندسی و نورول، ۱۹۷۸) و روش اسیدنیتریک، آب اکسیژنه و اسید کلریدریک (گوپتا، ۲۰۰۰) استفاده شد. برای اندازه‌گیری غلظت این عناصر در گیاه نیز از هر کرت یک نمونه مرکب از اندام هوایی و ریشه برداشته و پس از آماده‌سازی به روش هضم تر (هضم با اسید نیتریک و پرکلریک) عصاره‌گیری شد (گوپتا، ۲۰۰۰). در نهایت غلظت عناصر با دستگاه جذب اتمی مدل Analytic Jena Contra AA300 قرائت گردید. محاسبه‌های آماری با نرم‌افزار SAS انجام و نمودارها با Excel ترسیم شد. فاکتور انتقال از تقسیم غلظت عنصر در اندام هوایی نسبت به ریشه (کربونل و همکاران، ۲۰۱۱) و فاکتور دسترسی زیستی از تقسیم غلظت قابل‌دسترس عنصر به غلظت کل آن محاسبه گردید (اسمیت، ۲۰۰۹).

نتایج و بحث

جدول ۱ برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این جدول مشخص است بافت خاک به‌نسبت سبک، دارای مقدار ماده آلی کم بوده و خاک آهکی می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ١- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی قبل از اعمال تیمارها.

بافت	pH	EC_e	رس	سیلت	شن	SP	OC	CCE*	CEC
-	-	(دسی‌زیمنس بر متر)				(درصد)			($Cmol_c\ kg^{-1}$)
لوم	٨/٢٨	١٠/٠٦	٢٤	٤٠	٣٦	٣١	١/١٧	١١/٥	١٢/١٣

* کربنات کلسیم معادل.

ادامه جدول ١- غلظت عناصر آهن، منگنز، روی و مس قابل استخراج با DTPA قبل از اعمال تیمارها.

آهن	منگنز	روی	مس
DTPA (میلی‌گرم بر کیلوگرم)			
٢/٧٨	١١/٨٩	٤/٨٦	٤/١٧

جدول ٢ برخی از ویژگی‌های کمپوست زباله شهری مورد استفاده را نشان می‌دهد. با توجه به استانداردهای ارایه شده برای کمپوست توسط مراجعی همچون WHO (سازمان بهداشت جهانی) و EPA (آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا)، به‌جز قابلیت هدایت الکتریکی، سایر پارامترها در شرایط مطلوبی قرار دارند (ابراهیمی و همکاران، ٢٠٠٨).

جدول ٢- برخی ویژگی‌های کمپوست زباله شهری مورد استفاده.

pH (١:٢)	EC (١:٢)	OC	C/N	N	P	K
-	(دسی‌زیمنس بر متر)			(درصد)		
٧/٢	١٠	٢٥	١٢/١	٢/٠٥	٠/٦٨	٠/٥٨

ادامه جدول ٢- غلظت عناصر آهن، منگنز، روی، مس، نیکل، سرب و کادمیوم کل موجود در کمپوست زباله شهری.

آهن	منگنز	روی	مس	نیکل	سرب	کادمیوم
Total (میلی‌گرم بر کیلوگرم)						
١٦٢٠٠	٤٢٦/٦	٦٠٩/٥	٣١٢/٧	٣٩/٧	١١٩	٢/٥٤

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس اثر کمپوست زباله شهری بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نشان داد که سطوح کمپوست زباله شهری و دفعات اعمال تأثیر معنی‌داری بر pH، کربن آلی، کربنات کلسیم معادل، درصد اشباع و شوری خاک دارد (جدول ٣).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- تجزیه واریانس pH، کربنات کلسیم معادل، کربن آلی، درصد اشباع خاک و شوری در خاک در سطوح کمپوست زباله شهری.

منابع تغییرات	درجه آزادی	pH	CCE	OC	SP	EC
		–	(درصد)			(دسی‌زیمنس بر متر)
تکرار	۲	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۰۱۵^{ns}	۰/۰۴۱^{ns}	۰/۸۱*
کمپوست زباله شهری	۳	۱/۱۰**	۰/۲۱**	۰/۳۴**	۱۱/۴۹**	۵۱/۲۸**
دفعات کاربرد	۱	۰/۱۵*	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۱۳**	۷/۴۹^{ns}	۵/۴۱**
کمپوست × دفعات	۳	۰/۰۲۱^{ns}	۰/۰۱۶^{ns}	۰/۰۱*	۲/۳۹^{ns}	۰/۶۹^{ns}
خطا	۱۴	۰/۰۳۳	۰/۰۱۵	۰/۰۰۴	۲/۳۳	۰/۲۲
ضریب تغییرات		۲/۴۱	۱/۱۰	۴/۴۲	۴/۷۴	۳/۵۲

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

شکل ۱، نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح کمپوست زباله شهری و دفعات اعمال آن بر کربن آلی و pH را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که کمپوست، بیش‌ترین تأثیر را بر میزان pH، EC و OC داشته است. میزان کربن آلی در تیمارهای ۱۵، ۳۰ و ۶۰ تن بر هکتار در کرت‌هایی که یک‌بار کمپوست دریافت نمودند به‌ترتیب ۱۶/۱، ۲۷/۱۱ و ۳۶/۴۴ درصد افزایش داشت. این مقادیر برای کرت‌های با اعمال دو مرتبه کمپوست زباله شهری، به‌ترتیب ۲۹/۶۶، ۴۴/۰۶ و ۶۱/۰۱ درصد به‌دست آمد. مطالعات مختلف نشان می‌دهد مواد آلی با داشتن وزن مولکولی پایین، از طریق تشکیل لیگاندهای آلی محلول، کربوکسیلیک اسیدها، اسیدهای آمینه و فلویک اسید، جذب فلزات توسط گیاهان را افزایش می‌دهند (آچیبا و همکاران، ۲۰۰۹). نتایج نشان داد مقدار کربن آلی در تیمارهای ۳۰ تن بر هکتار سال دوم و ۶۰ تن بر هکتار سال اول و همچنین ۱۵ تن بر هکتار سال دوم و ۳۰ تن بر هکتار سال اول، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. این مسأله ابقا و اثربخشی کمپوست زباله شهری بر ویژگی‌های مختلف خاک را برای چند سال متوالی نشان می‌دهد. همچنین نتایج نشان داد که میزان pH در تیمارهای ۱۵، ۳۰ و ۶۰ تن بر هکتار در کرت‌هایی که یک‌بار کمپوست دریافت نمودند به‌ترتیب ۶/۴۳، ۹/۳۵ و ۱۰/۰۸ درصد کاهش داشت. این مقادیر برای کرت‌های با اعمال دو مرتبه کمپوست زباله شهری، به‌ترتیب ۹/۳۵، ۱۰/۹۳ و ۱۳/۳۶ درصد بود. لابوسکی و لمب (۲۰۰۳) نیز گزارش کردند که مصرف کمپوست در خاک باگذشت زمان، pH خاک را کاهش می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ١- تأثیر سطوح کمپوست زباله شهری و دفعات اعمال بر میزان کربن آلی (a)، pH (b) و شوری خاک (c).

علاوه‌بر کربن آلی و pH، شوری نیز تحت‌تأثیر افزودن کمپوست زباله شهری قرار گرفت. اصلی‌ترین عیب کاربرد کمپوست زباله شهری، افزایش شوری آن می‌باشد. به‌طوری‌که برای کرت‌های با اعمال یک مرتبه کمپوست، در تیمارهای شاهد، ١٥، ٣٠ و ٦٠ تن بر هکتار، به‌ترتیب مقادیر ١٠/٠٦، ١٢، ١٤/١٣ و ١٦/٠٦ دسی‌زیمنس بر متر و برای کرت‌های با اعمال دو مرتبه کمپوست، به‌ترتیب مقادیر ١٠/٠٦، ١٢/٩٦، ١٥/٤٠ و ١٧/٦٧ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد. همان‌طورکه مشاهده می‌شود

Archive of SID

www.SID.ir

تأثیر کمپوست بر شوری، روند افزایشی داشته است و این تأثیر برای همه کرت‌های تیمار شده با کمپوست در سال دوم نسبت به سال اول بیش‌تر است. استونسون (۱۹۹٤) بیان کرد که افزایش شوری با افزایش مقدار ماده آلی در خاک ارتباط دارد. میشرا و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که با افزایش سطوح کمپوست زباله شهری در مقایسه با تیمار شاهد هدایت الکتریکی خاک افزایش یافت. شیرالیپور و همکاران (۱۹۹۲) بیان کردند که افزایش سطوح کمپوست زباله شهری منجر به افزایش هدایت الکتریکی در خاک شد. این پژوهشگران دلیل این افزایش را تجزیه مواد آلی و در نتیجه تولید نمک‌های با غلظت بالا ذکر کردند. فرانکو- اترو و همکاران (۲۰۱۲) نیز بیان کردند که کاربرد کمپوست لجن فاضلاب در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری منجر به افزایش هدایت الکتریکی خاک گردید. آن‌ها دلیل افزایش هدایت الکتریکی را افزایش نمک‌های محلول و معدنی شدن مواد آلی ذکر کردند. همچنین افزایش شوری در خاک‌های تیمار شده با کمپوست زباله شهری توسط هارگریوز و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش شده است. با توجه به این‌که EC_e کمپوست زباله شهری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد افزایش شوری خاک‌های تیمار شده با کمپوست زباله شهری را می‌توان به املاح موجود در کمپوست نسبت داد. نتایج نشان داد اثر کمپوست زباله شهری بر درصد اشباع خاک (SP) محدودتر بوده به‌گونه‌ای که درصد اشباع از ۳۱ برای تیمار شاهد به ۳۳ و ۳۵/۳ برای تیمار ٦۰ تن بر هکتار به‌ترتیب در سال اول و دوم افزایش یافت ($P\leq$۰/۰۵). این افزایش بین تیمارهای شاهد، ۱۵ و ۳۰ تن بر هکتار معنی‌دار نشد. ظرفیت تبادل کاتیونی نیز با افزایش کمپوست زباله شهری افزایش یافت به‌طوری‌که در تیمارهای ۱۵، ۳۰ و ٦۰ تن بر هکتار نسبت به تیمار شاهد در کرت‌هایی که یک‌بار کمپوست دریافت نمودند به‌ترتیب ٤/٤٥، ۱۲/۰۳ و ۱۵/۵۸ درصد افزایش داشت. این مقادیر برای کرت‌های با اعمال دو مرتبه کمپوست زباله شهری، به‌ترتیب ۱۹/۱۲، ۲۵/٦۳ و ۲۹/٦۷ درصد افزایش نشان داد.

اثر کمپوست زباله شهری بر غلظت روی و مس در خاک: نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس اثر سطوح کمپوست زباله شهری، بر غلظت روی و مس کل و قابل استخراج با DTPA در جدول ٤ آمده است. نتایج نشان داد که بین تیمارهای مختلف کمپوست زباله شهری و دفعات کاربرد بر میزان روی و مس کل و قابل استخراج با DTPA در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤- تجزیه واریانس مقادیر روی و مس کل و قابل استخراج با DTPA در سطوح کمپوست زباله شهری.

منابع تغییرات	درجه آزادی	روی	مس	روی	مس
		کل		قابل استخراج با DTPA	
تکرار	٢	١١/٤٢^{ns}	١/٨١^{ns}	٠/٢٢^{ns}	٠/١٦^{ns}
کمپوست زباله شهری	٣	١١٩٥/١٧**	٣٠٥/٨٢**	٤٢/١٣**	٣٧/٥٤**
دفعات کاربرد	١	١٢١٤/٨٣**	٦٤٣/٥**	٧٥/٢١**	٥١/٦٤**
کمپوست × دفعات	٣	٩١/٧٨*	٨٦/٢١**	٨/٤**	٧/٥٢**
خطا	١٤	٣٠/٤٧	٥/٩٤	٠/٢٨	٠/٥٢
ضریب تغییرات		٦/٢٢	٦/٦٨	٧/٦٩	١٢/٣٢

* معنی‌دار در سطح احتمال ٥ درصد، ** معنی‌دار در سطح احتمال ١ درصد و ^{ns} غیرمعنی‌دار.

نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین اثر سطوح کمپوست زباله شهری بر غلظت روی و مس کل و قابل استخراج با DTPA در جدول ٥ ارایه شده است. بیش‌ترین مقدار روی و مس قابل‌جذب به‌ترتیب برابر با ١٠/٨٢ و ٩/٢٩ میلی‌گرم در کیلوگرم، مربوط به تیمارکمپوست ٦٠ تن در هکتار سال دوم به‌دست آمد. نتایج نشان داد که غلظت روی کل و قابل دسترس در تیمار ٦٠ تن بر هکتار در مقایسه با شاهد به‌ترتیب ٣١/٦٦، ٦٨/٢٣ درصد افزایش یافت. این مقادیر برای مس کل و قابل‌دسترس به‌ترتیب ٥٨/٠٢، ٨١/٣٠ درصد به‌دست آمد. این نتایج بیانگر تأثیر حدود سه برابری کمپوست زباله شهری بر فرم قابل‌دسترس در مقایسه با فرم کل برای هر دو عنصر مس و روی می‌باشد. وارمن و همکاران (٢٠٠٩) گزارش کردند که با افزایش سطوح کمپوست زباله شهری، مقدار روی و مس قابل‌دسترس خاک، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. هارگریوز و همکاران (٢٠٠٨) در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که افزودن کمپوست زباله شهری، منجر به افزایش روی کل خاک در مقایسه با تیمار شاهد گردید. کربونل و همکاران (٢٠١١) نیز گزارش کردند که کمپوست زباله شهری، غلظت روی کل را در خاک‌های شنی لومی افزایش داد. مشابه این نتایج توسط زنگ و همکاران (٢٠٠٦) نیز گزارش شده است. یافته‌های بالدانتونی و همکاران (٢٠١٠) نشان داد که اصلاح‌کننده‌های کمپوست، بر غلظت قابل‌دسترس عناصر در خاک، بیش‌تر از غلظت کل عناصر تأثیر می‌گذارند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- مقایسه میانگین غلظت عناصر روی و مس کل و استخراج شده با DTPA از خاک در سطوح کمپوست زباله شهری.

کمپوست زباله شهری	روی	مس	روی	مس
($t\ ha^{-1}$)	Total (میلی‌گرم بر کیلوگرم)		DTPA (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	
شاهد	۷۷/۵۲^{c}	۳۱/٦٤^{d}	٤/۸٦^{c}	٤/۱۸^{d}
۱۵	۸۸/۰۹^{b}	۳٤/۸۸^{c}	٦/۹۱^{b}	۵/۳٤^{c}
۳۰	۹۳/٤٦^{a}	۳۸/۲۹^{b}	۸/۰۳^{a}	٦/۳۰^{b}
٦۰	۹۵/۸٦^{a}	٤۱/۱٤^{a}	۸/۱۸^{a}	۷/۵۹^{a}

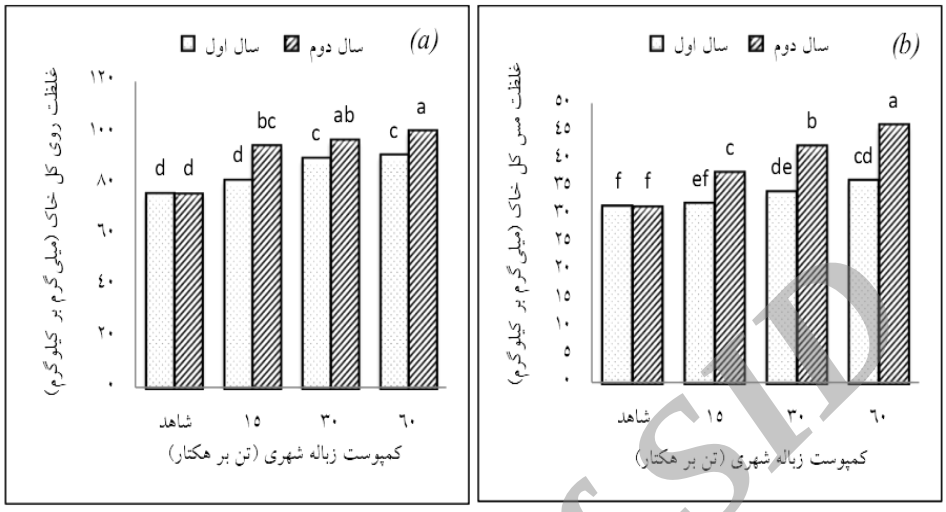
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

همچنین نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین مربوط به اثر دفعات اعمال کمپوست بر غلظت روی و مس کل و قابل استخراج با DTPA نشان داد که غلظت این دو عنصر در تیمارهایی که دو مرتبه کمپوست دریافت نموده بودند به‌طور معنی‌داری در مقایسه با کرت‌هایی که یک بار کمپوست دریافت کردند بالاتر بود ($P\leq$۰/۰۱). به‌طوری‌که غلظت روی و مس کل برای تیمارهای دوبار اعمال کمپوست نسبت به یک مرتبه اعمال آن به‌ترتیب ۹/۷ و ۱۷/۸۲ درصد و برای روی و مس قابل استخراج با DTPA به‌ترتیب ۳٤/۱۷ و ۳۳/۷۳ درصد افزایش یافت.

نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح کمپوست و دفعات اعمال آن بر غلظت روی و مس کل در شکل ۲ آمده است. نتایج نشان داد که که غلظت روی کل در تیمارهای ۱۵، ۳۰ و ٦۰ تن بر هکتار در کرت‌هایی که یک‌بار کمپوست دریافت نمودند به‌ترتیب ٦/۷۸، ۱۸/۰٤ و ۱۹/٦۲ درصد و برای کرت‌های با اعمال دو مرتبه کمپوست زباله شهری، به‌ترتیب ۲۰/۲۳، ۲۲/۹۸ و ۲۷/۵۳ درصد افزایش داشت. این مقادیر برای مس کل در تیمارهای ۱۵، ۳۰ و ٦۰ تن بر هکتار در سال اول به‌ترتیب ۱/۳۵، ۷/۹٦، ۱٤/۱۵ درصد و برای سال دوم، به‌ترتیب ۱۹/۱۵، ۳٤/۰۷، ٤۵/۸۵ درصد به‌دست آمد. همچنین غلظت روی قابل استخراج با DTPA در تیمارهای ۱۵، ۳۰ و ٦۰ تن بر هکتار در کرت‌هایی که یک‌بار کمپوست دریافت نمودند به‌ترتیب ۱۵/٦٤، ۳۷/٤۵ و ۳۸/٦۸ درصد و برای کرت‌های با اعمال دو مرتبه کمپوست زباله شهری، به‌ترتیب ٦۸/۷۲، ۹۳ و ۹۷/۹٤ درصد افزایش داشت. این مقادیر برای مس قابل استخراج با DTPA در تیمارهای ۱۵، ۳۰ و ٦۰ تن بر هکتار در سال اول به‌ترتیب ۱۰/۵، ۱۵/۵۱، ۵۲/۲۷ درصد و برای سال دوم، به‌ترتیب ٤٤/۳۹، ۸۵/٦۸، ۱۱۰/۰۲ درصد به‌دست آمد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ٢- مقایسه میانگین اثر سطوح کمپوست زباله شهری و تعداد دفعات مصرف بر غلظت روی (a) و مس (b) کل در خاک. میانگین‌های دارای حروف مشترک مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن، در سطح ٥ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

تأثیر کمپوست زباله شهری بر غلظت روی و مس در گیاه: نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس اثر سطوح کمپوست زباله شهری بر غلظت روی و مس در ریشه و اندام هوایی ذرت در جدول ٦ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که بین تیمارهای مختلف کمپوست زباله شهری و دفعات کاربرد، در ریشه و اندام هوایی اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($P\leq$٠/٠١) اما اثر تکرار معنی‌دار نشد.

جدول ٦- تجزیه واریانس غلظت روی و مس در ریشه و اندام هوایی گیاه ذرت.

منابع تغییرات	درجه آزادی	ریشه		اندام هوایی	
		روی	مس	روی	مس
تکرار	٢	٨/٥٦^{ns}	١/٦٧^{ns}	٣١/٥٨^{ns}	٠/٥٠^{ns}
کمپوست زباله شهری	٣	٢٨٢٥/٤٢**	٦٨٢/١٣**	٢١٧٥/٠٤**	٣١/٨٦**
زمان کاربرد	١	٣٨٦٤/٥٢**	١٤١٩/٦٤**	١٤٨٠/١٣**	٤/٢**
کمپوست × زمان	٣	٥٤٧/٢١**	١٧٣/٥٩**	٢٢٠/٥٥**	١/١٤*
خطا	١٤	٥٤/٣٣	٩/٣٦	٢٨/٠١	٠/٣٧
ضریب تغییرات		١٢/١٣	٨/٨٢	٨/٨٨	١٤/٤٨

* معنی‌دار در سطح احتمال ٥ درصد، ** معنی‌دار در سطح احتمال ١ درصد و ^{ns} غیرمعنی‌دار.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین اثر سطوح کمپوست زباله شهری بر غلظت روی و مس در ریشه و اندام هوایی ذرت در جدول ۷ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که بر خلاف عنصر روی، بین غلظت مس در ریشه و اندام هوایی اختلاف زیادی وجود دارد. غلظت روی در ریشه و اندام هوایی در تیمار ٦٠ تن بر هکتار کمپوست زباله شهری، نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ٦٤/٤٦ و٥٣/٤٨ درصد افزایش داشت. این افزایش برای مس در ریشه و اندام هوایی، به‌ترتیب ٥٣/٣٦ و ٩٩/٦٧ درصد به‌دست آمد. نتایج مطالعات میلاواراپو و زینتی (٢٠٠٩) نشان داد که در بافت گیاه جعفری، غلظت روی در شاهد از ٣٢/٣١ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ٥٣/٢٥ میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک تیمار شده با کمپوست زباله شهری رسید. همچنین غلظت مس در بافت گیاه جعفری از ٣/٥٥ در شاهد به ٦/٧٣ میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک تیمار شده با کمپوست زباله شهری افزایش یافت. نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین مربوط به اثر دفعات اعمال کمپوست بر غلظت روی و مس در ریشه و اندام هوایی گیاه ذرت نشان داد که غلظت این دو عنصر در تیمارهایی که دو مرتبه کمپوست دریافت نموده بودند به‌طور معنی‌داری در مقایسه با کرت‌هایی که یک بار کمپوست دریافت کردند افزایش یافت ($P\leq$٠/٠١). به‌طوری‌که غلظت روی در ریشه و اندام هوایی برای تیمارهای دو بار اعمال کمپوست نسبت به یک مرتبه اعمال آن به‌ترتیب ٢٧/٤٣ و ١٦/٤٨ درصد افزایش یافت. این افزایش برای عنصر مس در ریشه و اندام هوایی به‌ترتیب ٢٩/٣٨ و ١٢/٠٣ درصد به‌دست آمد. غلظت روی در ریشه و اندام هوایی به‌ترتیب از ٥٣/٤٠ و ٥٥/٠٢ در سال اول به ٦٨/٠٥ و ٦٤/٠٩ میلی‌گرم بر کیلوگرم در سال دوم افزایش یافت. این افزایش برای مس از ٣٠/٢٢ و ٣/٩٩ در سال اول به ٣٩/١٠ و ٤/٤٧ میلی‌گرم بر کیلوگرم در سال دوم رسید.

جدول ۷- مقایسه میانگین غلظت روی و مس ریشه و اندام هوایی ذرت در سطوح کمپوست زباله شهری.

کمپوست زباله شهری	روی	مس	روی	مس
($t\ ha^{-1}$)	ریشه (میلی‌گرم بر کیلوگرم)		اندام هوایی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	
شاهد	٤٥/٠٣^{d}	٢٧/٦٠^{d}	٤٧/٨٦^{d}	٣/٠٦^{d}
١٥	٥٧/٢١^{c}	٣٢/٧٩^{c}	٥٤/٥٨^{c}	٣/٥٩^{c}
٣٠	٦٦/٦٠^{b}	٣٥/٩٢^{b}	٦٢/٣٤^{b}	٤/١٧^{b}
٦٠	٧٤/٠٦^{a}	٤٢/٣٣^{a}	٧٣/٤٦^{a}	٦/١١^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ٥ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

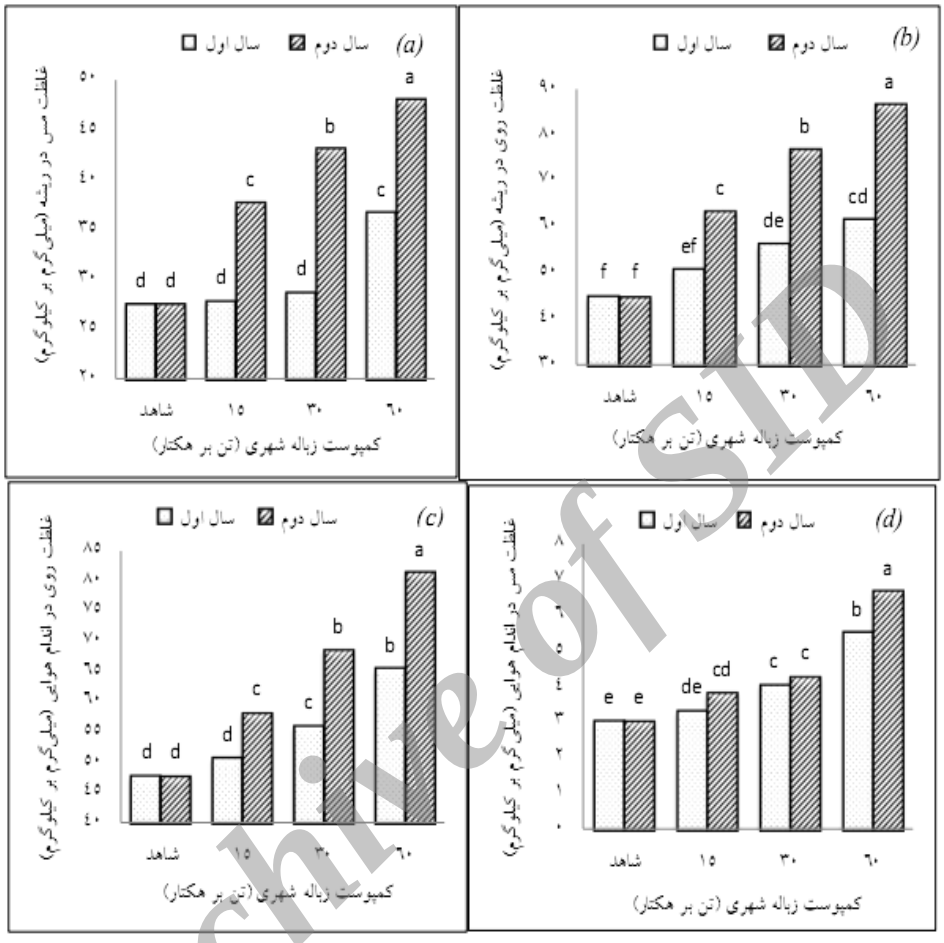
Archive of SID

www.SID.ir

شکل ٣ نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح کمپوست زباله شهری و دفعات اعمال آن بر غلظت روی و مس در ریشه و اندام هوایی گیاه ذرت را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که در مجموع غلظت این عناصر در ریشه بیش از اندام هوایی، در سال دوم بیش از سال اول و جذب روی بیش از مس است ($P\leq$٠/٠١). بیش‌ترین مقدار جذب روی و مس در تیمار سال دوم ٦٠ تن بر هکتار مشاهده شد که در مقایسه با شاهد برای عنصر روی در ریشه و اندام هوایی به‌ترتیب ٩٢/٣٦ و ٧٠/٢٦ درصد و برای عنصر مس در ریشه و اندام هوایی به‌ترتیب ٧٣/٨٧ و ١١٨/٦٢ درصد افزایش یافت. نتایج به‌دست آمده از مطالعات کربونل و همکاران (٢٠١١) نشان داد که در خاک‌های تیمار شده با کمپوست زباله شهری، جذب روی در ریشه و ساقه گیاه ذرت، بیش از مس می‌باشد. ابطحی و همکاران (٢٠١٣) بیان می‌کنند که قابلیت جذب روی به‌دلیل تمایل کم‌تر آن به تشکیل کمپلکس‌های آلی و تثبیت آن در ساختار کریستالی و کانی‌های خاک نسبت به سایر عناصر بیش‌تر است. تحرک بیش‌تر روی در مقایسه با مس می‌تواند به‌دلیل ویژگی‌های متفاوت شیمیایی این عناصر مانند الکترونگاتیویته (١/٦ برای روی و ١/٩ برای مس) و چگالی (٧/١ گرم بر سانتی‌مترمکعب برای روی و ٨/٩ گرم بر سانتی‌مترمکعب برای مس) منجر به تفاوت در جذب این عناصر توسط ریشه شده باشد. ون‌نوردویجک و همکاران (١٩٩٣) بیان می‌کنند که الکترونگاتیوی زیاد Cu^{+2} نسبت به Zn^{+2} موجب می‌شود که مس تمایل بالاتری برای تشکیل پیوندهای کووالانسی قوی با لیگاندهای آلی داشته باشد. کوربولوسکی و همکاران (٢٠٠٢) نیز نشان داد که روی دارای قابلیت اختلاط بیش‌تری با مواد آلی است و بنابراین نسبت به سایر فلزات سنگین به شکل‌های متنوع‌تری قابل دسترس است. شمنیت (٢٠٠٣) تشکیل کمپلکس‌های آلی را عامل اصلی افزایش قابلیت جذب مس و روی، در نتیجه مصرف پسماندهای آلی معرفی کرده است. براساس اطلاعات ارایه شده توسط حاتم و رونقی (٢٠١١) گستره کفایت برای مس ٧-٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک ذرت علوفه‌ای بیان شده است. بنابراین بر طبق اطلاعات ارایه شده می‌توان گفت که غلظت مس در اندام هوایی برای تیمار شاهد، ١٥ و ٣٠ تن بر هکتار سال اول و دوم و ٦٠ تن بر هکتار سال اول در محدوده کمبود قرار دارد اما با اضافه کردن ٦٠ تن بر هکتار کمپوست زباله شهری در سال دوم به محدوده کفایت رسیده و کمبود مس جبران شده است. این نتایج نشان می‌دهد که کمپوست زباله شهری، کود مناسبی برای تامین مس مورد نیاز گیاه، در خاک‌های آهکی می‌باشد. رفیعی و همکاران (٢٠٠٥) بیان کردند که حد بحرانی روی در برگ ذرت ٧٠-٢٠ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir



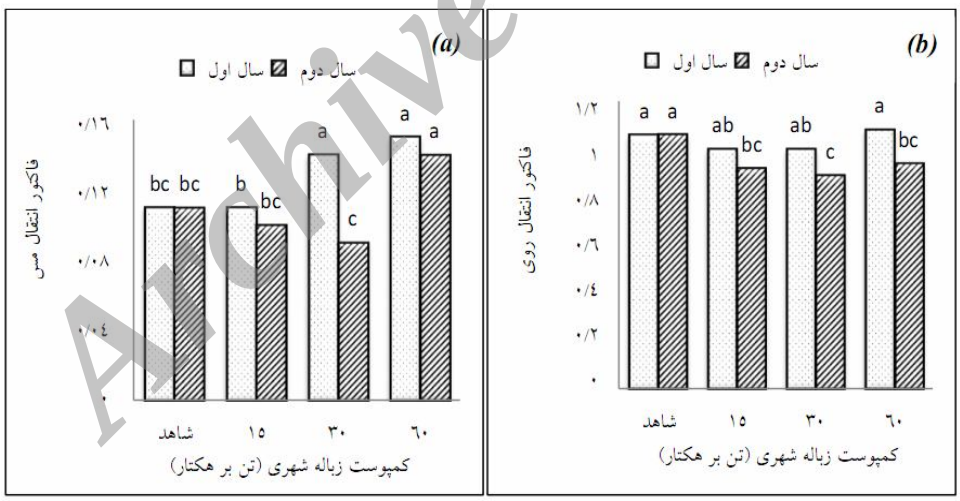
شکل ۳- اثر سطوح کمپوست زباله شهری و زمان بر فراهمی روی و مس در ریشه (b, a) و اندام هوایی (d, c).
میانگین‌های دارای حروف مشترک مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

شکل ٤ نتایج مربوط به فاکتور انتقال عناصر روی و مس از ریشه به اندام هوایی گیاه ذرت را نشان می‌دهد. فاکتور انتقال به‌صورت غلظت عنصر در اندام هوایی نسبت به ریشه تعریف می‌شود (بوس و بهاتاچتی، ۲۰۰۸) که توانایی گیاهان برای انتقال فلزات از ریشه به اندام هوایی را نشان می‌دهد (سینگ و آگراوال، ۲۰۰۷). نتایج نشان داد که فاکتور انتقال برای مس حدود ۱۰ برابر کم‌تر از روی است به‌گونه‌ای که دامنه تغییر فاکتور انتقال برای مس از ۰/۱۵-۰/۰۹ و برای روی از ۱/۰۸-۰/۸۹ می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج به‌دست آمده در مورد فاکتور انتقال متفاوت می‌باشد. لخذر و همکاران (٢٠٠٩) بیان کردند که فاکتور انتقال مس و روی از ریشه به ساقه گندم به‌ترتیب ١/١٧ و ٠/٨ میلی‌گرم بر کیلوگرم در شاهد و ٠/٥٧ و ٠/٨١ میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک تیمار شده با ٨٠ تن بر هکتار کمپوست زباله شهری به‌دست آمد. آن‌ها علت کاهش فاکتور انتقال برای مس در تیمار ٨٠ تن بر هکتار نسبت به شاهد را مکانیسم سم‌زدایی درونی گیاه گندم دروم بیان کردند. کربونل و همکاران (٢٠١١) نیز گزارش کردند که فاکتور انتقال در ذرت برای مس از ٠/٣٤ در شاهد به ٠/٢٤ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار کمپوست زباله شهری رسید این مقادیر برای روی از ٠/٧ در شاهد به ٠/٨٦ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار کمپوست زباله شهری به‌دست آمد. به‌نظر می‌رسد نوع و غلظت عنصر در خاک و میزان نیاز گیاه نقش اساسی در روند فاکتور انتقال به عهده دارند. به‌گونه‌ای که در غلظت‌های بالا بر خلاف جذب توسط ریشه اما انتقال آن به اندام هوایی متناسب با نیاز گیاه محدود می‌شود. حسین‌پور و قاجار (٢٠١٢) بیان می‌کنند روی عنصری متحرک بوده و به سهولت از ریشه به اندام هوایی گیاه منتقل می‌شود در حالی‌که مس و آهن، در ریشه‌ها باقی می‌مانند.

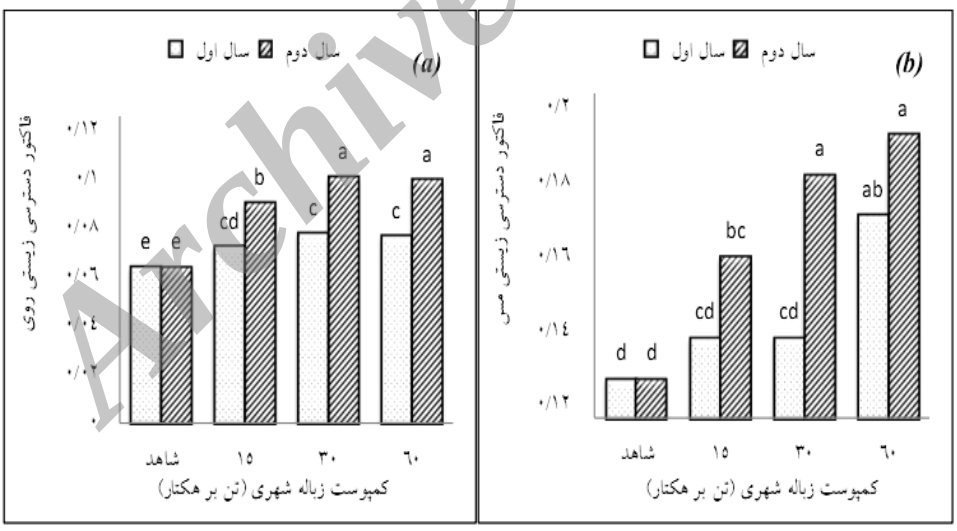


شکل ٤- اثر سطوح کمپوست زباله شهری و زمان بر فاکتور انتقال مس (a) و روی (b) از ریشه به اندام هوایی.

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۵ نتایج مربوط به فاکتور دسترسی زیستی عنصر روی و مس را نشان می‌دهد. کمپوست زباله شهری در مجموع برای هر دو عنصر روی و مس سبب افزایش فاکتور دسترسی زیستی شد البته این مسأله برای مس مشهودتر از روی بود. همچنین نتایج نشان داد فاکتور دسترسی زیستی در سال دوم به‌طور معنی‌داری بیش از سال اول است ($P\leq$۰/۰۱). نتایج نشان داد که فاکتور دسترسی زیستی برای مس از ۰/۱۹–۰/۱۳ و برای روی از ۰/۰۹۵–۰/۰۶۵ متغیر می‌باشد. نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح کمپوست و دفعات اعمال آن نشان داد که فاکتور دسترسی زیستی برای روی و مس، در تیمار ٦۰ تن بر هکتار نسبت به تیمار شاهد در کرت‌هایی که یک‌بار کمپوست دریافت نمودند به‌ترتیب ۱۲/۳ و ۳۰/۷٦ درصد و برای کرت‌های با اعمال دو مرتبه کمپوست زباله شهری، به‌ترتیب ٤٦/۱۵ و ٤٦/۱۵ درصد افزایش داشت. اسمیت (۲۰۰۹) گزارش کرد که فاکتور دسترسی زیستی در خاک‌های تیمار شده با کمپوست زباله شهری برای روی و مس، در چغندر و ریحان رشد یافته در خاک‌های لوم شنی در آزمایش گلدانی کاهش یافت آن‌ها دلیل این کاهش را تأثیر ماتریکس کمپوست در جذب فلزات بیان کردند.



شکل ۵- اثر سطوح کمپوست زباله شهری و زمان بر فاکتور دسترسی زیستی روی (a) و مس (b).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٨ همبستگی روی و مس قابل استخراج با DTPA و کل با غلظت آن‌ها در ریشه و اندام هوایی گیاه ذرت و برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که بین روی و مس قابل استخراج با DTPA و کل با pH و کربنات کلسیم معادل همبستگی منفی و معنی‌داری وجود دارد. این نتایج با مطالعات آبادیا و همکاران (١٩٨٠)، سینگ و گاپتا (١٩٨٦) و سکال و همکاران (١٩٨٢) هم‌خوانی دارد. سدبری و همکاران (١٩٨٠) بیان کردند در خاک‌های آهکی با pH بالا، پخشیدگی روی ٥٠ برابر کم‌تر از خاک‌های اسیدی است در نتیجه پویایی روی در این خاک‌ها کاهش یافته و احتمال کمبود روی افزایش می‌یابد. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین روی و مس کل و قابل استخراج با DTPA با کربن آلی و درصد اشباع مشاهده شد. این نتایج با یافته‌های آبادیا و همکاران (١٩٨٠)، سکال و همکاران (١٩٨٢) و کریمیان و معافپوریان (١٩٩٩) در خاک‌های آهکی همخوانی دارد. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین روی و مس کل و قابل استخراج با DTPA و غلظت این عناصر در ریشه و اندام هوایی گیاه مشاهده شد. نتایج به‌دست آمده از الگالا و همکاران (١٩٨٧) نیز نشان داد که همبستگی مثبت بین روی قابل استخراج با DTPA و غلظت آن در برگ ذرت وجود داشت.

جدول ٨- همبستگی روی و مس قابل استخراج با DTPA و کل با غلظت آن‌ها در گیاه و برخی ویژگی‌های خاک.

	pH	OC	CCE*	SP	Root Zn	Root Cu	Shoot Zn	Shoot Cu
DTPA-Zn	-٠/٨**	٠/٨٨**	-٠/٥٠**	٠/٦١**	٠/٨٠**	٠/٨٢**	٠/٧٦**	٠/٦٤**
DTPA-Cu	-٠/٦٩**	٠/٨٨**	-٠/٤٧**	٠/٦٧**	٠/٧٣**	٠/٨٣**	٠/٧٥**	٠/٧٧**
TOTAL-Zn	-٠/٧١**	٠/٨١**	-٠/٤٣**	٠/٥٣**	٠/٦٥**	٠/٦٧**	٠/٦٦**	٠/٦٥**
TOTAL-Cu	-٠/٧٤**	٠/٨٢**	-٠/٤٥**	٠/٦٤**	٠/٧٧**	٠/٧٩**	٠/٧٦**	٠/٦٩**

* کربنات کلسیم معادل، ** معنی‌دار در سطح احتمال ١ درصد.

نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر سطوح کمپوست زباله شهری (MSW) و دفعات مصرف بر غلظت عناصر روی و مس در خاک و گیاه ذرت صورت پذیرفت. نتایج نشان داد در مجموع کمپوست زباله شهری سبب کاهش pH خاک و افزایش هدایت الکتریکی و کربن آلی خاک شد ($P\leq$٠/٠١). غلظت روی و مس کل و قابل استخراج با DTPA متناسب با سطوح کمپوست زباله شهری افزایش یافت. این افزایش برای سطوح ١٥، ٣٠ و ٦٠ تن بر هکتار کمپوست زباله شهری در مقایسه با تیمار

Archive of SID

www.SID.ir

شاهد برای روی کل به‌ترتیب ۱۳/٦۳، ۲۰/٥٦ و ۲۳/٦٦ و مس کل به‌ترتیب ۱۰/۲٤، ۲۱/۰۲ و ۳۰/۰۲، روی قابل استخراج با DTPA به‌ترتیب ٤۲/۱۸، ٦٥/۲۳ و ٦۸/۳۱ و مس قابل استخراج با DTPA به‌ترتیب ۲۷/۷٥، ٥۰/۷۲ و ۸۱/٥۸ درصد به‌دست آمد. عامل دفعات اعمال نیز بر افزایش غلظت روی و مس در خاک معنی‌دار بود ($P\leq$۰/۰۱). نتایج نشان داد که ریشه بیش از اندام هوایی عناصر را جذب کرده و مقدار این جذب (مشابه غلظت کل و قابل استخراج با DTPA در خاک) برای روی بیش از مس بود ($P\leq$۰/۰۱). بیش‌ترین جذب روی و مس در تیمار ٦۰ تن بر هکتار سال دوم مشاهده شد که در ریشه و اندام هوایی در مقایسه با تیمار شاهد غلظت روی به‌میزان ۹۲/۳٦ و ۷۰/۲٦ درصد و غلظت مس به‌میزان ۷۳/۸۷ و ۱۱۸/٦۲ درصد افزایش یافت.

سپاسگزاری

بخشی از هزینه‌های این پژوهش از "صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور" تأمین شده است که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌نمائیم.

منابع

1.Abadia, J., Millan, E., Montanes, L., and Heras, L. 1980. DTPA and NH_4HCO_3-DTPA extractable Fe, Mn and Zn Levels in the Ebro Valley. Estacion Experimental de Aula Dei, Zaragoza. 23: 181-193.

2.Abtahi, A., Hoodaji, M., and Afyoni, M. 2013.The Effect of Biosolids (Sewage Sludge, Urban Compost, Manure) On Soil Chemical Properties and Bioavailability of Micronutrients (zinc, iron) by Corn in two Calcareous Soils. Mashhad, J. Water Soil. Resour. 27: 1. 14-23. (In Persian)

3.Achiba, W.B., Gabteni, N., Lakhdar, A., Laing, G.D., Verloo, M., Jedidi, N., and Gallali, T. 2009. Effects of 5-year application of municipal solid waste compost on the distribution and mobility of heavy metals in a Tunisian calcareous soil. Agriculture, Ecosystems and Environment. 130: 156-163.

4.Achiba, W.B., Lakhdar, A., Gabteni, N., Laing, G.D., Verloo, M., Boeckx, P., Cleemput, O.V., Jedidi, N., and Gallali, T. 2010. Accumulation and fractionation of trace metals in a Tunisian calcareous soil amended with farmyard manure and municipal solid waste compost. J. Hazardous Mater. 176: 99-108.

5.Aivani, R., Mirseyed Hosseini, H.R., Savabeghi, Gh.R., and Moezardalan, M. 2007. The effect of different sources and levels of organic fertilizers on zinc and cadmium bioavailability in soil. M.Sc. Thesis. University of Tehran. Iran, Pp: 17-95. (In Persian)

Archive of SID

www.SID.ir

6.Baldantoni, D., Leone, A., Iovieno, P., Morra, L., Zaccardelli, M., and Alfani, A. 2010. Total and available soil trace element concentrations in two Mediterranean agricultural systems treated with municipal waste compost or conventional mineral fertilizers. Chemosphere. 80: 1006-1013.
7.Bose, S., and Bhattacharyya, A.K. 2008. Heavy metal accumulation in wheat plant grown in soil amended with industrial sludge. Chemosphere. 70: 1264-1272.
8.Bower, C.A., Reitemeier, R.F., and Fireman, M. 1952. Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. Soil Science. 73: 251-261.
9.Bowyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agron. J. 56: 464-465.
10.Businelli, D., Massaccesi, L., Said-Pullicino, D., and Gigliotti, G. 2009. Long-term distribution, mobility and plant availability of compost-derived heavy metals in a landfill covering soil. Science of the Total Environment. 407: 1426-1435.
11.Carbonell, G., Miralles de imperial, R., Torrijos, M., Delgado, M., and Rodriguez, J. 2011. Effect of municipal solid waste compost and mineral fertilizer amendments on soil properties and heavy metals distribution in maize plants (*Zea mays* L.). Chemosphere. 85: 1614-1623.
12.Chamani, F., Khodabande, N., Habibi, D., Asgharzadeh, A., and Davoodifard, M. 2012. Effects of salinity stress on yield and yield components of inoculated wheat by plant growth promoting bacteria (Azotobacter chroocccum, Azospirillum lipoferum and Pseudomonase putida) and humic acid. J. Agron. Plant Bread. Resour. 8: 1. 25-37. (In Persian)
13.Ebrahimi, A.H., Pouralagebandan, H., Khazayely, Sh., Shahsavari, A., and Salehi, A. 2008. The first full reference quality organic fertilizer production, the recycling and conversion of municipal waste organization of Isfahan Municipality. Barin Scholars Science Institute, 102p. (In Persian)
14.Elgala, A.M., Ismail, A.S., and Ossman, M.A. 1987. Critical levels of Iron, Manganese and Zinc in Egyption soils. J. Plant Nutr. 9: 267-280.
15.Farzadkia, M., Salehi, S., Ameri, A., Joneidi Jafary, A., and Nabizade, R. 2009. Study on the Quality and Comparing of the Compost Produced by Khomain and Tehran Compost Factories, Iran. J. Health Environ. Resour. 2: 3. 160-169. (In Persian)
16.Franco-Otero, V.G., Soler-Rovira, P., Hernandez, D., Lopez-de-Sa, E.G., and Plaza, C. 2012. Short-term effects of organic municipal wastes on wheat yield, microbial biomass, microbial activity and chemical properties of soil. Biol. Fertil. Soils. 48: 205-216.
17.Gupta, P.K. 2000. Soil, plant, Water and Fertilizer Analysis. New Delhi, India.
18.Hargreaves, J.C., Adl, M.S., and Warman, P.R. 2008. A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. Agriculture, Ecosystems and Environment. 123: 1-14.

Archive of SID

www.SID.ir

19. Hatam, Z., and Ronaghi, A. 2011. The maize growth and nutrient imbalance in the effect of application of copper and manganese in calcareous soil. Iran. J. Soil Res. Resour. 25: 3. 197-206. (In Persian)
20. Hoseinpour, R., and Sepanlou Qajar, M. 2012. Evaluating the effects of integrate municipal waste compost and chemical fertilizers on micronutrient availability in soil and lettuce (*Lactuca sativa* L.). Gorgan J. Water Soil Cons. Resour. 19: 3. 123-140. (In Persian)
21. Kameri Shahmaleki, S., Peyvast, Gh., and Ghasemnezhad, M. 2013. Effect of humic acid on growth and yield of tomato cv. Isabella. Mashhad, J. Hort. Sci. Resour. 26: 4. 358-363. (In Persian)
22. Karimian, N., and Moafpouryan, G.R. 1999. Zinc adsorption characteristics of selected calcareous soils of Iran and their relationship with soil properties. Commun. In Soil Sci. Plant Anal. 30: 1721-1731.
23. Keshavarzi, L., and Chamani, A. 2011. Effects of Hinokitiol, Humic acid, Sucrose, and Silver thiosulfate (STS) as a Short-Time (Pulsing) Treatment on Vase Life of Cut 'Yelloween' Lily Flowers. Iran. J. Hort. Sci. Resour. 42: 4: 393-402. (In Persian)
24. Khadivi Borujeni, E., Shariatmadari, H., Afyuni, M., and Rezainejad, Y. 2008. The Effect of municipal waste compost on chemical forms of zinc and copper in Typic calciargid soil. J. Water Soil Resour. 21: 1. 23-33. (In Persian)
25. Korboulewsky, N., Dupouyet, S., and Bonin, G. 2002. Environmental risk of applying sewage sludge compost to vineyards: Carbon, heavy metals, nitrogen and phosphorous accumulation. J. Environ. Qual. 31: 1522-1527.
26. Laboski, C.A.M., and Lamb, J.A. 2003. Change in soil test phosphorous concentration after application of manure of fertilizer. Soil. Sci. Soc. Amer. J. 67: 544-554.
27. Lakhdar, A., Achiba, W.B., Montemurro, F., Jedidi, N., and Abdelly, C. 2009. Effect of municipal solid waste compost and farmyard manure application on heavy-metal uptake wheat. Communications Soil Science and Plant Analysis. 40: 3524-3538.
28. Lindsay, W.L. 1992. Chemical Equilibria in soil. John Wiley and Sons, New York. 384p.
29. 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.
30. Marschner, H. 1993. Zinc uptake from soils, P 59-77. In: Robson, A.D. (Ed.), Zinc in Soils and Plants. Kluwer Academic Pub. Dordreht. The Netherlands.
31. McBride, M.B. 1982. Electron spins resonance investigation of Mn^{2+} complexation in natural and synthetic organies. Soil Sci. Soc. Am. J. 46: 1137-1143.
32. Mishra, M., Sahu, R.K., Sahu, S.K., and Padhy, R.N. 2009. Growth, yield and elements content of weat (Triticum aestivum) grown in composted municipal solid wastes amended soil. Environ Dev Sustain. 11: 115-126.

Archive of SID

www.SID.ir

33. Mortvedt, J.J., Cox, F.R., Shuman, L.M., and Welch, R.M. 1991. Micronutrients in agriculture, Second Edition. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA, Pp: 145-186.
34. Mostashari, M. 1997. Investigate the interactions between phosphorus and micronutrients (iron and zinc) in dominant series of the Qazvin plain soils. M.Sc. Thesis. University of Tehran. Iran, Pp: 1-87. (In Persian)
35. Mylavarapu, R.S., and Zinati, G.M. 2009. Improvement of soil properties using compost for optimum parsley production in sandy soils. Scientia Horticulturae. 120: 426-430.
36. Nelson, R.E. 1982. Carbonat and gypsum, P 181-196. In: Page, A.L. (ed.), Methods of soil analysis, part 2. In Carbonat and Gypsum, ASA, SSSA, Madison, WI.
37. Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter, P 539-579. In: Page, A.L. (ed.), Methods of soil analysis, part 2, 2nd ed. ASA, SSSA, Madison, WI.
38. Rafiee, M., Nadian, H.A., Nour-Mohammadi, G., and Karimi, M. 2005. Effects of Drought Stress, Phosphorous and Zinc Application on Concentration and Total Nutrient Uptake by Corn (*Zea mays* L.). Iran. J. Agric. Sci. Resour. 35: 1. 235-243. (In Persian)
39. Rhoades, J.D. 1982. Soluble salts, P 167-179. In: Page, A.L. (ed.), Method of soil analysis. part2. Chemical and microbiological Properties. Agronomy Monograph no. 9. 2nd ed. SSSA and ASA, Madison, WI.
40. Sakal, R., Singh, B.P., and Singh, A.P. 1982. Determination of critical limit of zinc in soil and plant for predicting response of rice to zinc application in calcareous soils. Plant and Soil. 66: 1. 129-132.
41. Schimdt, U. 2003. Enhancing phytoextraction: The Effect of chemical soil manipulation on mobility, plant accumulation, and leaching of heavy metals. J. Environ. Qual. 32: 1939-1954.
42. Sedberry, J.E., Peterson, F.J., Wilson, F.E., Mengel, D.B., Schiling, P.E., and Brupbacher, R.H. 1980. Influence of soil reaction and applications zinc on yields and zinc contents of rice plants. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 11: 283-295.
43. Sharifi, M., Afyuni, M., and Khoshgoftarmanesh, A.H. 2011. Effect of Sewage Sludge polyacryl, municipal solid waste compost and manure on the absorption of iron and zinc in soils and its uptake by maize, alfalfa and marigold in greenhouse conditions. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Soil and Water Sciences, Resources. 15: 56. 141-152. (In Persian)
44. Shiralipour, A., McConnel, D.B., and Smith, W. 1992. Physical and chemical properties of soils as affected by municipal solid waste compost application. Biomass and Bioenergy. 3: 261-266.
45. Singh, K., and Gupta, V. 1986. Response of chickpea (Cicer arietinum) to zinc fertilization and its critical level in soils of semi-arid tropics. Fertilizer Research. 8: 3. 213-218.

Archive of SID

www.SID.ir

46. Singh, R.P., and Agrawal, M. 2007. Effects of sewage sludge amendment on heavy metal accumulation and consequent responses of Beta vulgaris plants. Chemosphere. 67: 2229-2240.
47. Smith, R. 2009. A critical review of the bioavailability and impacts of heavy metals in municipal solid waste composts compared to sewage sludge. Environment International. 35: 142-156.
48. Speir, T.W., Horswell, J., van Schaik, A.P., McLaren, R.G., and Fietje, G. 2004. Composted biosolids enhance fertility of a sandy loam soil under dairy pasture. Biol. Fertil. Soils. 40: 49-58.
49. Stevenson, F.J. 1991. Organic matter-micronutrient reactions in soil, P 145-186. In: Mortvedt, J.J., F.R. Cox, L.M. Shuman and R.M. Welch (eds.), Micronutrients in agriculture, Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
50. Stevenson, F.J. 1994. Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions, second ed. John Wiley & Sons, New York. 367p.
51. Van noordwijk, M., Schhonderbeek, D., and Kooistra, M.J. 1993. Root-Soil contact of grown winter wheat. Geoderma. 56: 277-286.
52. Warman, P.R., Burnham, J.C., and Eaton, L.J. 2009. Effect of repeated applications of municipal solid waste compost and fertilizers to three lowbush blueberry fields. Scientia Horticulture. 122: 393-398.
53. Zhang, M., Heaney, D., Henriquez, B., Solberg, E., and Bittner, E. 2006. A four-year study on the influence of biosolids/MSW compost application in less productive soils in Alberta: nutrient dynamics. Compost Sci. Util. 14: 68-80.

Archive of SID

www.SID.ir

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 4(4), 2015
http://ejsms.gau.ac.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Effect of Tehran municipal solid waste compost and time on zinc and copper concentration in soil and corn plant

M. Fallahi Motlagh[1], *A.A. Bostani[2] and H. Omidi[3]
[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, Shahed University, [2]Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Shahed University, [3]Assistant Prof., Dept. of Agronomy, Shahed University
Received: 09/08/2013; Accepted: 03/17/2014

Abstract

To evaluate the impact of the application of Tehran municipal solid waste compost (MSWC) on zinc and copper concentrations in the soil under maize (*Zea Mays*. L.) cultivation, a factorial experiment in base randomized complete block design (RCBD) with two different amounts of municipal solid waste compost (zero, 30.15 and 60 t ha^{-1}) and time (compost applied once or twice) was performed with three replications. The results showed that MSWC has a significant effect on reducing pH and increasing cation exchange capacity and organic carbon ($P\leq0.01$). MSWC significantly increased soil total and DTPA extractable Zn and Cu. ($P\leq0.01$). The highest amount of DTPA extractable zinc and copper respectively observed were 10.82 and 9.29 mg kg^{-1}, respectively in the 60 T ha^{-1} second year of treatment. As compared with control 97.94% and 110.02% increase were observed for Zn and Cu, respectively. Results showed that MSWC has a significant effect on increasing Zn and Cu concentration in roots and shoots ($P\leq0.01$). The highest amount of zinc and copper uptake was observed in the 60 T ha^{-1} in second year of treatment, As compared with control respectively 92.36 and 70.26 percent for zinc and 73.87 and 118.62 percent for copper in root and shoot were observed. MSWC for both zinc and copper caused an increase in bioavailable factor, although this was more pronounced for copper. There were significant positive correlation between total and DTPA-extractable Zn and Cu and concentrations of these elements in root and shoot.

Keywords: Corn, Zinc, Tehran municipal solid waste compost, Copper

* Corresponding Authors; Email: bostani@shahed.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir