

## تأثیر پسماندهای آلی بر خواص شیمیایی خاک و قابلیت جذب عناصر کم مصرف (روی و آهن) توسط گیاه ذرت در دو خاک آهکی

آذین ابطحی<sup>\*۱</sup> - مهران هودجی<sup>۲</sup> - مجید افیونی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۵/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۱۶

### چکیده

این پژوهش گلخانه‌ای با هدف بررسی تأثیر کاربرد پسماندهای آلی بر غلظت عناصر روی و آهن در دو نوع خاک آهکی با بافتهای لومی رسی و لومی شنی و قابلیت جذب این عناصر به وسیله گیاه ذرت (رقم ۷۰۴) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل شاهد (بدون کود)، لجن فاضلاب، کودکمپوست، کودگاوی در سطوح ۲۵ و ۵۰ مگاگرم در هکتار و کود شیمیایی سولفاتنی شامل ۲۰ میلی‌گرم در هکتار هر یک از سولفاتهای (روی و آهن) بود. برداشت گیاه ذرت پس از ۷۵ روز و در مراحل ۴ تا ۵ برگ انجام و از خاک و گیاه نیز نمونه‌برداری شد. کاربرد پسماندهای آلی در کلیه سطوح باعث افزایش معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) غلظت‌های قابل‌عصاره‌گیری با DTPA روی و آهن خاک شد. لجن فاضلاب در سطح ۵۰ مگاگرم بر هکتار باعث افزایش معنی‌دار ظرفیت تبادل کاتیونی، و غلظت قابل‌استخراج با DTPA هر یک از عناصر (روی، آهن) در هر دو نوع خاک در مقایسه با تیمار شاهد و کود شیمیایی (سولفات روی، آهن) و دو پسماند دیگر گردید. کاربرد کودگاوی در سطح ۵۰ مگاگرم بر هکتار نیز باعث افزایش معنی‌دار درصد ماده آلی، هدایت الکتریکی، در هر دو نوع خاک شد. نتایج تجزیه گیاه نیز نشان داد که مصرف لجن فاضلاب اثر معنی‌داری بر غلظت روی و آهن ساقه و روی ریشه داشت. با افزایش سطوح لجن فاضلاب نسبت به سایر تیمارها عملکرد کل گیاه ذرت در خاک با بافت لومی رسی به طور معنی‌داری افزایش یافت. بطور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد پسماندهای آلی از جمله لجن فاضلاب غلظت عناصر روی و آهن را در خاک و گیاه افزایش داد.

**واژه‌های کلیدی:** پسماندهای آلی، لجن فاضلاب شهری، کمپوست زباله شهری، کودگاوی، گیاه ذرت، خاکهای آهکی

### مقدمه

به ویژه خاکهای مناطق خشک و نیمه خشک، به دلیل pH بالا، در صد بالای آهک و کمبود ماده آلی خاک در حد پایینی قرار دارد (۵). در همین ارتباط، گیاهان کشت شده در این اراضی نیز با درجات مختلف از کمبود این دو عنصر کم مصرف رنج می‌برند. به دلیل وجود کمبود برخی عناصر غذایی، عملکرد متوسط محصولات کشاورزی عمدتاً کم بوده و لطمات اقتصادی زیادی از این کمبودها متوجه کشور شده است (۲). در آسیا کمبود عناصر روی و آهن بیشتر در مناطق خشک و نیمه خشک گزارش شده و در کشور ما نیز اغلب گیاهان دچار کمبود این عناصر می‌باشند (۵).

امروزه به دلیل تولید هر چه بیشتر مواد زائد آلی در شهرهای بزرگ، تولید مواد آلی مانند کمپوست و لجن فاضلاب به دلیل غنی بودن آنها از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، (Fe, Cu, Zn, Mn) بسیار مورد توجه قرار گرفته است که این عمل می‌تواند نقش مؤثری در رفع مشکلات ناشی از کمبود مواد آلی، عناصر غذایی و به دنبال آن افزایش عملکرد در واحد سطح محصولات داشته باشد (۱۳).

مواد آلی در خاک می‌تواند سهم قابل توجهی در ظرفیت تبادل کاتیونی خاک داشته باشد و به عنوان مخزن عناصر غذایی برای گیاهان عمل کند (۶ و ۹). بنابراین، استفاده از پسماندهای آلی علاوه بر تعدیل زیانهای ناشی از کمبود ماده آلی خاک، سبب کاهش مصرف کودهای شیمیایی می‌گردد (۱۰). کاربرد پسماندهای آلی خصوصاً لجن فاضلاب در زمین‌های کشاورزی باعث افزایش عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف و افزایش مواد آلی خاک نیز می‌گردد (۲۷). فقر شدید روی و آهن در بسیاری از خاکهای کشاورزی دنیا و ایران گزارش شده و مقدار قابل استفاده روی و آهن در اغلب خاکها

۱ و ۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار گروه مهندسی علوم خاک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان)  
(\*) نویسنده مسئول: (Email: az.abtahi@gmail.com)  
۳- استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

شامل (لجن فاضلاب، کودکیوست و کودگاوی) در سطوح ۲۵ و ۵۰ مگاگرم در هکتار و تیمار کود شیمیایی، شامل ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم هریک از سولفاتهای روی، آهن بود که در آب مقطر حل کرده و بر روی سطح خاک گلدانها در هر دو نوع خاک، به طور یکنواخت اسپری شد (۱۵).

پسماندهای آلی در مقادیر ذکر شده جداگانه به هر دو نوع خاک افزوده و کاملاً با خاک مخلوط و داخل گلدانهای پلاستیکی (با ظرفیت تقریبی پنج کیلوگرم) ریخته شد. داخل هر گلدان ۶ بذر ذرت کشت شد. در مدت رشد گیاهان در گلخانه، آبیاری بطور یکسان (در حد ۷۵ درصد ظرفیت زراعی) انجام شد. برداشت گیاه ذرت پس از ۷۵ روز و در مراحل ۴ تا ۵ برگی صورت گرفت. نمونه‌های گیاهی به مدت ۴۸ ساعت در آون تهویه‌دار، در درجه حرارت ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند، و برای تعیین عملکرد وزن خشک گیاهان توزیع شدند.

نمونه‌های خاک پس از هوادهی و خشک شدن و کوبیدن از الک ۲ میلیمتری گذرانده شده به آزمایشگاه منتقل شدند. pH نمونه‌های خاک در عصاره گل اشباع و هدایت الکتریکی آنها در عصاره اشباع به روشهای معمول اندازه‌گیری گردید (جدول ۱). برای اندازه‌گیری مواد آلی از روش اکسیداسیون تر (Walkley and Black) (۲۲) استفاده گردید. اندازه‌گیری ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات سدیم انجام شد (۲۵). شکل قابل جذب فلزات (Available) روی و آهن نیز در نمونه‌های خاک، به وسیله محلول  $DTPA 0.005$  و  $CaCl_2 0.01$  نرمال عصاره‌گیری شد (۱۸). عصاره‌گیری غلظت کل این عناصر در نمونه‌های خاک (جدول ۱) به وسیله روش هضم در اسید نیتریک غلیظ و آب اکسیژنه ۳۰ درصد انجام شد (۲۹). برای تعیین غلظت فلزات نمونه‌های گیاهی یک گرم پودر گیاهی را با دقت  $0.001$  وزن کرده و درون کوزه چینی ریخته و در کوره با حرارت معمولی قرار داده و نمونه‌ها به وسیله اسید کلریدریک ۲ مولار هضم شدند (۲۳).

سیس غلظت فلزات مذکور در عصاره‌های حاصل به وسیله دستگاه جذب اتمی مدل پراکین الممر ۳۰۳۰ در طول موج خاص هر عنصر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری غلظت فلزات در پسماندهای آلی مورد نظر همانند روش هضم گیاه انجام شد. آنالیزهای آماری برای بررسی اثر کاربرد سطوح مختلف پسماندهای آلی بر غلظت عناصر کم‌مصرف (روی، آهن) در دو خاک آهکی و قابلیت جذب این عناصر به وسیله ذرت (رقم ۷۰۴)، با استفاده از نرم افزارهای SAS انجام گردید. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت. رسم نمودارها با نرم افزار EXCEL انجام شد.

امروزه از لحاظ اقتصادی و زیست محیطی و هم از نظر بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاکها استفاده از لجن فاضلابهای شهری و صنعتی بعنوان کود در خاکهای کشاورزی در بسیاری از کشورها مورد توجه قرار گرفته است (۲۸).

کاربرد بی رویه کمپوست و لجن فاضلاب در اراضی ممکن است موجب انباشته شدن بیش از حد عناصر سنگین در خاک جذب بی رویه آنها توسط گیاه و در نهایت ورود این فلزات به زنجیره غذایی انسان و حیوان شود (۱۹). کاباتا پندیاس (۱۳) گزارش کرد که در pH های قلیایی با افزایش مواد آلی به خاک، روی با کربن آلی محلول تشکیل کمپلکس‌هایی می‌دهد و قابلیت جذب و حرکت آن در خاک افزایش می‌یابد. محمت و همکاران (۲۰) در تحقیق خود گزارش کرده‌اند که استفاده از  $38/1$  تن لجن در هکتار باعث افزایش مقدار روی و آهن و مس قابل استخراج با DTPA گردیده است. با توجه به افزایش جمعیت و افزایش تولید پسماندهای آلی به منظور مصرف کمتر کودهای شیمیایی و تامین غلظت عناصر کم مصرف مورد نیاز گیاهان، این پژوهش جهت ارزیابی تاثیر پسماندهای آلی (کمپوست زباله شهری، لجن فاضلاب، کودگاوی) بر غلظت عناصر کم مصرف روی و آهن در دو نوع خاک با بافت متفاوت و قابلیت جذب این عناصر به وسیله گیاه ذرت (رقم ۷۰۴) و عملکرد آن صورت گرفت.

## مواد و روش ها

این تحقیق با کاربرد سطوح مختلف لجن فاضلاب، کود کمپوست، و کودگاوی (۲۵ و ۵۰ مگاگرم در هکتار) در خاک و کشت گیاه ذرت علوفه‌ای رقم ۷۰۴ (*Single cross*) در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان) واقع در ۱۲ کیلومتری شمال شرق شهر اصفهان انجام شد.

خاکهای آهکی مورد استفاده در این تحقیق با دو نوع بافت متفاوت از دو منطقه شامل: الف: خاک با بافت لومی رسی از منطقه خاتون‌آباد جزء رده ورتی‌سولزها و در تحت رده (Haplo Torrerts) ب: خاک با بافت لومی شنی از منطقه حاشیه زاینده‌رود جزء رده آنتی‌سولزها و در تحت رده (Torri Fluvent) با دامنه pH قلیایی بودند (۳). نمونه‌های خاک و پسماندهای آلی ابتدا برای تعیین تعدادی از ویژگیهای شیمیایی مورد تجزیه قرار گرفتند.

طی یک آزمایش گلدانی اثرات کاربرد کودهای آلی با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار و در دو نوع بافت مختلف خاک مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای مورد آزمایش عبارت بودند از: تیمارشاهد (بدون کود)، پسماندهای آلی

جدول ۱- برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک‌های مورد مطالعه قبل از اعمال تیمارها

پارامترهای اندازه‌گیری شده	واحد	لوم رسی	لوم شنی
رس	(%)	۳۵	۷
سیلت	(%)	۳۸	۲۴
شن	(%)	۲۷	۶۹
pH	-	۷/۶	۷/۲
قابلیت هدایت الکتریکی	dS m <sup>-1</sup>	۳/۸	۳/۴
ظرفیت تبادل کاتیونی	cmol <sub>(c)</sub> kg <sup>-1</sup>	۱۴/۳	۷/۷
ماده آلی	(%)	۱/۹	۰/۶
آهن عصاره‌گیری شده با (DTPA)	mg kg <sup>-1</sup>	۷/۱	۶/۹
روی عصاره‌گیری شده با (DTPA)	mg kg <sup>-1</sup>	۱/۰۶	۱/۰۱
آهن کل خاک (Total)	mg kg <sup>-1</sup>	۲۵۵۰۰	۱۸۶۱۷
روی کل خاک (Total)	mg kg <sup>-1</sup>	۶۶/۳	۵۷/۶

## نتایج و بحث

به دلیل خارج شدن املاح آن در فرآیند جداسازی لجن از پساب می‌باشد. ماده آلی نسبتاً زیاد این پسماندها خصوصاً لجن فاضلاب می‌تواند باعث بهتر شدن خواص فیزیکی و شیمیایی خاک گردد (۴). از آنجایی که نسبت C/N پسماندها در جذب عناصر مؤثر می‌باشد، این ویژگی برای پسماندها محاسبه شد که به ترتیب کودگاو و کودکمپوست دارای بیشترین و لجن فاضلاب دارای کمترین مقدار C/N می‌باشد. مصرف حدود ۵۰ مگاگرم در هکتار هر یک از این پسماندها می‌تواند اغلب عناصر مورد نیاز گیاه خصوصاً نیتروژن، فسفر و پتاسیم را تامین کند.

برخی از ویژگی‌های شیمیایی پسماندهای آلی مورد استفاده در این تحقیق در (جدول ۱) نشان داده شده است. لجن فاضلاب نسبت به کودگاو و کمپوست دارای pH اسیدی‌تر است، که احتمالاً به دلیل حضور اسیدهای آلی فراوان حاصل از تخمیر مواد آلی است. کودگاو و کمپوست هردو دارای pH نسبتاً قلیایی می‌باشند (۴). کودگاو دارای بیشترین و لجن فاضلاب دارای کمترین مقدار هدایت الکتریکی می‌باشند، که به علل مختلفی از جمله نوع جیره غذایی موجود در کودهای حیوانی است، همچنین به دلیل تخییر آب، غلظت املاح موجود در این کود بالا می‌رود ولی در لجن فاضلاب کم بودن شوری

جدول ۲- برخی ویژگی‌های شیمیایی پسماندهای آلی مورد مطالعه

پارامترهای اندازه‌گیری شده	واحد	لجن فاضلاب	کود کمپوست	کود گاو
pH	-	۶/۴	۷/۵	۷/۹
قابلیت هدایت الکتریکی	dS m <sup>-1</sup>	۸/۵	۱۱/۵	۱۵/۵
ماده آلی	(%)	۴۸/۰	۳۵/۷	۴۵/۰
ظرفیت تبادل کاتیونی	cmol <sub>(c)</sub> kg <sup>-1</sup>	۱۳/۸	۲۳/۷	۳۴/۵
C/N	-	۱۳/۲	۱۸/۳	۲۲/۸
نیتروژن	(%)	۲/۴	۱/۳	۱/۷
فسفر	(%)	۰/۳۴	۰/۱۹	۰/۱۸
پتاسیم	(%)	۰/۳۱	۰/۳۹	۳/۲
روی	mg kg <sup>-1</sup>	۶۶۰	۵۹۰	۲۴۵
مس	mg kg <sup>-1</sup>	۶۵۰	۵۸۰	۳۵۴
آهن	mg kg <sup>-1</sup>	۱۱۳۷۵	۹۵۲۵	۶۲۵۰
منگنز	mg kg <sup>-1</sup>	۴۲۷۵	۳۹۵	۲۶۷/۵
کادمیوم	mg kg <sup>-1</sup>	۴/۰	۳/۰	۲/۰
کروم	mg kg <sup>-1</sup>	۱/۵	۰/۵	۰/۵
سرب	mg kg <sup>-1</sup>	۱۳۳/۰	۱۵۷/۰	۲۴/۰
نیکل	mg kg <sup>-1</sup>	۵۸/۰	۴۵/۰	۱۰/۰

هدایت الکتریکی خاک داشت. از بین سطوح مختلف پسماندهای آلی، تیمار ۵۰ و ۲۵ مگاگرم کودگاوی بیشترین هدایت الکتریکی در هر دو نوع بافت مختلف خاک را دارا می‌باشد که این تفاوت در خاک با بافت لومی رسی بیشتر است (جدول ۲).

کوددهی متوالی با مقادیر زیاد کودگاوی به دلیل داشتن اصلاح محلول باعث افزایش هدایت الکتریکی خاک می‌شود (۳۲). اضافه کردن پسماندهای آلی باعث افزایش معنی‌دار ماده آلی خاک گردید (جدول ۳). مصرف تیمار ۵۰ مگاگرم کودگاوی بیشترین مقدار ماده آلی را در خاک با بافت لومی رسی ایجاد نمود، نسبت به دو پسماند دیگر و نمونه‌های خاک تیمار شده با کود شیمیایی و تیمار شاهد در هر دو نوع بافت خاک اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۳). دلیل این امر ممکن است به علت مقادیر نسبی متفاوت ماده آلی زود تجزیه شونده در این پسماندها باشد، و ممکن است به دلیل تفاوت در C/N کودها باشد، زیرا کودهایی با نسبت C/N بالاتر کندتر تجزیه می‌شوند. و نهایتاً مقدار بیشتری ماده آلی به خاک اضافه می‌کنند.

مقدار آهن و روی موجود در لجن فاضلاب نسبت به دو کود دیگر بیشتر و به ترتیب (۱۱۳۷۵ و ۶۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) می‌باشند. با توجه به جدول ۲ مواد آلی مورد استفاده حاوی مقدار زیادی عناصر کمیاب اعم از مفید و مضر می‌باشند. ولی مقدار هیچ یک از عناصر اضافه شده در خاک از حد استانداردهای تعیین شده بالاتر نبود. لذا پسماندهای آلی مورد استفاده به علت دارا بودن عناصر پرمصرف و کم مصرف مورد نیاز گیاهان می‌تواند به عنوان یک کود آلی در خاک به کار روند (۱۱).

از بین تیمارهای مورد آزمایش تیمار لجن فاضلاب کمترین مقدار pH را دارا بود. گرچه این اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۳). در خاکهای آهکی به دلیل بالا بودن ظرفیت بافری، تغییرات pH در اثر استفاده از لجن فاضلاب بسیار کم بوده است (۸). تیمار ۵۰ مگاگرم برهکتار لجن فاضلاب در خاک لومی رسی بیشترین مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی را دارا می‌باشد که تفاوت معنی‌داری نسبت دو پسماند دیگر و تیمار کود شیمیایی نداشت (جدول ۳). افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در اثر کاربرد لجن فاضلاب توسط محققین دیگر گزارش شده است (۸). مصرف پسماندهای آلی اثر معنی‌داری بر

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های ویژگی‌های شیمیایی خاکها در تیمارهای مختلف پسماندهای آلی و کودهای شیمیایی (سولفات روی، آهن)

نوع خاک	تیمار	سطح تیمارها Mg ha <sup>-1</sup>	pH	قابلیت هدایت الکتریکی dS m <sup>-1</sup>	ظرفیت تبادل کاتیونی cmol <sub>(c)</sub> kg <sup>-1</sup>	ماده آلی %
لجن فاضلاب		۲۵	۷/۳ <sup>bcd</sup>	۴/۷ <sup>c-g</sup>	۱۷/۶ <sup>a</sup>	۲/۲ <sup>b</sup>
		۵۰	۷/۲ <sup>d</sup>	۴/۶ <sup>b-f</sup>	۱۸/۳ <sup>a</sup>	۲/۴ <sup>b</sup>
کودکمپوست		۲۵	۷/۷ <sup>ab</sup>	۵/۲ <sup>a-d</sup>	۱۷/۰ <sup>a</sup>	۲/۲ <sup>b</sup>
		۵۰	۷/۴ <sup>cd</sup>	۵/۴ <sup>abc</sup>	۱۷/۵ <sup>a</sup>	۲/۲ <sup>b</sup>
لوم رسی	کودگاوی	۲۵	۷/۸ <sup>ab</sup>	۶/۲ <sup>ab</sup>	۱۵/۴ <sup>a</sup>	۲/۵ <sup>b</sup>
		۵۰	۷/۷ <sup>a</sup>	۷/۲ <sup>a</sup>	۱۶/۵ <sup>a</sup>	۲/۸ <sup>a</sup>
	FeSO <sub>4</sub> , ZnSO <sub>4</sub>	-	۷/۸ <sup>a</sup>	۵/۳ <sup>a-d</sup>	۱۱/۸ <sup>b</sup>	۱/۱ <sup>d</sup>
	شاهد	-	۷/۶ <sup>abc</sup>	۳/۸ <sup>d-g</sup>	۱۴/۳ <sup>a</sup>	۱/۹ <sup>c</sup>
لجن فاضلاب		۲۵	۷/۴ <sup>abc</sup>	۲/۶ <sup>g</sup>	۸/۲ <sup>c</sup>	۰/۹ <sup>ef</sup>
		۵۰	۷/۲ <sup>ab</sup>	۴/۴ <sup>b-f</sup>	۹/۲ <sup>bc</sup>	۱/۲ <sup>de</sup>
کودکمپوست		۲۵	۷/۸ <sup>abc</sup>	۳/۱ <sup>efg</sup>	۷/۲ <sup>c</sup>	۱/۱ <sup>d</sup>
		۵۰	۷/۷ <sup>a</sup>	۵/۲ <sup>b-e</sup>	۸/۷ <sup>c</sup>	۱/۱ <sup>d</sup>
لوم سنی	کودگاوی	۲۵	۷/۶ <sup>bcd</sup>	۴/۳ <sup>b-f</sup>	۶/۹ <sup>c</sup>	۱/۲ <sup>d</sup>
		۵۰	۷/۳ <sup>a-d</sup>	۵/۵ <sup>abc</sup>	۷/۴ <sup>c</sup>	۱/۷ <sup>c</sup>
	FeSO <sub>4</sub> , ZnSO <sub>4</sub>	-	۷/۸ <sup>a</sup>	۳/۴ <sup>fg</sup>	۶/۷ <sup>c</sup>	۰/۹ <sup>f</sup>
	شاهد	-	۷/۲ <sup>abc</sup>	۲/۹ <sup>fg</sup>	۷/۷ <sup>c</sup>	۰/۶ <sup>f</sup>

میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ مقایسه شده‌اند. در هر ستون حروفی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

**آهن قابل جذب:** پسماندهای آلی مقدار آهن قابل عصاره‌گیری با DTPA را به طور معنی‌داری در خاک افزایش داد (جدول ۴). در مقایسه گروهی خاکها و در بین پسماندهای آلی، تیمار ۲۵ و ۵۰ مگاگرم لجن فاضلاب در خاک لوم‌رسی بیشترین مقدار آهن قابل جذب را دارا بود. این مقدار با شاهد و دو پسماند دیگر در دو نوع بافت خاک اختلاف معنی‌داری داشت. اثر کاربرد کودشیمیایی (سولفات‌روی، آهن) در افزایش مقدار آهن قابل جذب در غلظت‌های مورد مطالعه به مراتب کمتر از تیمار ۵۰ مگاگرم لجن فاضلاب در خاک لوم‌رسی بود (جدول ۴). مقدار آهن قابل جذب در خاک لوم‌رسی و لوم‌شنی به ترتیب از مقادیر ۷/۱ و ۶/۹ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار شاهد به مقدار ۱۴/۳ و ۱۱/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار ۵۰ مگاگرم در هکتار لجن فاضلاب رسید. که به دلیل افزودن لجن فاضلاب و تفاوت در غلظت اولیه آهن، در بافتهای مختلف خاک می‌باشد. تیمار کود شیمیایی با شاهد نیز در هر دو نوع خاک تفاوت معنی‌داری نداشت. (جدول ۴). در تحقیقی لیندزی (۱۷) گزارش نمود، به ازاء هر واحد کاهش pH خاک، حلالیت آهن در خاک ۱۰۰۰ برابر افزایش می‌یابد. این یافته نشان‌دهنده پتانسیل لجن فاضلاب در رفع این مشکل است. علت این امر کاهش بیشتر pH خاک در اثر اضافه شدن لجن فاضلاب به مرور زمان در مقایسه با کمپوست و کودگاو می‌باشد.

**روی قابل جذب:** مصرف پسماندهای آلی، سبب افزایش معنی‌دار مقدار روی قابل عصاره‌گیری با DTPA خاک شد. بیشترین مقدار روی قابل عصاره‌گیری با DTPA در سطوح مختلف پسماندهای آلی و در بین بافتهای مورد مطالعه، به تیمار ۵۰ مگاگرم لجن فاضلاب و کود کمپوست در خاک لوم‌رسی اختصاص داشت. این مقدار با شاهد و پسماند کودگاو و همچنین تیمار کودشیمیایی (سولفات روی، آهن) اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۴). مقدار روی قابل جذب نیز در خاک لوم‌رسی و لوم‌شنی به ترتیب از مقادیر ۱/۰۶ و ۱/۰۲ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار شاهد به مقدار ۵/۲ و ۴/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار ۵۰ مگاگرم لجن فاضلاب در هکتار رسید. که به دلیل افزودن لجن فاضلاب و تفاوت در غلظت اولیه (تیمار شاهد) روی، در بافتهای مختلف خاک است. تیمار کودشیمیایی با شاهد نیز در خاک لوم‌رسی تفاوت معنی‌داری نشان داد. شمنیت (۲۶) نیز تشکیل کمپلکس‌های آلی را عامل اصلی افزایش قابلیت جذب مس و روی در نتیجه مصرف پسماندهای آلی معرفی کرده است. بطور کلی قابلیت جذب روی به دلیل تمایل کمتر آن به تشکیل کمپلکس‌های آلی و تثبیت آن در ساختار کریستالی و کانی‌های خاک نسبت به سایر عناصر بیشتر است. کوربولوسکی (۱۶) نیز نشان داد که روی دارای قابلیت اختلاط بیشتری با مواد آلی است و لذا نسبت به سایر فلزات سنگین به شکل‌های متنوع تری قابل دسترس است.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های مقدار روی و آهن قابل استخراج با DTPA در تیمارهای مختلف پسماندهای آلی و کودهای شیمیایی (سولفات روی، آهن)

نوع خاک	تیمار	سطح تیمارها Mg ha <sup>-1</sup>	روی (mg kg <sup>-1</sup> )	آهن
لجن فاضلاب	لجن فاضلاب	۲۵	۴/۱ <sup>bc</sup>	۱۲/۲ <sup>ab</sup>
		۵۰	۵/۲ <sup>a</sup>	۱۴/۳ <sup>a</sup>
	کود کمپوست	۲۵	۳/۹ <sup>cd</sup>	۹/۵ <sup>bcd</sup>
		۵۰	۵/۱ <sup>a</sup>	۱۱/۷ <sup>ab</sup>
لوم‌رسی	کودگاو	۲۵	۱/۶ <sup>hi</sup>	۹/۱ <sup>bcd</sup>
		۵۰	۳/۶ <sup>de</sup>	۱۱/۵ <sup>ab</sup>
	FeSO <sub>4</sub> , ZnSO <sub>4</sub>	-	۳/۴ <sup>e</sup>	۹/۲ <sup>bcd</sup>
		-	۱/۰۶ <sup>k</sup>	۷/۱ <sup>d</sup>
لوم‌شنی	لجن فاضلاب	۲۵	۲/۸ <sup>fg</sup>	۹/۳ <sup>bcd</sup>
		۵۰	۴/۸ <sup>ab</sup>	۱۱/۷ <sup>ab</sup>
	کود کمپوست	۲۵	۲/۴ <sup>gh</sup>	۹/۰ <sup>bcd</sup>
		۵۰	۴/۶ <sup>ab</sup>	۱۰/۵ <sup>bc</sup>
	کودگاو	۲۵	۱/۲ <sup>jk</sup>	۸/۲ <sup>cd</sup>
		۵۰	۱/۹ <sup>ji</sup>	۹/۸ <sup>bcd</sup>
	FeSO <sub>4</sub> , ZnSO <sub>4</sub>	-	۱/۴ <sup>ijk</sup>	۸/۳ <sup>cd</sup>
		-	۱/۰۲ <sup>k</sup>	۶/۹ <sup>d</sup>

میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ مقایسه شده‌اند. در هر ستون حروفی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

غیرقابل جذب و غیرمحلول مواد آلی با آهن در رقابت با ریشه گیاه برای جذب آن دانسته‌اند. تأثیر تیمارهای مورد آزمایش بر غلظت آهن در ساقه گیاه ذرت معنی‌دار بود. در بین سطوح مختلف کودی بالاترین غلظت آهن در اندام هوایی گیاه ذرت به تیمار ۵۰ مگاگرم لجن فاضلاب در خاک با بافت لوم شنی، و به دلیل بالا بودن سطوح عناصر روی و آهن اثر معنی‌داری در مقایسه با دو تیمار دیگر و تیمار کود شیمیایی (سولفات روی و آهن) و شاهد داشت (جدول ۵).

لجن فاضلاب در مقایسه با دو پسماند دیگر، معمولاً سرشار از عناصر سنگین، از جمله آهن و روی می‌باشد، (جدول ۲) و افزایش آن به خاک نیز می‌تواند باعث تجمع آن در منطقه ریشه و افزایش امکان جذب آن توسط گیاه گردد (۱۲). آهن در اندام هوایی گیاه ذرت در خاک لوم شنی و لوم رسی به ترتیب از مقادیر ۱۴۰ و ۵۸/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک در تیمار شاهد به مقدار ۳۰۳/۳ و ۱۴۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک در تیمار ۵۰ مگاگرم در هکتار لجن فاضلاب رسید. تیمار کودشیمیایی با شاهد نیز در خاک لوم شنی تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۵). حد معمول غلظت آهن در گونه‌های مختلف گیاهان از ۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌گرم وزن خشک گیاه و حد بحرانی این عنصر برای تعداد زیادی از گیاهان ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد (۱). وانگ و همکاران (۳۱) نیز گزارش کرد که غلظت آهن، منگنز، روی، مس در بافت گیاهی ذرت کاشته شده در خاکهای تحت تیمار کمپوست و لجن فاضلاب به مقدار معنی‌داری افزایش پیدا کرد.

بطور کلی در مقایسه دو نوع بافت مختلف خاک در اندام هوایی و ریشه گیاه ذرت، به دلیل تحرک کمتر این عناصر در خاک با بافت لوم رسی و تشکیل کمپلکس قوی عناصر با مواد آلی، این عناصر بیشتر در بین لایه‌های رس باقی مانده و کمتر در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (۲۴). بعلاوه هر چه ظرفیت تبادل کاتیونی خاکها بالاتر باشد تمایل به جذب شکل کاتیونی عناصر سنگین در آنها افزایش می‌یابد، در نتیجه در خاکهایی که ظرفیت تبادل کاتیونی کمتری داشته باشند، جذب بیشتر از عناصر توسط گیاه صورت می‌پذیرد (۲۴). بنابراین باید به نوع بافت خاک به عنوان شاخصی برای میزان مصرف پسماندهای آلی (لجن فاضلاب، کود کمپوست شهری و کود گاوی) خصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک توجه بیشتری داشت.

#### عملکرد کل گیاه ذرت

در این تحقیق عملکرد وزن خشک ساقه گیاه ذرت در تیمارهای مختلف پسماندهای آلی مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۵). در بین سطوح مختلف پسماندهای آلی و تیمار کود شیمیایی (سولفات روی، آهن)، تیمار ۵۰ مگاگرم در هکتار پسماند لجن فاضلاب و در مقایسه با دو نوع بافت مختلف خاک در خاک لومی رسی بیشترین عملکرد کل گیاه ذرت مشاهده گردید.

گیاهان در خاکهای آهکی اغلب دارای کمبود عناصر کم مصرف از جمله روی و آهن می‌باشند. خان و اشنیتزر (۱۴) گزارش کردند که اسید هومیک غلیظ می‌تواند با عناصر کم مصرف خاک کمپلکس تشکیل دهد و قابلیت دسترس آنها را برای گیاه افزایش دهد. تأثیر پسماندهای آلی بر مقدار جذب عناصر روی و آهن در ریشه و ساقه گیاه ذرت در تیمارهای مورد مطالعه در جدول ۵ نشان داده شده است. بطور کلی پسماندهای آلی غلظت روی و آهن را در گیاه در دو نوع خاک افزایش داد.

**روی در گیاه:** پسماندهای آلی اثر معنی‌داری بر غلظت روی ریشه داشت. در هر دو نوع خاک مصرف لجن فاضلاب و کود کمپوست در هر دو سطح ۲۵ و ۵۰ مگاگرم افزایش معنی‌داری در اندام هوایی گیاه ذرت داشت. بیشترین غلظت روی در اندام هوایی گیاه ذرت، در بین سطوح مختلف پسماندهای آلی و تیمار کود شیمیایی (سولفات روی، آهن) به تیمار ۲۵ و ۵۰ مگاگرم لجن فاضلاب در خاک با بافت لومی شنی اختصاص داشت (جدول ۵). روی در اندام هوایی گیاه ذرت در خاک لوم شنی و لوم رسی به ترتیب از مقادیر ۳۳ و ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک در تیمار شاهد به مقدار ۶۱/۸ و ۴۹/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک در تیمار ۵۰ مگاگرم در هکتار لجن فاضلاب رسید. تیمار کود شیمیایی با شاهد نیز در خاک لوم شنی تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۵).

مقدار جذب روی توسط گیاه در خاکهای تیمار شده با لجن فاضلاب بیش از خاکهای تیمار شده با کمپوست و کود گاوی و همچنین به مراتب نسبت به کودشیمیایی (سولفات روی، آهن) بیشتر بود که دلیل آن احتمالاً pH و درصد کربن آلی کمتر و در نتیجه تثبیت بیشتر این عنصر در پسماند لجن فاضلاب می‌باشد (جدول ۵). حد معمول غلظت روی در گونه‌های مختلف گیاهان از ۱۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک گیاه و حد سمیت آن در مقادیر بیش از ۴۰۰ - ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک گیاهان سمی می‌باشد (۱). بر اساس مقادیر گزارش شده توسط کاباتا و پندپاس (۱۳) غلظت روی در اندام هوایی و ریشه گیاه ذرت در کلیه خاکها زیر حد سمیت می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد که لجن فاضلاب، کود مناسبی برای تامین روی مورد نیاز گیاه در خاکها، به ویژه در خاکهای آهکی منطقه اصفهان به شمار می‌رود.

**آهن در گیاه:** پسماندهای آلی اثر معنی‌داری بر غلظت آهن ریشه نداشت. دلیل آن را می‌توان به تجمع آهن در شبکه‌های کریستالی (کلوئیدها)، کلونی‌های خاک اختصاص داد که نسبتاً این عنصر غیرمتحرک و غیرقابل جذب برای گیاه می‌باشد. همچنین ممکن است به دلیل رسوب آهن در سطح ریشه و اشغال سایتهای فعال در جذب آهن باشد (۲۱).

اسپورتیو و همکاران (۳۰) دلیل این امر را تشکیل کمپلکسهای

جدول ۵-مقایسه میانگین‌های غلظت روی و آهن در اندام هوایی و ریشه و عملکرد کل گیاه ذرت در تیمارهای مختلف پسماندهای آلی و کودهای شیمیایی (سولفات روی، آهن)

نوع خاک	تیمار	سطح تیمارها Mg ha <sup>-1</sup>	عملکرد کل گیاه ذرت	اندام هوایی		ریشه
				روی	آهن	
				آهن	روی	آهن
				mg kg <sup>-1</sup>		
	لجن فاضلاب	۲۵	۱۱/۷ <sup>b</sup>	۳۶/۳ <sup>ef</sup>	۱۳۱/۳ <sup>cd</sup>	۵۳/۶ <sup>e-h</sup>
	کودکمپوست	۲۵	۹/۲ <sup>bc</sup>	۳۰/۷ <sup>f</sup>	۶۲/۸ <sup>e</sup>	۴۵/۶ <sup>ij</sup>
لوم رسی	کودگاوی	۲۵	۸/۲ <sup>cd</sup>	۱۹/۵ <sup>g</sup>	۶۶/۰ <sup>e</sup>	۴۰/۰ <sup>g-i</sup>
	FeSO <sub>4</sub> , ZnSO <sub>4</sub>	-	۹/۳ <sup>bc</sup>	۱۸/۱ <sup>g</sup>	۱۳۵/۵ <sup>cd</sup>	۵۱/۰ <sup>f-h</sup>
	شاهد	-	۸/۲ <sup>cd</sup>	۱۵/۰ <sup>g</sup>	۵۸/۷ <sup>e</sup>	۳۱/۳ <sup>j</sup>
	لجن فاضلاب	۲۵	۷/۱ <sup>cde</sup>	۶۱/۱ <sup>ab</sup>	۲۲۳/۳ <sup>b</sup>	۷۱/۲ <sup>bc</sup>
	کودکمپوست	۲۵	۵/۲ <sup>efd</sup>	۵۰/۸ <sup>bc</sup>	۱۶۳/۶ <sup>c</sup>	۶۶/۵ <sup>cd</sup>
لوم شنی	کودگاوی	۲۵	۴/۳ <sup>ef</sup>	۳۳/۰ <sup>f</sup>	۱۵۱/۵ <sup>c</sup>	۵۵/۳ <sup>e-d</sup>
	FeSO <sub>4</sub> , ZnSO <sub>4</sub>	-	۶/۸ <sup>c-f</sup>	۴۷/۵ <sup>cd</sup>	۲۰۹/۲ <sup>b</sup>	۷۱/۵ <sup>bc</sup>
	شاهد	-	۳/۵ <sup>efd</sup>	۳۳/۰ <sup>f</sup>	۱۴۳/۰ <sup>c</sup>	۴۳/۶ <sup>ih</sup>

میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ مقایسه شده‌اند. در هر ستون حروفی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی دار می‌باشند.

در اختیار گیاه قرار داده و سبب افزایش قابلیت جذب عناصر توسط گیاه شوند. نیامانگارا و امزویوا و کریپس وهمکاران (۷) نیز در گزارشات خود به اثر کاربرد لجن فاضلاب بر افزایش عملکرد گیاه ذرت اشاره نمودند.

### نتیجه‌گیری

افزودن پسماندهای آلی به خاک باعث افزایش معنی‌دار ماده آلی و خصوصیات شیمیایی خاک و افزایش عناصر روی و آهن قابل عصاره‌گیری با DTPA خاک گردید. پسماند لجن فاضلاب و کود کمپوست نسبت به تیمار کود گاوی و تیمار کود شیمیایی (سولفات روی، آهن) دارای بیشترین تاثیر بر عملکرد گیاه ذرت بودند. ولی این امر تا مقادیر محدودی از افزایش لجن صادق است و در مقادیر بیش از حد لجن باعث سمیت عناصر در گیاه و کاهش عملکرد می‌شود. تعیین این محدوده هم به شرایط مختلف خاک و گیاه بستگی دارد. اثرات پسماند لجن فاضلاب به میزان و غلظت مورد استفاده نیز بستگی دارد. بنابراین می‌تواند اثرات متفاوتی بر محیط داشته باشد. پسماندهای آلی به مرور زمان عناصر مورد نیاز گیاه را آزاد و باعث

با افزایش سطوح کوددهی لجن فاضلاب، عملکرد گیاه ذرت افزایش یافت. با افزایش سطوح کوددهی میزان عملکرد در سطح ۲۵ مگاگرم بر هکتار علی‌رغم آن که افزایش یافت، لیکن با شاهد و تیمار کود شیمیایی (سولفات روی و آهن) تفاوت چندانی نداشت. لذا رشد ذرت در خاک تیمار شده با پسماندهای آلی بالاتر از خاک تیمار شده با کود شیمیایی (سولفات روی و آهن) می‌باشد. بعد از لجن فاضلاب خاک تیمار شده با کمپوست شهری و کودگاوی به ترتیب بالاترین میزان عملکردها را دارا بودند. گرچه خاکهای تیمار شده با سولفات‌های (روی، آهن) سبب افزایش جذب عناصر در گیاه گردید، ولی پایین‌ترین عملکردها به تیمار کود شیمیایی (سولفات روی و آهن) تعلق داشت.

چون مقادیر زیادی از کودهای سولفات به دلیل آهکی بودن خاکها رسوب و از دسترس گیاهان خارج می‌شوند. این در حالی است که پسماندهای آلی خصوصاً لجن فاضلاب حاوی عناصر غذائی پر مصرف، همانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم و نیز عناصر غذائی کم مصرف نظیر (Fe, Cu, Zn, Mn) که قادر هستند این عناصر را به مرور در طی تجزیه مواد آلی و فرایند معدنی شدن در طول دوره رشد

کودگاوی با بیشترین نسبت C/N به ترتیب بیشترین و کمترین تاثیر را بر عملکرد نشان دادند. بطور کلی هنگام استفاده از لجن فاضلاب در خاکها با توجه به مقدار افزایش عناصر مذکور به خاک و مقدار جذب شده برای گیاهان لازم است که حد آستانه سمیت برای هر فلز، تعیین و مقادیر کاربرد پسماند آلی (لجن فاضلاب) بر اساس آن ارزیابی شود. با توجه به اثرات مفید پسماند لجن فاضلاب در زمینهای کشاورزی کاربرد آن با رعایت استانداردهای زیست محیطی می تواند ترویج یابد.

می شوند که عناصر قابل جذب کافی در محیط خاک وجود داشته باشد، و این امر منجر به افزایش جذب عناصر غذایی مورد نیاز، توسط گیاه می گردد. اگرچه استفاده از کود سولفاتهای (روی، آهن) منجر به افزایش جذب این عناصر در گیاه گردید، اما این افزایش به اندازه پسماندهای آلی خصوصا در سطوح بالاتر نبود. چرا که بخش عمده ای از عناصر حاصل از کودهای سولفاته توسط اجزای خاک به صورت غیر قابل جذب برای گیاه در می آید. نسبت کربن به نیتروژن در پسماندهای آلی اثر زیادی بر عملکرد ذرت داشت. به طوری که لجن فاضلاب با کمترین نسبت C/N و

## منابع

- ۱- پیس الف. و جونز ب. ۱۳۸۲. مرجع عناصر کمیاب. ترجمه محمدجواد عابدی و ناصر هنرجو، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، صفحه ۲۳۳.
- ۲- ملکوتی م. و کامرانی م. ۱۳۷۸. نقش ریزمغذیها در افزایش بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.
- ۳- هنرجو ن. ۱۳۶۴. چگونگی تحول و تکامل خاک در رودخانه زاینده رود. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- 4- Bauer A., and Black A.L. 1992. Organic carbon effects on available water capacity of three soil textural groups. *Soil Science Society of America Journal*, 24: 527 – 534.
- 5- Cakmak O., Oztur L., Karanlık S., Ozkan H., Kaya Z., and Cakmak I. 2001. Tolerance of 65 Durum wheat genotypes to zinc deficiency in calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition*, 24:1381-1847.
- 6- Casado-Vela J., Selle's S., Di'as-Crespo C., Navarro-Pedren'o Mataix J., Beneyto J., and Go'mez I. 2007. Effect of composted sewage sludge application to soil on sweet pepper crop (*Capsicum annum* var. *annuum*) grown under two exploitation regimes. *Waste Management*, 27: 1509–1518.
- 7- Cripps R.W., Winfree S.K., and Reagan J.L. 1992. Effects of sewage sludge application method on corn production. *Commun. Soil Science and Plant Analysis*, 23:1705-1715.
- 8- Eghbal B., Ginting D., and Gilley J.E. 2004. Residual effect of manure and compost application on corn production and soil properties. *Agronomy Journal*, 69:442-447.
- 9- Gasco' G., and Lobo M.C. 2007. Composition of a Spanish sewage sludge and effects on treated soil and olive trees. *Waste Management*, 27:1494–1500.
- 10- Giusquiani P.L., Pagliai M., Gigliotti G., Businelli D., and Benetti A. 1995. Urban waste compost: Effect on physical, chemical, and biochemical soil properties. *Journal of Environmental Quality*, 24: 175 – 182.
- 11- Handreck K.A. 1994. Effect of pH on the uptake of Cd, Cu, and Zn from soilless media containing sewage sludge. *Commun. Soil Science and Plant Analysis*, 25: 1913 – 1927.
- 12- Hooda P.S., and Alloway B.J. 1996. The effect of liming of heavy metal concentration in wheat, carrots and spinach grown on previously sludge applied soils. *Journal of Agricultural Science*, 127:289- 294.
- 13- Kabata – Pendias A., and Pendias H. 2000. Trace elements in soils and plants, 3<sup>rd</sup> ed., CRC Press, Boca Raton, London, New York.
- 14- Khan M., and Scullion J. 2002. Effect of metal (Cd, Cu, Ni, Pb or Zn) enrichment of sewage sludge on soil micro-organism and their activities. *Applied Soil Ecology - Journal*, 20: 145-155.
- 15- Khoshgoftarmanesh A.H., Balai M.R., and Khademi Z. 2001. The effect of ZnSO<sub>4</sub> on the growth and yield of wheat in saline-bare soils. In 7<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress, Univ. Of Shahrekord: Shahr-e-kord, Iran, Sept. 14– 21.
- 16- Korboulewsky N., Dupouyet S., and Bonin G. 2002. Environmental risk of applying sewage sludge compost to vineyards: Carbon, heavy metals, nitrogen and phosphorous accumulation. *Journal of Environmental Quality*, 31:1522-1527.
- 17- Lindsay W.L. 1979. Chemical equilibria in soils. John Wiley & Sons, New York.
- 18- 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.
- 19- McBride M.B. 2003. Toxic metals in sewage sludge-amended soils: has promotion of beneficial use discounted the risks? *Advances in Environmental Research*, 8:5-19.
- 20- Mehmet A.B., Akdeniz H., Yilmaz B.K.H. 2006. Possibilities of using sewage sludge as nitrogen fertilizer for maize. *Acta Agriculture Scandinavica, Section B-PlantSoil Science*, 56:143-149.
- 21- Mozffari M., and Sims J.T. 1994. Phosphorus availability and sorption in an Atlantic coastal plain watershed dominated by animal-based agriculture. *Soil Science Society of America Journal*, 157:97-107.



- 22- Nelson D.W., and Sommers L.E. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: *Methods of Soil Analysis, Part 2*, 2nd ed., A.L. Page et al., Ed. Agronomy, 9:961-1010. American Society of Agronomy, Inc. Madison, WI.
- 23- Perkin E. 1982. *Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry*. Perkin Elmer, Norwalk, Connecticut, U.S.A.
- 24- Reed R.I., Sanderson M.A., Allen V.G., and Zartman R.E. 2002. Cadmium application and pH effects on growth and cadmium accumulation in switch grass. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 33:1187-1203.
- 25- Rhoades J.D. 1982. Cation exchange capacity. In: Page AL, Miller RH, Keeney DR (eds), *Method of soil analysis. Part 2*. American Society of Agronomy, 9: 149 – 158.
- 26- Schimdt U. 2003. Enhancing phytoextraction: The Effect of chemical soil manipulation on mobility, plant accumulation, and leaching of heavy metals. *Journal of Environmental Quality*, 32:1939-1954.
- 27- Singh R.P., and Agrawal M. 2007. Effects of Sewage sludge amendment on heavy metal accumulation and consequent responses of Beta vulgarism plants. 2007. *Chemosphere*, 67: 2229-2240.
- 28- Singh R.P., and Agrawal M. 2008. Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. *Waste Management*, 28(2):347-358.
- 29- Soon Y.K., and Abboud S. 1993. Cadmium, chromium. "Lead and nickel. Soil sampling and method of Analysis", Lewis publishers, P: 103 – 107.
- 30- Sposito G., Lund L.J., and Chang A.C. 1982. Trace metal chemistry in arid- zone field soils amended with sewage sludge, Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd, and Pb in solid phases. *Soil Science Society of America Journal*, 46: 260 – 264.
- 31- Wonge J.W.C., Lik L., Zhou X., and Selvam A. 2007. The sorption of Cd and Zn by different soils in the presence of dissolved organic matter from sludge. *Geoderma*, 137: 310-317.
- 32- Xiyang H., and Chi C. 2003. Does a long-term heavy cattle manure application increase salinity of clay loam soil in semi-arid isotherm Alberta? *Agriculture, Ecosystems & Environment - Journal - Elsevier*, 94:89- 103.

## 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

A. Abtahi<sup>1\*</sup>- M. Hoodaji<sup>2</sup>- M. Afyuni<sup>3</sup>

Received:08-08-2010

Accepted:04-02-2013

### Abstract

The objectives of this research were to study the effect of three kinds of biosolids applications such as urban compost, sewage sludge, cow manure and chemical fertilizers (sulphates of Zn, Fe) concentration on soil and corn plant. Two calcareous soils having different textures (sandy loam and clay loam) were used in order to study the uptake of the above zinc and iron by corn. This study was carried out in pots in a greenhouse using a factorial experiment design which was block completely randomized and each treatment was replicated three times. The levels of biosolids used were 0, 25, 50 Mg ha<sup>-1</sup> and chemical fertilizers applied were as (Zn and Fe) sulphates. Seventy five days after corn seeds were sown; young plants at 4 to 5 leaf stage were harvested and made ready for chemical analyses. Results of the soil analysis showed that in sewage sludge treatment (50 Mg ha<sup>-1</sup>) the CEC, and the DTPA extractable (Zn and Fe) increased significantly compared to control and other treatments in soils. Cow manure treatment (50 Mg ha<sup>-1</sup>) had a significant effect on OM, and EC. Result of the plant analysis showed that in the sewage sludge treatment the concentration of Zn in the roots, and the concentrations of Zn, Fe in the shoots increased significantly. In general, corn yields increased significantly in the sewage sludge treatment compared to the other treatments in clay loam soils. Generally, the results of this study showed that biosolid application including sewage sludge increased concentration of micronutrients (Zn and Fe) in soil and corn plant.

**Keywords:** Biosolids, Sewage sludge, Urban compost, Manure, Corn, Calcareous soils, Micronutrients

---

1, 2- Graduate MSc Student and Associate Professor of Soil Science Department, College of Agriculture, Islamic Azad University, Khorasgan Branch, Isfahan

(\*- Corresponding Author Email: az.abtahi@gmail.com)

3- Professor of Soil Science Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran