نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۱، ص. ۲۸۱-۲۷۲

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 2, May-Jun 2012, p. 272-281

زیست فراهمی عناصر غذایی در سه بافت یک خاک آهکی تحت تاثیر کاربرد لجن فاضلاب و کود شیمیایی پس از برداشت ذرت

حمیدرضا بوستانی[۱*]- عبدالمجید رونقی[۲]

تاریخ دریافت:۸۹/۹/۹
تاریخ پذیرش:۹۰/۹/۸

چکیده

امروزه استفاده از لجن فاضلاب در کشاورزی به عنوان یک منبع ارزان قیمت حاوی عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف مورد توجه گرفته است. هدف از اجرای آزمایش مقایسه اثر کاربرد لجن فاضلاب با کود شیمیایی بر فراهمی برخی عناصر غذایی در سه بافت یک خاک آهکی پس از برداشت ذرت بود. آزمایش در شرایط گلخانه به صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور و در سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که نیتروژن کل خاک، فسفر و پتاسیم قابل استفاده گیاه در هر سه بافت خاک تحت تاثیر کاربرد لجن فاضلاب افزایش معنی داری نشان داد. اثر کود شیمیایی در افزایش غلظت نیتروژن کل و فسفر قابل استفاده گیاه در مقایسه با تیمار لجن فاضلاب در هر سه بافت مورد مطالعه به طور معنی داری کمتر بود. افزایش غلظت پتاسیم خاکهای مورد مطالعه در مقایسه با افزایش فسفر و نیتروژن خاک در تیمار لجن فاضلاب کمتر بود، که به دلیل غلظت کم پتاسیم در لجن فاضلاب است. کاربرد لجن فاضلاب سبب افزایش معنی دار غلظت آهن، روی، مس و منگنز عصاره گیری شده توسط دی تی پی ا (DTPA) در هر سه بافت خاک شد و نسبت به نمونه های خاک تیمار شده با کود شیمیایی به طور معنی داری بیشتر بود. با توجه به سطح فراهمی عناصر غذایی در خاک پس از برداشت ذرت، به ویژه در سطوح بالای کاربرد لجن فاضلاب، نیاز به افزودن بیشتر عناصر غذایی برای کشت بعدی نمی باشد. غلظت کادمیم و سرب عصاره گیری شده توسط دی تی پی ا در سه بافت خاک پس از برداشت گیاه ناچیز و قابل اندازه گیری نبود. با توجه به غلظت بسیار کم کادمیم و سرب در لجن فاضلاب کاربردی، خطر آلودگی خاک به این عناصر بعید به نظر می رسد، هر چند در صورت کاربرد مکرر و افزودن سطوح بالای لجن فاضلاب انجام آزمون خاک به منظور اطمینان از عدم تجمع و آلودگی خاک به کادمیم و سرب پیشنهاد می شود. تامین عناصر غذایی مورد نیاز ذرت و بر طرف نمودن کمبود آهن و روی در خاک های آهکی از مزایای مهم کاربرد لجن فاضلاب در زمین های کشاورزی است. قبل از هر گونه توصیه کاربرد لجن فاضلاب، نتایج این تحقیق بایستی در شرایط مزرعه نیز تایید گردد.

واژه های کلیدی: لجن فاضلاب، زیست فراهمی، عناصر غذایی، خاک آهکی، ذرت

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) یکی از مهمترین گیاهان زراعی می باشد که از لحاظ میزان تولید بعد از گندم رتبه دوم، و مکان سوم را بعد از گندم و برنج، از نظرسطح زیر کشت دارد. همچنین به دلیل قدرت تطابق با شرایط اقلیمی مختلف، این گیاه جزو مهم ترین محصولات مناطق معتدله، معتدله گرم، نیمه گرمسیر و مرطوب به شمار می رود (۴). یکی از مشکلات خاکهای مناطق خشک و نیمه خشک از جمله خاکهای کشورمان، کمبود ماده آلی خاک است. تحقیقات بسیاری برای مطالعه تأثیر مواد آلی بر خواص گوناگون خاک توسط محققین مختلف صورت گرفته است (۱۳). لجن فاضلاب نمونه ای از مواد آلی حاوی عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف است که افزودن آن به خاک سبب بهبود ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک و همچنین رشد بهتر گیاه می شود (۸). با توجه به تولید روز افزون مواد زاید شهری و صنعتی و از طرفی کاهش موادآلی خاک ها به علت کشت و زرع مداوم، به گردش درآوردن مجدد این مواد زاید برای افزایش ماده آلی خاک نسبت به دفن و سوزاندن آنها برتری دارد (۱۵). تحقیقات به عمل آمده در خصوص اثرات لجن فاضلاب بر روی محصولات کشاورزی در دنیا همگی حاکی از مفید بودن آن از نظر

۱و۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
(*- نویسنده مسئول: Email:hamidboostani@gmail.com)

حاصلخیزی خاک و بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک می باشد (۱۷). سیمز و کلاین (۲۷) گزارش کردند که میزان مجاز کاربرد لجن فاضلاب در زمین های کشاورزی بستگی به میزان عناصر سنگین مانند کادمیم و سرب موجود در لجن فاضلاب دارد، بنابراین قبل از کاربرد لجن فاضلاب باید از میزان عناصر کم مصرف و فلزات سنگین موجود در لجن مطلع بود. مقدار عناصر موجود در لجن فاضلاب به نوع فاضلاب و مراحل تصفیه فاضلاب بستگی دارد. هر چند نیتروژن و فسفر فراوانترین عناصر موجود در لجن نیستند، ولی به دلیل اینکه این عناصر به مقدار زیاد مورد مصرف گیاه هستند حائزاهمیت هستند (۲۹). هرناندز و همکاران (۱۶) غلظت های بالایی از فلزات سنگین نظیر روی، مس، کادمیم، و نیکل در خاک هایی که با لجن فاضلاب تیمار شده بودند را گزارش کردند. همچنین با کشت گیاهان جو و ذرت در خاک هایی که به آنها لجن فاضلاب افزوده شده بود، مشاهده کردند که قابلیت استفاده عناصر مس، روی و آهن نسبت به خاک شاهد افزایش یافت. رضایی نژاد و افیونی (۱) گزارش کردند که افزودن لجن فاضلاب باعث افزایش معنی دار غلظت آهن، مس و روی عصاره گیری شده به وسیله ای دی تی اِ در خاک و جذب این فلزات توسط کاهو و اسفناج گردید. عرفان منش (۲) گزارش کرد که افزودن لجن فاضلاب سبب افزایش غلظت کل عناصر آهن، روی، مس، منگنز، کادمیم، نیکل و سرب نمونه های خاک گردید و افزایش لجن کاربردی باعث افزایش معنی دار غلظت شکل قابل جذب (عصاره گیری شده توسط EDTA) فلزات گردید، به طوری که غلظت مس، نیکل وسرب تا دو برابر و غلظت روی تا شش برابر شاهد افزایش نشان داد. سیلوریا و سامرز (۲۸) گزارش کردند که افزودن لجن فاضلاب به خاک سبب افزایش چشمگیر عناصر آهن، روی، مس و سرب قابل عصاره گیری با دی تی پی اِ شد که این امر محدودیت هایی را از قبیل کاهش رشدگیاه به دنبال داشت و غلظت این عناصر در گیاه در گستره سمیت بود. هدف از انجام پژوهش حاضر، مقایسه اثر کاربرد لجن فاضلاب و کود شیمیایی بر زیست فراهمی برخی عناصر غذایی پرمصرف (نیتروژن، فسفر وپتاسیم) و عناصر کم مصرف (آهن، منگنز، مس و روی) در سه بافت یک خاک آهکی پس از برداشت ذرت بود.

مواد و روش ها

لجن فاضلاب از تصفیه خانه شهرک صنعتی آب باریک فارس تهیه و پس از هوا خشک نمودن، از الک دو میلی متری عبور داده شد و برخی خصوصیات شیمیایی آن همانند روش های استاندارد تجزیه خاک (۲۶) اندازه گیری شد (جدول ۱). جهت اجرای آزمایش مقدار کافی از خاک با نام فامیل (fine, mixed, mesic, Typic Calcixerepts) از عمق سطحی جمع آوری شد و با اضافه کردن مقادیر مختلف شن، سه نوع بافت شامل بافت سنگین (بدون افزودن شن)، بافت متوسط، و بافت سبک تهیه شد. پس از عبور از الک دو میلی متری برخی ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک مانند بافت به روش هیدرومتری (۱۰)، ماده آلی (۲۴)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع به وسیله هدایت سنج الکتریکی و pH در خمیر اشباع به وسیله pH متر، نیتروژن کل به روش کلدال (۱۱)، فسفر قابل استفاده به روش اولسن و همکاران (۲۵)، غلظت عناصر کم مصرف کاتیونی (منگنز، مس، روی، و آهن)، عناصر سنگین (کادمیم و سرب) به روش عصاره گیری با دی تی پی اِ (۲۲) و قرائت با دستگاه جذب اتمی و پتاسیم به وسیله عصاره گیری با استات آمونیوم (۲۰) و قرائت توسط دستگاه شعله سنجی تعیین شد (جدول ۲). آزمایش به صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار در شرایط گلخانه (نور معادل ۴۰۰۰۰ لوکس، میانگین دمای روزانه و شبانه به ترتیب ۳۳ و ۲۵ درجه سانتی گراد و رطوبت ۴۵ درصد) انجام شد. فاکتور اول شامل سه بافت خاک (شنی، لوم شنی و لوم رسی) و فاکتور دوم شامل پنج سطح لجن فاضلاب (۰، ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ گرم در کیلوگرم) بود. یک تیمار کود شیمیایی نیز بر اساس نتایج آزمون خاک جهت مقایسه با اثر کاربرد لجن فاضلاب در افزایش زیست فراهمی عناصر غذایی تهیه شد. برای مقایسه سطوح فاکتور دوم (لجن فاضلاب) با تیمار کود شیمیایی در هر بافت خاک از یک طرح کاملا تصادفی با شش تیمار و سه تکرار استفاده شد. تیمار کود شیمیایی شامل ۱۵۰ میلی گرم نیتروژن از منبع اوره، ۵۰ میلی گرم فسفر از منبع مونوکلسیم فسفات، ۵ میلی گرم روی از کلات روی (Zn-EDTA)، ۵ میلی گرم آهن از کلات آهن (سکسترین آهن ۱۳۸)، ۵ میلی گرم منگنز از سولفات منگنز و ۵ میلی گرم مس از سولفات مس، در کیلوگرم خاک بود.

جدول ۱ - برخی از خصوصیات شیمیایی لجن فاضلاب

آهن کل (میلی گرم در کیلوگرم)	۴۵۰۰
کادمیم کل (میلی گرم در کیلوگرم)	۱۴
سرب کل (میلی گرم در کیلوگرم)	۱۰۵
سدیم (میلی گرم در کیلوگرم)	۲۵۳
پتاسیم (میلی گرم در کیلوگرم)	۱۹۵
مس کل (میلی گرم در کیلوگرم)	۳۰۵
روی کل (میلی گرم در کیلوگرم)	۴۳۲
pH (۱:۵)	۷/۴۷
قابلیت هدایت الکتریکی (۱:۵) (دسی زیمنس بر متر)	۷/۵۰
نیتروژن کل(درصد)	۱/۳۶
نسبت کربن به نیتروژن	۴/۳۷
فسفر کل (درصد)	۲/۵

جدول ۲ - برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک های مورد آزمایش قبل از اعمال تیمار ها

	لوم رسی	لوم شنی	شنی
فسفر قابل استفاده (میلی گرم در کیلوگرم)	۹/۵	۶/۵	۳
pH (گل اشباع)	۷/۶۸	۷/۵۹	۷/۷۱
قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	۰/۴	۰/۴	۰/۶
پتاسیم قابل استفاده (میلی گرم در کیلوگرم خاک)	۲۰۰	۱۹۰	۸۲
شن (درصد)	۲۷	۶۲	۹۰
سیلت (درصد)	۳۶	۲۲	۴
رس(درصد)	۳۷	۱۶	۶
ماده آلی (درصد)	۰/۸	۰/۶	۰/۰۱
کربنات کلسیم معادل(درصد)	۳۴	۲۲	۱۷
نیتروژن کل (درصد)	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۰۵
عصاره گیری با دی تی پی اِ(میلی گرم در کیلوگرم)			
منگنز	۶/۹	۶	۱/۸
روی	۰/۵۲	۰/۸	۰/۷
آهن	۶/۳	۵/۵	۳/۶
مس	۱/۹	۱/۱	۰/۶
کادمیم	nd	nd	nd
سرب	nd	nd	nd

غیر قابل اندازه گیری = nd = non detectable

بذرهای ذرت (*Zea Mays* L.) رقم سینگل کراس ۷۰۴ در عمق حدود دو سانتی متری خاک در گلدان های پلاستیکی ۳ کیلوگرمی کاشته شد و حدود یک هفته پس از جوانه زنی به سه گیاه در هر گلدان کاهش داده شد. در طول دوره رشد رطوبت گلدان ها با توزین روزانه درحدود رطوبت ظرفیت مزرعه نگه داشته شد. هشت هفته پس از کاشت، اندام هوایی گیاه برداشت شد و خاک گلدان ها پس از هوا خشک کردن برای تجزیه آزمایشگاهی استفاده شد. در آزمایشگاه غلظت نیتروژن کل، فسفر قابل استفاده، پتاسیم قابل استفاده، عناصر کم مصرف کاتیونی (منگنز، مس، روی، وآهن) و عناصر سنگین (کادمیم و سرب) به روش های ذکر شده در قسمت مواد و روش‌ها در خاکهای پس از برداشت گیاه اندازه گیری شد. پس از به دست آوردن نتایج آزمایشگاهی برای بررسی اثر تیمار های لجن فاضلاب بر غلظت برخی عناصر کم مصرف و پرمصرف در خاکهای پس از برداشت، تجزیه آماری و مقایسه میانگین ها به روش دانکن، با استفاده از نرم افزار رایانه ای MSTATC و SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

غلظت نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم قابل استفاده گیاه در هر سه بافت خاک تحت تاثیر کاربرد لجن فاضلاب افزایش معنی داری نشان داد و بر همکنش بین سطوح لجن و بافت خاک نیز معنی دار بود (p=۰/۰۵)(جدول ۳). افزودن ۸۰ گرم لجن فاضلاب سبب افزایش نیتروژن کل در بافتهای مورد مطالعه به ترتیب شنی، لوم شنی و لوم رسی به میزان ۱۱۷۵، ۱۳۰، ۱۵۲ درصد گردید و در مقایسه با اثرکود شیمیایی بیشتر بود (جدول ۵). میانگین نیتروژن کل در بافت لوم رسی ۴/۳۷ برابر بافت شنی بود که عمدتا به دلیل تفاوت در مقدار اولیه نیتروژن بافت های خاک می باشد (جدول ۵). پژوهشگران مختلف افزایش میزان نیتروژن کل بر اثر کاربرد سطوح لجن فاضلاب در خاکها را گزارش نموده اند (۱۲، ۱۸ و ۳۰).

میزان فسفر قابل جذب گیاه در تیمار ۸۰ گرم لجن فاضلاب در بافت های شنی، لوم شنی و لوم رسی به ترتیب معادل ۱۱۲۴، ۳۷۸ و ۲۳۳ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد نشان داد (جدول ۵). به دلیل غلظت بسیار کم فسفر در تیمار شاهد خاک شنی (جدول ۲)، نشانه کمبود فسفر در گیاهان مشاهده شد. اثرکاربرد کود شیمیایی در افزایش غلظت فسفر قابل استفاده در بافت های مورد مطالعه به مراتب کمتر از تیمار ۸۰ گرم لجن فاضلاب در کیلوگرم خاک بود (جدول ۵). میانگین غلظت فسفر در بافت لوم رسی نسبت به بافت شنی ۶۴ درصد بیشتر بود (جدول ۵). باور و بلک (۹) گزارش کردند که افزودن لجن فاضلاب به خاک مقدار فسفر خاک را به طور معنی‌داری افزایش داد.

غلظت پتاسیم تحت تاثیر کاربرد ۸۰ گرم لجن فاضلاب در بافت‌های شنی، لوم شنی و لوم رسی، به ترتیب معادل ۹۰، ۳۵ و ۳۶

درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد (جدول ۵). هر چند این افزایش به مراتب نسبت به فسفر و نیتروژن کمتر بود که به دلیل پایین بودن غلظت پتاسیم در لجن فاضلاب کاربردی می باشد.

غلظت آهن عصاره‌گیری شده توسط دی‌تی‌پی اِ در هر سه بافت خاک مورد مطالعه تحت تاثیر کاربرد لجن فاضلاب افزایش معنی داری نشان داد اما برهمکنش بین سطوح لجن و بافت خاک بر این پارامتر معنی دار نشد (p=۰/۰۵) (جداول۴ و ۶). در اثر کاربرد ۸۰ گرم لجن فاضلاب غلظت آهن عصاره گیری شده در بافت های شنی، لوم شنی و لوم رسی به ترتیب معادل ۲۲۶، ۲۵۶ و ۲۵۰ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد. کاربرد کود شیمیایی نیز سبب افزایش مقدار آهن نسبت به تیمار شاهد در هر سه بافت خاک شد ولی این افزایش معنی‌دار نبود (جدول ۶). افیونی (۷) مشاهده کرد که مقدار آهن قابل جذب با افزایش سطوح لجن فاضلاب در یک خاک آهکی افزایش یافته است. به طور کلی می‌توان گفت که مواد آلی با تشکیل کلات با آهن از رسوب این عنصر جلوگیری کرده و حلالیت آنرا در خاک بالا می‌برد (۱۹). همچنین نقش لجن در کاهش pH خاک نیز می‌تواند بر افزایش قابلیت جذب آهن خاک موثر باشد. علاوه بر این وجود مقدار قابل توجه آهن در لجن فاضلاب کاربردی سبب افزایش آهن قابل جذب می شود (جدول ۱).

کاربرد لجن فاضلاب سبب افزایش معنی‌دار روی عصاره‌گیری شده توسط دی‌تی‌پی‌اِ در هر سه بافت خاک شد اما برهمکنش بین سطوح لجن و بافت خاک بر غلظت این عنصر معنی دار نبود (p=۰/۰۵)(جداول۴ و ۶). غلظت روی عصاره گیری شده توسط دی-تی‌پی‌اِ در بافتهای شنی، لوم شنی و لوم رسی تحت تاثیر کاربرد ۸۰ گرم لجن فاضلاب به ترتیب ۷/۳، ۷/۴ و ۱۰/۱ برابر تیمار شاهد بود که این افزایش به مراتب نسبت به کاربرد کود شیمیایی در افزایش غلظت روی بیشتر بود. میانگین غلظت روی عصاره‌گیری شده توسط دی‌تی‌پی اِ در بافت لوم شنی نسبت به بافت لوم رسی معادل ۲۲ درصد بیشتر بود که به دلیل افزودن لجن فاضلاب و تفاوت در غلظت اولیه روی در بافت های مختلف خاک می باشد. کلباسی و همکاران (۱۹) نشان دادند که در خاکهای آهکی روی به صورت کربنات روی رسوب کرده و از دسترس گیاه خارج می‌شود. به همین دلیل کمبود روی یکی از مشکلات اساسی تغذیه گیاه درخاکهای آهکی بوده و به نظر می‌رسد کاربرد لجن فاضلاب بتواند تا حدود زیادی در رفع این کمبود موثر باشد.

غلظت منگنز قابل عصاره‌گیری توسط دی‌تی‌پی‌اِ با افزایش کاربرد سطوح لجن فاضلاب در هر سه بافت خاک افزایش یافت اما برهمکنش بین سطوح لجن و بافت خاک بر غلظت این عنصر معنی‌دار نبود (p=۰/۰۵) (جداول ۴ و ۶)، به نحوی که کاربرد ۸۰ گرم لجن فاضلاب در بافت های شنی، لوم شنی و لوم رسی غلظت منگنز را به ترتیب معادل ۷۹، ۵۳ و ۵۹ درصد افزایش داد که تاثیر آن به مراتب بیش از اثر کود شیمیایی در افزایش این پارامتر بود (جدول ۶). مقایسه میانگین غلظت منگنز قابل عصاره‌گیری توسط دی‌تی‌پی‌اِ در سه بافت خاک مورد مطالعه نشان داد که غلظت منگنز در بافت لوم رسی ۴ برابر بافت شنی و معادل ۲۰ درصد بیشتر از بافت لوم شنی است که به دلیل افزودن لجن فاضلاب و تفاوت در غلظت اولیه (تیمار شاهد) منگنز در بافت های مختلف خاک است. افزایش غلظت منگنز قابل جذب در نتیجه کاربرد لجن فاضلاب توسط محققان زیادی گزارش شده است (۲، ۳ و ۲۱).

غلظت مس قابل عصاره‌گیری توسط دی‌تی‌پی‌اِ در هر سه بافت خاک مورد مطالعه، تحت تاثیر کاربرد لجن فاضلاب افزایش معنی داری را نشان داد اما برهمکنش بین سطوح لجن و بافت خاک معنی دار نبود (p=۰/۰۵)(جداول ۴ و ۶). در اثر کاربرد ۸۰ گرم لجن فاضلاب غلظت مس در بافت های شنی، لوم شنی و لوم رسی به ترتیب معادل ۲۶۳، ۱۳۶ و۶۹ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد نشان داد و در مقایسه با اثر کود شیمیایی بیشتر بود.

جدول ۳- اثر کاربرد لجن فاضلاب در بافت های مختلف خاک بر غلظت برخی عناصر پر مصرف پس از برداشت ذرت (تجزیه واریانس)

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		نیتروژن کل	فسفر	پتاسیم
بافت خاک	۲	۰/۰۱۵ **	۲۰۱/۸۲ **	۶۴۰۰۸/۹۰ **
سطوح لجن فاضلاب	۴	۰/۰۰۵ **	۸۰۲/۸۴ **	۸۱۷۰/۵۹ **
برهمکنش بین سطوح لجن و بافت خاک	۸	۰/۰۰۱ **	۶/۱۱ **	۴۵/۳۹ **
خطا	۳۰	۰/۰۰۰	۰/۵۴۱	۷/۵۷

**: نشان دهنده معنی دار بودن در سطح احتمال یک درصد است.

مقایسه میانگین مس قابل عصاره‌گیری توسط دی‌تی‌پی‌اِ در سه بافت خاک مورد مطالعه نشان داد که غلظت مس در بافت لوم رسی ۲/۵ برابر بافت شنی و ۱/۴ برابر بافت لوم شنی است که به دلیل تفاوت در غلظت اولیه (تیمار شاهد) مس در بافت های مختلف خاک است. لیو و کریستیه (۲۳) عقیده دارند که در خاکهای آهکی فراهمی عناصر کم مصرف مانند مس برای گیاهان کم می‌باشد و به عنوان یکی از راههای افزایش این عنصر در خاک استفاده از کودهای آلی مانند لجن فاضلاب را پیشنهاد می‌کنند. محققان مختلفی، افزایش مقدار مس قابل جذب در خاکها را در اثر افزودن لجن فاضلاب گزارش کرده‌اند (۲، ۱۴ و ۲۸).

کادمیم و سرب عصاره گیری شده توسط دی تی پی اِ در هر سه بافت خاک مورد مطالعه در سطوح مختلف لجن فاضلاب پایین تر از حد کشف دستگاه جذب اتمی بود.

نتیجه گیری

با توجه به سطح فراهمی عناصر غذایی در خاک پس از برداشت ذرت به ویژه در سطوح بالای لجن فاضلاب (۴۰ و ۸۰ گرم)، نیاز به افزودن اکثر عناصر غذایی برای کشت بعدی نمی باشد. هر چند در بافت شنی احتمالا نیاز به افزودن برخی عناصر پویا مانند نیتروژن، فسفر و افزودن مقداری پتاسیم تکمیلی در سطوح پایین لجن کاربردی وجود دارد. غلظت پتاسیم در لجن فاضلاب کاربردی در پژوهش حاضر به مراتب کمتر از غلظت نیتروژن و فسفر بود (جدول ۱). غلظت عناصر غذایی کم مصرف حتی در کمترین سطح لجن فاضلاب کاربردی بیشتر از حد بحرانی برای خاک های آهکی گزارش شده است (۵). با توجه به اینکه خاک های آهکی معمولا با کمبود روی و آهن مواجه اند (۶) استفاده از لجن فاضلاب به عنوان یک منبع ارزان قیمت بسیار مناسب است. با توجه به ناچیز بودن غلظت کادمیم و سرب در لجن فاضلاب کاربردی، خطر آلودگی خاک به این عناصر دور از انتظار است هر چند در صورت کاربرد مکرر به ویژه در سطوح بالای لجن فاضلاب کاربردی انجام آزمون خاک به منظور اطمینان از عدم تجمع و آلودگی خاک به کادمیم و سرب پیشنهاد می‌شود. توصیه می شود که اثرات باقی مانده لجن فاضلاب در کشت‌های بعدی نیز مورد ارزیابی قرار گیرد. قبل از هر گونه توصیه لجن فاضلاب، نتایج این پژوهش در شرایط مزرعه نیز بایستی مورد ارزیابی و تایید قرار گیرد.

جدول ٤- اثر کاربرد لجن فاضلاب در بافت های مختلف خاک بر غلظت عناصر کم مصرف عصاره گیری شده توسط دی تی پی اِ درخاک پس از برداشت ذرت (تجزیه واریانس)

		میانگین مربعات			
منبع تغییرات	درجه آزادی	آهن	روی	منگنز	مس
بافت خاک	۲	۸/۸۸ **	۱/۹۵ **	۱۶۰/۷۵ **	۷/۱۸ **
سطوح لجن فاضلاب	۴	۱۰۶/۰۳ **	۳۰/۹۰۲ **	۱۰/۲۱ **	۲/۲۴ **
برهمکنش بین سطوح لجن و بافت خاک	۸	۱/۲۲ ns	۰/۳۹۲ ns	۰/۷۸۳ ns	۰/۰۳۹ ns
خطا	۳۰	۱/۶۷۴	۰/۳۹۳	۱/۴۲۴	۰/۰۶۹

**: نشان دهنده معنی دار بودن در سطح احتمال یک درصد است.

ns : نشان دهنده نبود تفاوت معنی دار در هر سطح آماری است.

جدول ۵ - اثر کاربرد لجن فاضلاب در بافت های مختلف خاک بر نیتروژن کل (درصد وزنی)، فسفر و پتاسیم قابل استفاده خاک (میلی گرم در کیلوگرم) پس از برداشت ذرت و مقایسه با تیمار کود شیمیایی

بافت خاک		سطوح لجن فاضلاب(گرم در کیلو گرم خاک)						
		۰	۱۰	۲۰	٤۰	۸۰	میانگین	کود شیمیایی
نیتروژن کل	شنی	۰/۰۰۴e(h)*	۰/۰۰۶d(h)	۰/۰۱۲c(gh)	۰/۰۲۴ b(fg)	۰/۰۵۱ a(cde)	۰/۰۱۹ C	۰/۰۰۶ d
	لوم شنی	۰/۰۳۰e(f)	۰/۰۳۶ d(ef)	۰/۰۴۸ c(de)	۰/۰۵۶ b(cd)	۰/۰۶۹ a(c)	۰/۰۴۷ B	۰/۰۳۵ d
	لوم رسی	۰/۰۵۲ d(cde)	۰/۰۵۸ d(cd)	۰/۰۶۱ c(cd)	۰/۱۱۵b(b)	۰/۱۳۱ a(a)	۰/۰۸۳ A	۰/۰۶۰ c
	میانگین	۰/۰۲۸ D	۰/۰۳۳ CD	۰/۰۴۰ C	۰/۰۶۵ B	۰/۰۸۳ A		
فسفر	شنی	۲/۲۶ e(j)	۲/۹۶ e(j)	۷/۷۶d(h)	۱۵/۹۰ c(e)	۲۷/۶۶ a(b)	۱۱/۳۰C	۲۴/۳۳b
	لوم شنی	۶/۰۰ f(i)	۹/۷۳ e(g)	۱۴/۷۰d(e)	۲۱/۰۰ c(d)	۲۸/۶۶ a(b)	۱۶/۰۱ B	۲۶/۳۳ b
	لوم رسی	۹/۴۰ f(g)	۱۲/۸۰e(f)	۱۵/۳۳ d(e)	۲۳/۸۳ c(c)	۳۱/۳۳ a(a)	۱۸/۵۴ A	۲۷/۰۰ b
	میانگین	۵/۸۸ E	۸/۴۹ D	۱۲/۵۹C	۲۰/۲۴ B	۲۹/۲۱ A		
پتاسیم	شنی	۸۲/۰۰ e(m)	۹۳/۳۰ d(l)	۱۱۱/۷ c(k)	۱۲۲/۷ b(j)	۱۵۶/۰ a(i)	۱۱۳/۸۰ C	۷۹/۳۰ e
	لوم شنی	۱۹۰/۰ e(h)	۱۹۹/۷ d(g)	۲۱۷/۷ c(e)	۲۳۶/۰b(c)	۲۵۶/۳ a(b)	۲۱۹/۹۰ B	۱۸۷/۳ e
	لوم رسی	۲۰۰/۰ e(g)	۲۰۷/۰ d(f)	۲۳۰/۳ c(d)	۲۵۳/۳b(b)	۲۷۱/۷ a(a)	۲۳۲/۴۴ A	۱۹۷/۶ e
	میانگین	۱۵۷/۳۳ E	۱۶۶/۷ D	۱۸۶/۶ C	۲۰۴ B	۲۲۸ A		

*: برای هر عنصر در هر ردیف و ستون اعداد دارای حروف کوچک مشابه (داخل پرانتز) و در هر ردیف اعداد دارای حروف کوچک مشابه (خارج از پرانتز) از نظر آماری در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند. اثرات اصلی با حروف بزرگ نشان داده شده است.

جدول ٦- اثر کاربرد لجن فاضلاب در بافت های مختلف خاک بر آهن، روی، منگنز و مس عصاره گیری شده توسط دی تی پی اِ در خاک پس از برداشت (میلی گرم در کیلوگرم) ذرت و مقایسه با تیمار کود شیمیایی

	بافت خاک	سطوح لجن فاضلاب(گرم در کیلو گرم خاک)						
		۰	۱۰	۲۰	۴۰	۸۰	میانگین	کود شیمیایی
آهن	شنی	۳/۴۰d*	۴/۵۳ cd	۵/۰۸ c	۸/۵۵ b	۱۱/۰۸ a	۶/۵۲ B	۳/۵۴ cd
	لوم شنی	۳/۹۱ d	۵/۲۵ cd	۷/۱۸ c	۹/۹۴ b	۱۳/۹۱ a	۸/۰۳ A	۴/۵۴ d
	لوم رسی	۳/۱۹ b	۵/۵۰ b	۵/۹۸ b	۹/۲۷ a	۱۱/۱۸ a	۷/۰۳ B	۵/۵۷ b
	میانگین	۳/۵۰ D	۵/۱۱ C	۶/۰۸ C	۹/۲۵ B	۱۲/۰۵ A		
روی	شنی	۰/۷۶ d	۲/۰۲ c	۳/۰۲ bc	۳/۶۷ b	۵/۵۶ a	۳/۰۱ A	۲/۰۶ c
	لوم شنی	۰/۸۵ e	۱/۸۲ c	۳/۰۳ b	۳/۵۷ b	۶/۲۸ a	۳/۱۱ A	۱/۴۳ cd
	لوم رسی	۰/۴۸ d	۱/۵۵c	۱/۹۰ c	۳/۶۰ b	۴/۸۵ a	۲/۴۷ B	۱/۷۳ c
	میانگین	۰/۶۹E	۱/۷۹ D	۲/۶۵ C	۳/۶۱ B	۵/۵۶ A		
منگنز	شنی	۱/۶۴ c	۱/۶۸ c	۱/۹۱ c	۲/۱۵ abc	۲/۹۴ a	۲/۰۶ C	۲/۶۶ ab
	لوم شنی	۵/۸۷ b	۶/۰۵ b	۶/۸۸ ab	۶/۹۰ ab	۸/۹۹ a	۶/۹۳ B	۷/۹۶ a
	لوم رسی	۶/۶۱ d	۷/۶۰ d	۸/۰۷ c	۸/۶۴ c	۱۰/۵۱ a	۸/۲۸ A	۹/۲۶ b
	میانگین	۴/۷۰ B	۵/۱۱ B	۵/۶۲ B	۵/۸۹ B	۷/۴۴ A		
مس	شنی	۰/۴۹ cd	۰/۶۸ cd	۰/۸۲ bc	۱/۱۰ b	۱/۷۸ a	۰/۹۷ C	۰/۹۷ b
	لوم شنی	۱/۰۳ c	۱/۴۴ bc	۱/۵۷ b	۲/۰۷ a	۲/۴۳ a	۱/۷۰ B	۱/۵۱ b
	لوم رسی	۱/۷۲ c	۲/۲۰ b	۲/۵۳ b	۲/۷۲ a	۲/۹۱ a	۲/۳۶ A	۱/۹۹ b
	میانگین	۱/۰۸ D	۱/۴۴ C	۱/۵۵ C	۱/۹۶ B	۲/۳۷ A		

*در هر ردیف و ستون، برای هر عنصر در هر ردیف اعداد دارای حروف کوچک مشابه، از نظر آماری در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند. اثرات اصلی با حروف بزرگ نشان داده شده است.

منابع

۱- رضایی نژاد ی. و افیونی م. ۱۳۷۹. اثر مواد آلی بر خواص شیمیایی ، جذب عناصر به وسیله ذرت و عملکرد آن. علوم و فنون کشاورزی، شماره ۴، صفحات ۲۹-۱۹.

۲- عرفان منش م. ۱۳۷۶. اثر تیمارهای لجن بر برخی خصوصیات خاک وجذب و تراکم عناصر سنگین به وسیله اسفناج و گوجه فرنگی. پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳- خیامباشی ب. ۱۳۷۶. اثر استفاده از لجن فاضلاب به عنوان کود در آلایش و انباشت عناصر سنگین در خاک و گیاه، پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته خاکشناسی، دانشکده ی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۴- نور محمدی ق.، سیادت س.ع. و کاشانی ع. ۱۳۷۶. زراعت غلات .دانشگاه شهید چمران اهواز .۴۴۶ صفحه.

۵- ملکوتی م.ج. و غیبی م.ن. ۱۳۷۹. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی مؤثر در خاک، گیاه و میوه. نشر آموزش کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی، کرج، ایران.

۶- ملکوتی م.ج. و همایی م. ۱۳۸۳. حاصلخیزی خاکهای مناطق خشک «مشکلات و راه حلها»، چاپ دوم با بازنگری کامل، ۶۰۰ صفحه، انتشارات دانشگاه تربیت‌مدرس. تهران، ایران.

7- Afyuni M. 1986. Extractability of Iron, zinc and cadmium in sludge amended calcareous soil. New Mexico State University, Las Cruces. MS Thesis.

8- Baran A., Cayci G., Kutak C., and Hartmann R. 2001. The effect of grape mare as growing medium on growth of hypotases plant. Bioresoar-Technol. 78: 103-106.

9- Bauer A., and Black A.L. 1992. Organic carbon effects on available water capacity of three soil textural groups. Soil Sci. Soc. Am. J. 56: 252-257.

10- Bouyoucos C.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agron. J. 54: 464-465.

11- Bremner J.M. 1996. Nitrogen-total. P. 1085-1122. In D. L. Sparks et al., (eds.) Methods of Soil Analysis. Part3 , 3rd Ed., Am. Soc. Agron., Madison. WI.

12- Brown S.L., Chaney R.L., Angle J.S., and Rayan J.A. 1998. The phytoavailability of cadmium to lettuce in long-term biosoilids-amended soils. J. Environ. Qual. 27:1071-1078.

13- Brouwer J., and Powell J.M. 1998**.** Increasing nutrient use efficiency in West African agriculture: the impact of micro-topography on nutrient leaching from cattle and sheep manure, Agric. Eco. Environ,. 71: 229–239.

14- Chaney R.L. 1993. Crop and food chain effects of toxic elements in sludge and effluents recycling municipal sludge and effluents on land, Champagne. 129-141.

15- Felipo M.T. 1996. Compost as a source of organic matter in Mediterranean soils.P. 402-412. In: M. Bertoldi et al, (ed.) the science of composting. 1st ed. Part 1, Blakie Academic and Professional. Glasgow, UK.

16- Hernandez T., Moreno J.T., and Costa F. 1991. Influence of sewage sludge applications on crops yield and heavy metals availability. Soil Sci. Plant. Nutr. 37: 201-210.

17- He Q.B., and Singh B.R. 1993. Effect of organic matter on the distribution, extractability and uptake of Cd in soils. J. Soil Sci. 44:641-650.

18- Hyun H., Chang A.C., Parker D.R., and Page A.L. 1988. Cadmium solubility and phytoavailability in sludge treated soil: Effects of soil organic carbon. J. Environ. Qual. 17: 329-334.

19- Kalbasi M., Racz J.G., and Lewen-Rudger L.A. 1978. Reaction products and solubility of applied zinc compounds in some Manitoba soils. Soil Sci. 25: 55-64.

20- Knudsen D., Peterson G.A., and Pratt P.F. 1982. Lithium, sodium and potassium. P.225-246. In:A.L.Page (ed). Methods of Soil Analysis. Part 2. Am. Soc. Agron. Madison, WI.

21- Lindsay W.L. 1976. Chemical equilibria in soils. John Willey and Sons, New York.

22- Lindsay W.L., and Norvell W.A. 1978. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 421-448.

23- Luo Y.M., and Chirstie P. 1998. Bioavailability of copper and zinc in soil treated with alkaline stabilized sewage sludge. J. Environ. Qual. 27: 335-342.

24- Nelson D.W., and Sommers L.E. 1996. Total carbon, Organic carbon, and organic matter. P. 961- 1010. In: D. L. Sparks et al., (eds) Method of Soil Analysis. Part 3, 3 rd Ed., Am. Soc. Agron., Madison, WI.

25- Olsen S.R.C., Cole V., Watanable F.S., and Dean L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate, USDA. Cir. 939. Us. Govern. Printing Office, Washington, DC.

26- Page A.L., Miller R.H., and Keeney D.R. 1982. Methods of Soil Analysis, part2, 2nd ed., Am. Soc. Agron. Madison, WI.

27- Sims J.T., and Kline J.S. 1991. Chemical fractionation and plant uptake of heavy metal in soil amended sewage sludge. J. Environ. Qual. 20: 387-395.
28- Silveria D.J., and Sommers L.E. 1977. Extractability of copper, zinc, cadmium and lead in soils incubated with sewage sludge. J. Environ. Qual. 6: 47-52.
29- Sommers L.E., Nelson D.W., and Yost K.J. 1976. Variable nature of chemical composition of sewage sludge. J. Environ. Qual. 5: 303-306.
30- Sloan J.J., Dowdy R.H., and Dolan M.S. 1998. Recovery of biosolids-applreal heavy metals sixteen years after application. J. Environ. Qual. 27:1312-1317.

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 2, May-Jun 2012, p. 272-281

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۱، ص. ۲۸۱-۲۷۲

Bioavailability of Nutrients in Three Textural Classes of a Calcareous Soil Affected by Addition of Sewage Sludge and Fertilizer after Harvesting Corn

H.R. Boostani[1*] - A. Ronaghi[2]

Received:30-11-2010
Accepted:29-11-2011

Abstract

Now days, Use of sewage sludge (SS) in agriculture as inexpensive source included macro and micro nutrient has been attended. Purpose of experiment performance was comparison of SS application with fertilizer treatment (F) on some nutrient bioavailability in three textural classes of a calcareous soil after harvesting corn. A factorial experiment was carried out in a completely randomized design with two factor and three replications under greenhouse conditions. Results indicated that soil total nitrogen (TN), available phosphorous (P) and potassium (K) were increased significantly by addition of SS in all three soil textures. TN and available P were significantly lower in fertilizer treatment compared with SS amended soil in all three soil textures. Addition of SS in increasing soil K was lower than the increase in soil P or TN which is probably due to the low content of K in SS. Soil DTPA extractable iron (Fe), zinc(Zn), copper(Cu), and manganese(Mn) significantly increased with SS application in all three soil textures and was higher than fertilizer treated soil textures. Based on nutrient bioavailability in soil textures after harvesting corn, especially at high rates of SS, addition of most nutrients are not necessary for next crop. Concentration of DTPA extractable cadmium (Cd) and Lead (Pb) were not detectable in soil textures amended with SS after harvesting corn, therefore, low content of Cd and Pb in utilized SS reveals that reaching a toxic level of these elements in soil is unexpected. However, if frequently high levels of SS are applied, soil test is recommended for monitoring heavy metals concentration amended soils. Nutrient security of corn and eliminate of Fe and Zn deficiency in calcareous soils are advantages of SS application in agricultural land. Prior to any SS recommendations, the results need to be verified under field conditions.

Keywords: Sewage sludge, Bioavailability, Nutrients, Calcareous soil, Corn

1,2- Former MSc Student and Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University
(*-Corresponding Author Email: hamidboostani@gmail.com)