نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۱، ص. ۱۱۰۰-۱۰۹۲

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No.5, Nov.-Dec. 2012, p. 1092-1100

بررسی غلظت برخی عناصر غذایی و عملکرد گیاه ذرت با کاربرد سطوح مختلف لجن فاضلاب و کود شیمیایی در سه بافت یک خاک آهکی

حمید رضا بوستانی[1*] – عبدالمجید رونقی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۵/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۴/۴

چکیده

لجن فاضلاب به‌عنوان یک منبع عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در بسیاری از کشور ها، جهت تولید گیاهان زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌منظور بررسی اثر کاربرد لجن فاضلاب در مقایسه با کود شیمیایی، بر عملکرد و غلظت برخی عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف در گیاه ذرت، آزمایشی در شرایط گلخانه به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اول شامل لجن فاضلاب (۰، ۱۰، ۲۰، ۴۰، و ۸۰ گرم در کیلوگرم خاک) و عامل دوم بافت خاک (لوم رسی، لوم شنی و شنی) بود. یک تیمار کود شیمیایی نیز جهت مقایسه با اثر کاربرد سطوح لجن فاضلاب بر رشد و ترکیب شیمیایی ذرت استفاده گردید. جهت مقایسه سطوح لجن فاضلاب کاربردی (فاکتور اول) با تیمار کود شیمیایی در هر بافت خاک از یک طرح کاملا تصادفی با شش تیمار و سه تکرار استفاده شد. نتایج نشان داد که افزودن لجن فاضلاب، عملکرد خشک ذرت را در همه بافت‌های خاک به‌طور معنی داری افزایش داد. کاربرد لجن فاضلاب سبب افزایش معنی‌دار غلظت نیتروژن، فسفر، آهن، روی، مس و منگنز در اندام هوایی ذرت گردید و نشانه‌های کمبود این عناصر مشاهده نشد. غلظت عناصر غذایی در ذرت، حتی در سطوح بالای کاربرد لجن فاضلاب به‌حد سمیت نرسید و غلظت کادمیم و سرب در اندام هوایی گیاه کم و قابل اندازه گیری نبود. با توجه به‌کمبود عناصر غذایی در خاک‌های آهکی به‌خصوص آهن و روی، کاربرد لجن فاضلاب می‌تواند به‌عنوان گزینه‌ای جهت جبران کمبود این عناصر باشد. به‌طور کلی کاربرد لجن فاضلاب در افزایش غلظت عناصر غذایی و عملکرد خشک گیاه ذرت برتر از کود شیمیایی بود. قبل از هر گونه توصیه کاربرد لجن فاضلاب، نتایج این تحقیق بایستی در شرایط مزرعه نیز تایید گردد.

واژه های کلیدی: لجن فاضلاب، کود شیمیایی، عناصر غذایی، خاک آهکی، ذرت

مقدمه

تصفیه فاضلاب طی سه مرحله: تصفیه مکانیکی یا اولیه، تصفیه زیستی و تصفیه شیمیایی یا پیشرفته انجام می‌گیرد. در تصفیه مکانیکی تنها از خواص مکانیکی و فیزیکی برای جداسازی مواد معلق در فاضلاب استفاده می‌شود. در مرحله دوم مواد آلی موجود در لجن که شامل چربیها، کربو هیدراتها، پروتیین ها و مواد دیگر می‌باشد، بر اثر فعالیت ریزجانداران به‌مواد معدنی مانند نیتراتها و فسفاتها و پروتو پلاسم میکروبی تبدیل می‌شود. این مرحله می‌تواند توسط ریزجانداران هوازی و یا بی هوازی انجام شود. به‌طورکلی در مرحله تصفیه زیستی مواد موجود در لجن به‌مواد غیر قابل تجزیه و تثبیت شده تبدیل می‌شود. مرحله تصفیه شیمیایی شامل زلال سازی و تصفیه‌های تکمیلی از قبیل نیترات سازی و گذرانیدن فاضلاب از صافی‌های ماسه‌ای، استفاده از کربن فعال، نمک زدایی با روش تبادل یونی می‌باشد که این مرحله بسیار پر هزینه است (۵). حاصل مراحل بالا، جدا شدن پساب از مواد جامد (لجن) می‌باشد. از لجن تولید شده می‌توان به‌عنوان کود استفاده نمود. در استان فارس چند تصفیه خانه فاضلاب فعالیت می‌کند که سالانه مقادیر زیادی از لجن فاضلاب را تولید می‌نماید که به‌دلیل ارزانی قیمت، این فراورده توسط کشاورزان در کشت گیاهان زراعی مورد استفاده قرار گرفته است. امروزه کاربرد پسماندهای آلی به‌عنوان کود برای بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک متداول می‌باشد (۱۶). لجن فاضلاب نوعی از پسماندهای آلی است که سبب افزایش غلظت عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم،آهن، منگنز، مس و روی برای رشد گیاه می‌شود و همچنین می‌تواند سبب بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شود (۷و ۱۲). ذرت (*Zea*

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

(*mays* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی می‌باشد 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 به‌دلیل قدرت تطابق با شرایط اقلیمی مختلف، این گیاه جزو مهم‌ترین محصولات مناطق معتدله، معتدله گرم، نیمه گرمسیر و مرطوب به‌شمار می‌رود (۴).

بازکورت و تریک (۸) گزارش کردند که کاربرد لجن فاضلاب به‌میزان ۱۰۰ تن در هکتار، غلظت منیزیم و نیتروژن برگ ذرت را افزایش داد اما تغییری در غلظت کلسیم، پتاسیم و فسفر گیاه ایجاد نکرد. آنان دلیل این امر را غلظت کم فسفر در لجن فاضلاب، اسیدیته بالای خاک و زیادی کلسیم و پتاسیم در خاک بیان کردند. موررا و همکاران (۲۳) نشان دادند که افزودن لجن فاضلاب (۸۰، ۱۳۰ و۱۶۰ تن در هکتار)، میانگین وزن خشک آفتابگردان را به‌طور معنی داری نسبت به‌خاک شاهد افزایش داد. واثقی و همکاران (۶) نشان دادند که وزن خشک اندام هوایی اسفناج در خاک متناسب با افزایش سطح کاربرد لجن فاضلاب (۰، ۵۰، ۱۰۰، و ۲۰۰ تن در هکتار)، افزایش نشان داد که این افزایش برای همه تیمارها معنی دار بود، به‌طوری که در خاک شاهد مقدار آن ۰/۹۵ گرم در گلدان و در بالاترین مقدار کاربرد لجن فاضلاب به۳/۶۸ گرم در گلدان افزایش یافت. منلیک و همکاران (۲۱) نشان دادند که افزودن لجن فاضلاب به‌خاک (۲۰۰ تن در هکتار)، غلظت نیتروژن، فسفر و منیزیم را در دانه گندم به‌طور معنی داری افزایش داد. پلز و همکاران (۲۶) بیان کردند که غلظت عناصر آهن، روی، سرب و کادمیم در اندام هوایی گیاهان ذرت و اسفناج که در خاک آهکی تیمار شده توسط لجن فاضلاب (۱۰۰ و ۱۸۰ تن در هکتار) رشد کرده بودند به‌طور معنی داری کمتر از گیاهان جمع‌آوری شده از خاک‌های غیر آهکی بودند. دلگادو و همکاران (۱۴) در یک تحقیق مزرعه ای گزارش کردند که افزودن ۱۰۰۰ کیلوگرم لجن همراه ۳۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار سبب افزایش عملکرد ذرت به‌میزان ۲۰ درصد نسبت به‌تیمار شاهد شد. کریستودولاکیس و مارگاریس (۱۱) نشان دادند که ارتفاع گیاه ذرت با افزودن لجن فاضلاب به‌میزان ۱۶۰ تن در هکتار، ۷۷ درصد نسبت به‌شاهد افزایش نشان داد در حالی که با استفاده از کود مرسوم (اوره و فسفات آمونیوم) این افزایش حدود ۲۵ درصد بود. بنابراین هدف از پژوهش حاضر مقایسه اثر کاربرد مقادیر مختلف لجن فاضلاب با یک تیمار کود شیمیایی (کاربرد عناصر کم مصرف و پر مصرف به‌صورت شیمیایی بر اساس نتایج آزمون خاک) بر عملکرد و غلظت برخی عناصر کم مصرف و پر مصرف در اندام هوایی گیاه ذرت در سه بافت یک خاک آهکی بود.

مواد و روش‌ها

مقدار کافی از خاک آهکی (کربنات کلسیم معادل ۳۴ درصد) با بافت لوم رسی از سری دانشکده کشاورزی در منطقه باجگاه با رده‌بندی فامیل خاک (fine, mixed, mesic, Typic Calcixerepts) از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری در سال ۱۳۸۷ جمع‌آوری شد و با افزودن مقادیر مختلف شن، سه نوع بافت شامل بافت سنگین (بدون افزودن شن) ، بافت متوسط و بافت سبک تهیه گردید. از آنجا که در خاک آهکی عناصر ریز مغذی، بخصوص آهن و روی به‌دلیل وجود پ هاش بالا، از دسترس گیاه خارج شده و قابلیت استفاده آن‌ها پایین می‌آید، در این تحقیق از خاک آهکی استفاده شد. پس از عبور خاک از الک دو میلی متری، برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن با روش‌های استاندارد آزمایشگاهی(۲۵) اندازه گیری شد (جدول ۱). لجن فاضلاب از تصفیه خانه شهرک صنعتی آب باریک فارس که مجهز به‌سیستم تصفیه بیولوژیک بوده و نزدیک به۷۰ کارخانه تحت پوشش دارد، تهیه و پس از هوا خشک نمودن، از الک دو میلی متری عبور داده شد و برخی خصوصیات شیمیایی آن همانند روش‌های تجزیه خاک اندازه گیری شد (جدول ۲). آزمایش در شرایط گلخانه (شدت نور معادل ۴۰۰۰۰ لوکس، دمای متوسط شبانه و روزانه به‌ترتیب ۲۲ و ۳۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی حدود ۵۰ درصد) به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل لجن فاضلاب (۰، ۱۰، ۲۰، ۴۰، و ۸۰ گرم در کیلوگرم) و فاکتور دوم بافت خاک (لوم رسی، لوم شنی و شنی) بود. یک تیمار کود شیمیایی جهت مقایسه با اثر کاربرد لجن فاضلاب بر پارامترهای رشد نیز تهیه گردید. برای مقایسه سطوح فاکتور اول (لجن فاضلاب) با تیمار کود شیمیایی در هر بافت خاک، از یک طرح کاملا تصادفی با شش تیمار و سه تکرار استفاده شد. تیمار های لجن فاضلاب مورد استفاده ابتدا با ۳ کیلوگرم خاک مخلوط شده و سپس به‌داخل گلدان ها انتقال داده شد. در تیمار کود شیمیایی ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن از منبع اوره و ۵۰ میلی‌گرم فسفر از منبع منو کلسیم فسفات، ۵ میلی‌گرم روی از کلات روی (Zn-EDTA)، ۵ میلی‌گرم آهن از کلات آهن (سکسترین آهن ۱۳۸)، ۵ میلی‌گرم منگنز از سولفات منگنز و ۵ میلی‌گرم مس از سولفات مس، در کیلوگرم خاک بر اساس نتایج آزمون خاک اضافه شد. بذرهای ذرت (*Zea Mays* L.) رقم کراس ۷۰۴ در عمق حدود دو سانتی متری خاک در گلدان های ۳ کیلوگرمی کاشته شد و حدود یک هفته پس از جوانه زنی به‌سه گیاه در هر گلدان کاهش داده شد و پس از ۸ هفته، قسمت هوایی ذرت از محل طوقه و نزدیک سطح خاک قطع شدند. در طول دوره رشد، رطوبت گلدان ها با توزین روزانه درحدود رطوبت ظرفیت مزرعه نگه داشته شد. اندام هوایی پس از شستشو با آب معمولی و سپس با آب مقطر در آون در دمای ۶۵ درجه سلسیوس تا رسیدن به‌وزن ثابت خشک شدند. نمونه ها پس از توزین با آسیاب برقی پودر و به‌منظور انجام تجزیه شیمیایی به‌آزمایشگاه منتقل شدند. برای تجزیه نمونه ها، یک گرم از ماده خشک گیاهی در کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس خاکستر و سپس در اسید کلریدریک دو مولار حل شده و پس از عبور از کاغذ صافی، با آب مقطر به‌حجم

رسانده و غلظت آهن، منگنز، مس، روی، کادمیم و سرب با دستگاه جذب اتمی، غلظت فسفر به‌روش مورفی و رایلی (۲۴) و نیتروژن کل به‌روش کلدال اندازه گیری شد (۹). پس از به‌دست آوردن نتایج آزمایشگاهی و گلخانه ای برای بررسی اثر تیمارهای لجن فاضلاب و کود شیمیایی بر عملکرد گیاه (وزن خشک اندام هوایی)، غلظت عناصر کم مصرف و عناصر سنگین در گیاه، تجزیه آماری و مقایسه میانگین ها به‌روش دانکن، با استفاده از نرم افزار رایانه‌ای MSTATC و SPSS انجام شد.

جدول۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بافت‌های خاک

	لوم رسی	لوم شنی	شنی
فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۹/۵	۶/۵	۳
اسیدیته (گل اشباع)	۷/۶۸	۷/۵۹	۷/۷۱
قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	۰/۴	۰/۴	۰/۶
پتاسیم (میلی‌گرم 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 DTPA (میلی‌گرم در کیلوگرم)			
منگنز	۶/۹	۶	۱/۸
روی	۰/۸	۰/۷	۰/۵۲
آهن	۶/۳	۵/۵	۳/۶
مس	۱/۹	۱/۱	۰/۶
کادمیم	nd	nd	nd
سرب	nd	nd	nd

nd = non detectable غیر قابل اندازه گیری

نتایج و بحث

افزایش سطوح لجن فاضلاب کاربردی، سبب افزایش معنی دار وزن خشک اندام هوایی گیاه ذرت در هر سه بافت خاک شد و برهم کنش بین سطوح لجن و بافت خاک معنی دار بود (p=۰/۰۵)(جدول‌های ۳ و ۵). بدین ترتیب که وزن خشک اندام هوایی ذرت در بافتهای شنی، لوم شنی و لوم رسی به‌ترتیب از ۲/۰۷، ۱۰/۲۶ و ۱۳/۶۶ گرم در گلدان در تیمار بدون کاربرد لجن فاضلاب (تیمار شاهد) به۲۹/۵۴، ۳۴/۵۰ و ۳۰/۸۷ گرم در گلدان در تیمار ۸۰ گرم لجن فاضلاب در کیلوگرم خاک (معادل ۱۶۰ تن در هکتار) رسید که این افزایش به‌ترتیب معادل ۱۳۲۷، ۲۳۶/۲ و ۱۲۶ درصد نسبت به‌تیمار شاهد بود و میزان افزایش وزن خشک اندام هوایی در بافت شنی به‌مراتب نسبت به‌بافت لوم رسی بیشتر بود (جدول ۳). کاربرد کود شیمیایی نیز سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی ذرت در هر سه بافت خاک به‌طور معنی‌داری شد (جدول ۳). تیمار ۸۰ گرم لجن فاضلاب در کیلوگرم خاک، وزن خشک اندام هوایی را نسبت به‌تیمار شاهد در بافت‌های شنی، لوم شنی و لوم رسی به‌ترتیب معادل ۴۲۹، ۵۴/۸۵ و ۷/۴ درصد بیشتر از کود شیمیایی افزایش داده است. این افزایش تنها در بافت لوم رسی از نظر آماری معنی دار نبود (جدول ۳). در اثر کاربرد لجن فاضلاب، میانگین وزن خشک گیاه در بافت لوم رسی ۳۰/۱ درصد نسبت به‌بافت شنی بیشتر بود (جدول ۳). عرفان‌منش (۳) نشان داد که افزایش سطوح لجن فاضلاب سبب افزایش عملکرد بیولوژیک گوجه‌فرنگی شد، به‌طوری که عملکرد این محصول در تیمار ۲۰۰ تن لجن فاضلاب در هکتار تا حدود ۳ برابر شاهد افزایش نشان داد.

جدول۲- برخی از خصوصیات لجن فاضلاب استفاده شده

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

با افزایش کاربرد سطوح لجن فاضلاب، غلظت نیتروژن کل (نیتروژن) در گیاه در هر سه بافت خاک به‌طور معنی داری افزایش یافت و برهم کنش بین سطوح لجن و بافت خاک معنی دار بود (p=۰/۰۵) (جدول‌های ۳ و ۵)، به‌طوری که غلظت نیتروژن در بافتهای شنی، لوم شنی و لوم رسی در تیمار ۸۰ گرم لجن فاضلاب نسبت به‌تیمار شاهد به‌ترتیب معادل ۱۶۹/۴، ۶۶/۹ و ۵۹/۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). افزودن کود شیمیایی در هر سه بافت خاک اثر معنی داری را در افزایش غلظت نیتروژن گیاه داشت، به‌طوری که غلظت نیتروژن را در بافت‌های مورد مطالعه به‌ترتیب معادل ۱۰۸/۸، ۱۹ و ۲۶/۴ درصد نسبت به‌تیمار شاهد افزایش داد. بنابراین تیمار ۸۰ گرم لجن فاضلاب در کیلوگرم خاک، نیتروژن گیاه را نسبت به‌تیمار شاهد به‌ترتیب در بافت‌های شنی، لوم شنی و لوم رسی معادل ۶۰/۶، ۴۷/۹ و ۳۳/۲ درصد بیشتر از کود شیمیایی افزایش داده است (جدول ۳). مقایسه میانگین نیتروژن در سه بافت خاک نشان می‌دهد که نیتروژن در اندام هوایی ذرت در بافت لوم

رسی نسبت به‌بافت شنی ۴۰/۹ درصد بیشتر بود (جدول ۳). رید و همکاران (۲۷) گزارش کردند که ارزش کودی لجن فاضلاب در افزایش عملکرد گیاه ذرت در تامین نیاز نیتروژن با کودهای مرسوم قابل مقایسه می‌باشد.

غلظت فسفر در گیاه با افزایش کاربرد سطوح لجن فاضلاب در هر سه بافت خاک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و برهم کنش بین سطوح لجن و بافت خاک معنی دار بود (p=۰/۰۵) (جدول‌های ۳ و ۵). غلظت فسفر گیاه در بافتهای شنی، لوم شنی و لوم رسی در تیمار ۸۰ گرم لجن فاضلاب در کیلوگرم خاک به‌ترتیب معادل ۲۷۱/۴، ۲۲۶/۵ و ۲۳۳/۳ درصد نسبت به‌تیمار شاهد افزایش نشان داد (جدول ۳). کاربرد کود شیمیایی نیز سبب افزایش غلظت فسفر گیاه نسبت به‌تیمار شاهد شد. اثر تیمار ۸۰ گرم لجن فاضلاب در کیلوگرم خاک در افزایش فسفر گیاه نسبت به‌تیمار شاهد در بافت‌های مورد مطالعه به‌ترتیب معادل ۲۰۰، ۱۷۳/۵ و ۱۸۳/۳ درصد بیشتر از کود شیمیایی بود (جدول ۳). مقایسه میانگین غلظت فسفر گیاه در سه بافت خاک نشان می‌دهد که غلظت فسفر در اندام هوایی ذرت در بافت لوم رسی نسبت به‌بافت شنی ۴۶/۷ درصد بیشتر بود (جدول ۳). منلیک و همکاران (۲۱) نشان دادند که افزودن لجن فاضلاب به‌خاک غلظت فسفر را در دانه گندم به‌طور معنی داری افزیش می‌دهد.

افزایش کاربرد سطوح لجن فاضلاب در هر سه بافت خاک سبب افزایش معنی دار غلظت آهن در اندام هوایی شد هر چند که برهم کنش بین سطوح لجن و بافت خاک معنی دار نبود (p=۰/۰۵) (جدول‌های ۴ و ۶)، بدین ترتیب که بیشترین غلظت آهن در اندام هوایی گیاه در بافت لوم رسی و تیمار ۸۰ گرم لجن فاضلاب در کیلوگرم خاک بود (جدول ۴). کاربرد کود شیمیایی نیز سبب افزایش غلظت آهن موجود در اندام هوایی به‌طور معنی داری در هر سه بافت خاک شد. به‌وضوح مشاهده می‌شود که نقش تیمار ۸۰ گرم لجن فاضلاب در کیلوگرم خاک، در هر سه بافت خاک نسبت به‌تیمار شیمیایی به‌کار رفته، در افزایش غلظت آهن در اندام هوایی موثرتر می‌باشد و تفاوت آن ها نیز معنی دار است (جدول ۴). ترتیب میانگین غلظت آهن در اندام هوایی به‌صورت لوم رسی > شنی > لوم شنی بود (جدول ۴). غلظت آهن در هر سه بافت خاک در اندام هوایی گیاه در هیچکدام از سطوح لجن فاضلاب کاربردی از حد معمول آن که ۵۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک است تجاوز نکرد (۱۸). رضایی‌نژاد و افیونی (۲) مشاهده کردند که افزایش لجن فاضلاب در سطوح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ تن در هکتار در یک خاک آهکی سبب افزایش معنی‌دار غلظت آهن در ریشه و اندام هوایی گیاه ذرت شد. محققان متعددی از جمله ساندرس و همکاران (۲۹) اثر افزایش غلظت آهن در گیاه را بر اثر افزودن لجن فاضلاب گزارش کردند.

غلظت روی در اندام هوایی با افزایش کاربرد سطوح لجن فاضلاب در هر سه بافت خاک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و برهم کنش بین سطوح لجن و بافت خاک نیز معنی دار بود (p=۰/۰۵)(جدول‌های ۴ و ۶). غلظت روی گیاه در بافت های شنی، لوم شنی و لوم رسی در تیمار ۸۰ گرم لجن فاضلاب در کیلوگرم خاک به‌ترتیب معادل ۱۴۹/۸، ۱۰۱/۹ و ۱۰۱/۹ درصد نسبت به‌تیمار شاهد افزایش نشان داد. افزودن لجن فاضلاب در مقایسه با کود شیمیایی، به‌مراتب غلظت روی را دراندام هوایی نسبت به‌تیمار شاهد به‌طور معنی داری بیشتر افزایش داد (جدول ۴). همچنین در اثر کاربرد لجن فاضلاب، میانگین غلظت روی در اندام هوایی بین سه بافت تفاوت معنی داری نداشته است (جدول ۴). در هیچکدام از تیمارهای لجن فاضلاب در سه بافت خاک، غلظت روی در اندام هوایی ذرت با توجه به‌اینکه حد معمول آن در گونه‌های مختلف گیاهی ۲۷ تا ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک و حد سمی آن ۱۵۰ تا ۴۰۰ میلی-گرم وزن خشک می‌باشد (۱۸)، به‌حد سمیت نرسید. دیویس (۱۳) گزارش کرد که در بین عناصر سنگین، روی و کادمیوم تمایل زیاد به‌انباشت در بافتهای گیاهی دارند و مقدار این دو عنصر در بافتهای گیاهی تابعی از تعداد دفعات اضافه کردن لجن فاضلاب به‌خاک و مقدارقابل جذب این عنصر در خاک است. محققان زیادی نظیر عرفان منش (۳)، مشهدی (۲۰)، هیگنس (۱۷)، سینگ و ناروال (۳۰) و چنگ و همکاران (۱۰) به‌افزایش غلظت روی در گیاه همراه با افزایش سطوح لجن فاضلاب در خاک‌های مختلف اشاره کرده اند.

غلظت منگنز دراندام هوایی ذرت در هر سه بافت خاک، با افزایش کاربرد سطوح لجن فاضلاب به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، اما برهم کنش بین سطوح لجن و بافت خاک معنی دار نبود (p=۰/۰۵) (جدول‌های ۴ و ۶)، به‌طوری که در اثر کاربرد لجن فاضلاب بیشترین غلظت منگنز در اندام هوایی در بافت لوم رسی و در تیمار ۸۰ گرم لجن فاضلاب در کیلوگرم خاک مشاهده شد (جدول ۴). کاربرد کود شیمیایی نیز سبب افزایش غلظت منگنز به‌طور معنی دار در اندام هوایی شد، هرچند که این افزایش نسبت به‌تیمار ۸۰ گرم لجن فاضلاب در کیلوگرم خاک به‌طور معنی داری کمتر بود (جدول ۴). مقایسه میانگین غلظت منگنز در اندام هوایی در سه بافت خاک، نشان می‌دهد که غلظت منگنز در بافت لوم رسی به‌میزان ۲۲/۹ درصد نسبت به‌بافت شنی بیشتر بود. ترتیب میانگین غلظت منگنز در اندام هوایی به‌صورت لوم رسی > لوم شنی > شنی بود (جدول ۴). میانگین غلظت منگنز در گونه‌های مختلف گیاهی ۵۰ تا ۳۰۰ میلی-گرم در کیلوگرم وزن خشک و حد سمیت آن ۳۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک می‌باشد (۱۸). همان طور که از داده‌های موجود در جدول مشخص است، غلظت منگنز در اندام هوایی ذرت در هیچکدام از سطوح لجن فاضلاب کاربردی و کود شیمیایی به‌حد سمیت نرسیده است. خیامباشی (۱) گزارش کرد که کاربرد لجن فاضلاب سبب افزایش معنی‌دار غلظت منگنز در اندام هوایی در ریشه گیاهان کاهو و اسفناج شد. افزایش مقدار منگنز درگیاه با افزایش

کاربرد سطوح لجن فاضلاب درتحقیقات دیگر نیز گزارش شده است (۳، ۱۰، ۱۵، ۱۸و ۲۸).

افزایش سطوح لجن فاضلاب کاربردی سبب افزایش معنی دار غلظت مس در اندام هوایی در هر سه بافت خاک شد، اما برهم کنش بین سطوح لجن و بافت خاک معنی دار نبود (p=۰/۰۵) (جدول‌های ۴ و ۶)، بدین ترتیب که غلظت مس گیاه در تیمار ۸۰ گرم لجن فاضلاب در بافت‌های شنی، لوم شنی و لوم رسی به‌ترتیب معادل ۵۹، ۵۵/۵۰ و ۴۸/۲ درصد نسبت به‌تیمار شاهد افزایش یافت. افزودن کود شیمیایی نیز سبب افزایش معنی داری در غلظت مس در اندام هوایی گیاه نسبت به‌تیمار شاهد گردیدکه این افزایش به‌ترتیب معادل ۳۱/۲۸، ۱۶/۸۹، و ۱۶/۷۵ درصد نسبت به‌تیمار شاهد بود. بنابراین تاثیر تیمار ۸۰ گرم لجن فاضلاب در کیلوگرم خاک در افزایش مس اندام هوایی به‌مقدار ۲۷/۷۵، ۳۸/۶، و ۳۱/۵ درصد بیشتر از کود شیمیایی بود و این افزایش از نظر آماری معنی دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین غلظت مس در اندام هوایی در سه بافت خاک نشان می‌دهد که غلظت مس در بافت لوم رسی به‌میزان ۴۱/۴ درصد نسبت به‌بافت لوم شنی بیشتر بود. ترتیب میانگین غلظت مس در اندام هوایی به‌صورت لوم رسی > شنی > لوم شنی بود (جدول ۴). کاباتا و پندیاس (۱۸) حد معمول غلظت مس درگونه‌های مختلف گیاهی را بین ۵ تا ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک و حد سمی آنرا ۴۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک ذکر نمودند. بدین ترتیب مشاهده می‌شود که در هیچکدام از سطوح لجن فاضلاب کاربردی، غلظت مس در اندام هوایی ذرت به‌حد سمیت نرسیده است. تحقیقات متعدد نشان داده است که غلظت مس در گیاهان تحت تیمار لجن فاضلاب افزایش می‌یابد (۱، ۲، ۱۸، ۱۹و ۲۲).

غلظت سرب و کادمیم در اندام هوایی گیاه در هر سه بافت خاک در تیمار شاهد و کلیه سطوح لجن فاضلاب کاربردی و تیمار کود شیمیایی پایین تر از حد کشف دستگاه جذب اتمی بود.

نتیجه‌گیری

بیشترین عملکرد ذرت در هر سه بافت خاک، در تیمار کاربرد ۸۰ گرم لجن فاضلاب در کیلوگرم خاک به‌دست آمد و بیشترین افزایش در وزن خشک اندام هوایی ذرت نسبت به‌تیمار شاهد، در اثر کاربرد لجن فاضلاب در بافت شنی مشاهده شد. کلیه سطوح لجن فاضلاب کاربردی در هر سه بافت خاک مورد مطالعه، سبب افزایش معنی دار غلظت نیتروژن، فسفر، آهن، روی، منگنز و مس در اندام هوایی گیاه شد. در همه سطوح لجن کاربردی و بافت‌های خاک مورد مطالعه غلظت این عناصر در گستره طبیعی بود و به‌حد سمیت نرسید. احتمال وجود فلزات سمی مانند کادمیم و سرب در لجن فاضلاب ها وجود دارد، هرچند در تحقیق حاضر، غلظت کادمیم و سرب در گیاه ذرت در هر سه بافت خاک، پایین تر از حد کشف دستگاه جذب اتمی بود.

جدول ۳- اثر کاربرد لجن فاضلاب در بافت‌های مختلف خاک بر وزن خشک (گرم در گلدان)، نیتروژن کل و فسفر اندام هوایی (درصد وزنی) و مقایسه با تیمار کود شیمیایی

بافت خاک		سطوح لجن فاضلاب (گرم در کیلوگرم خاک)						
		۰	۱۰	۲۰	٤٠	۸۰	میانگین	کود شیمیایی
وزن خشک اندام هوایی	شنی	۲/۰۷ F(i) *	۱۱/۱۵ e(h)	۱۷/۵۶ d(f)	۲۴/۰۳ b(d)	۲۹/۵۴ a(b)	۱۶/۸۷ B	۲۰/۶۶ c
	لوم شنی	۱۰/۲۶ d(h)	۱۸/۴۶ c(f)	۲۱/۵۳ c(e)	۲۷/۰۵ b(c)	۳۴/۵۰ a(a)	۲۱/۹۶ A	۲۸/۸۷ b
	لوم رسی	۱۳/۶۶ e(g)	۱۹/۵۲ d(ef)	۲۱/۶۲ c(e)	۲۴/۱۰ b(d)	۳۰/۸۷ a(b)	۲۱/۹۵ A	۲۹/۶۸ a
	میانگین	۸/۶۶ E	۱۶/۳۷ D	۲۰/۲۳ C	۲۵/۰۶ B	۳۱/۶۴ A		
نیتروژن کل	شنی	۱/۴۷ e(j)	۲/۳۴ d(i)	۲/۸۹ c(g)	۳/۳۳ b(ef)	۳/۹۶ a(cd)	۲/۷۹ C	۳/۰۷ c
	لوم شنی	۲/۶۳ d(h)	۲/۹۸ c(g)	۳/۸۲ b(d)	۳/۰۴ b(cd)	۴/۳۹ a(b)	۳/۵۷ B	۳/۱۳ c
	لوم رسی	۳/۱۱ e(fg)	۳/۴۸ d(e)	۳/۸۹ c(d)	۴/۲۳ b(bc)	۴/۹۶ a(a)	۳/۹۳ A	۳/۹۳ c
	میانگین	۲/۴۱ E	۲/۹۳ D	۳/۵۴ C	۳/۸۶ B	۴/۴۴ A		
فسفر	شنی	۰/۰۷ d(j)	۰/۰۸۹ d(i)	۰/۱۵ c(g)	۰/۱۹ b(e)	۰/۲۶ a(d)	۰/۱۵ C	۰/۱۲ c
	لوم شنی	۰/۰۹۸ d(i)	۰/۱۰ d(i)	۰/۱۷ c(f)	۰/۲۵ b(d)	۰/۳۲ a(b)	۰/۱۸ B	۰/۱۵ c
	لوم رسی	۰/۱۲ d(h)	۰/۱۴ d(g)	۰/۱۹ c(e)	۰/۲۸ b(c)	۰/۴۰ a(a)	۰/۲۲ A	۰/۱۸ c
	میانگین	۰/۰۹ E	۰/۱۱ D	۰/۱۷ C	۰/۲۴ B	۰/۳۲ A		

*برای هر پارامتر، 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 ٤- اثر کاربرد لجن فاضلاب در بافت‌های مختلف خاک بر غلظت آهن، روی، منگنز و مس (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) دراندام هوایی 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
آهن	شنی	۱۱۹/۷۰ d*	۱۲۳/۳٦cd	۱۲٤/٤۳ c	۱٤۸/۷۸ ab	۱۵۰/٤٦ a	۱۳۳/۳٤ A	۱۲٤/۳۱ c
	لوم شنی	۱۰۱/۱۰ e	۱۰۵/۱٦ e	۱۱۵/۱۳ d	۱۳۵/۹٦ b	۱٦۰/۱۸ a	۱۲۳/۵۰ B	۱۲۷/۵۰ c
	لوم رسی	۱۰۳/۹۰ d	۱۳۰/۷۳ cd	۱٤٦/۳۰ bc	۱٤۹/۱۳ b	۱٦۷/۳۵ a	۱۳۹/۵۰ A	۱۳۳/۳٦ c
	میانگین	۱۰۸/۲۰ D	۱۱۹/۸۰ C	۱۲۸/٦۰ C	۱٤٤/٦۲ B	۱۵۹/۳۳ A		
روی	شنِی	۲۲/۳۸ d(f)	۳۷/۱۸ c(dc)	٤۲/٦۰ b(cd)	۵۵/۷۰ a(b)	۵۵/۹۰ a(b)	٤۲/۷۵ A	۳۵/۷۰ c
	لوم شنی	۳۲/۵۵ cd(e)	۳۵/۳۸ c(dc)	٤۵/٤۰ b(c)	٤۷/۲۳ b(c)	٦۵/۷۳ a(a)	٤۵/۲۸ A	٤۲/٤۰ b
	لوم رسِی	۳۲/۵٦ cd(e)	۳۳/۰۱ c(e)	٤۵/٤۰ b(c)	٤۷/۲۳ b(c)	٦۵/۷۳ a(a)	٤٤/۷۸ A	٤۵/۵۰ b
	میانگین	۲۹/۱٦ E	۳۵/۱۹ D	٤٤/۵۳ C	۵۰/۰۵ B	٦۲/٤۵ A		
منگنز	شنی	٤۹/۵۳ d	۵۸/۳۳ c	٦۰/۲٦ bc	٦۲/۳۳ b	٦٦/۲۳ a	۵۹/۳۹ C	۵۷/۳۳ c
	لوم شنی	۵۱/٦۱ d	٦۰/۱۵ c	٦۲/۳۲ c	٦۸/۱۵ b	۷۱/٦۳ a	٦۲/۷۷ B	٦۱/۵۲ c
	لوم رسی	٦۱/۷۱ c	٦۷/۸۰ bc	۷۱/۹٦ b	۸۰/۲٤ a	۸۳/۱۸ a	۷۲/۹۷ A	۷۲/۸۰ b
	میانگین	۵٤/۲۵ E	٦۲/۰۹ D	٦٤/۸۵ C	۷۰/۳۵ B	۷۳/۷۱ A		
مس	شنی	۷/۹٦ c	۱۰/۳۸ b	۱۱/۳٦ ab	۱۱/۸۳ ab	۱۲/٦٦ a	۱۰/۸٤ B	۱۰/٤۵ b
	لوم شنی	٦/٦۳ e	۷/۷۳ d	۸/۵۱ c	۹/۱۵ ab	۱۰/۳۰ a	۸/٤۷ C	۷/۷۵ cd
	لوم رسی	۹/۸۵ c	۱۱/۰۳ b	۱۱/۰٦ b	۱۳/٤۰ a	۱٤/٦۰ a	۱۱/۹۸ A	۱۱/۵۰ b
	میانگین	۸/۱٤ D	۹/۷۱ C	۱۰/۳۱ BC	۱۱/٤٦ AB	۱۲/۵۲ 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 ٥- نتایج تجزیه واریانس اثر کاربرد لجن فاضلاب در بافت‌های مختلف خاک بر عملکرد و میزان برخی عناصر پر مصرف دراندام هوایی ذرت

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		نیتروژن	فسفر	عملکرد
بافت	۲	۵/۰۲ **	۰/۰۲۲ **	۱٤۰/۳۱ **
سطوح لجن فاضلاب	٤	۵/٦٤ **	۰/۰۸٦ **	٦۷۸/۲۱ **
برهم کنش بین سطوح لجن و بافت خاک	۸	۰/۱۰٦ **	۰/۰۰۲ **	۱۸/۳۱ **
خطا	۳۰	۰/۰۲۳	۰/۰۰۰	۱/۹۳

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

جدول ٦- نتایج تجزیه واریانس اثر کاربرد لجن فاضلاب در بافت‌های مختلف خاک بر غلظت عناصر کم مصرف در اندام هوایی گیاه ذرت

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		آهن	روی	منگنز	مس
بافت	۲	۹۷۳/۲۰ **	۲٦/٦۳ **	۷٤۹/٦۵ **	٤۸/۳٤ **
سطوح لجن فاضلاب	٤	۳٦۷۳/۸۰ **	۱۵۱۸/۰۸ **	۵۱٤/۰٦ **	۲۵/۱٦ **
برهم کنش بین سطوح لجن و بافت خاک	۸	٤۷/۲٦ ns	٦۵/۵۵ **	۹/۳۹ ns	۰/۹۲ ns
خطا	۳۰	۱۳۷/۲۳	۱۷/٦۵	۵/۷۱	۲/۲۵

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

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

در صورت استفاده مکرر و بخصوص کاربرد سطوح بالای لجن فاضلاب (۴۰ و ۸۰ گرم در کیلوگرم خاک) باید غلظت این عناصر در گیاه و شکل قابل جذب آن ها در خاک ردیابی و ارزیابی شود. به‌طور کلی کاربرد لجن فاضلاب (سطوح ۴۰ و ۸۰ گرم در کیلوگرم خاک) در

مقایسه با استفاده از کود شیمیایی، در افزایش عملکرد و غلظت عناصر غذایی در گیاه ذرت، موثرتر بود. با توجه به‌این که در خاک‌های آهکی احتمال مواجه شدن گیاهان با عناصر کم مصرف به‌ویژه آهن و روی وجود دارد، کاربرد لجن فاضلاب می‌تواند منبع مناسب و ارزانی برای رفع و یا جلوگیری از کمبود احتمالی این عناصر در گیاهان باشد. اثرهای باقیمانده کاربرد لجن فاضلاب به‌صورت مکرر در خاک‌های با بافت‌های مختلف به‌ویژه شنی باید بررسی شود. با توجه به‌اثر مثبت لجن فاضلاب در تامین عناصر غذایی گیاهان و افزایش رشد، بررسی جنبه‌های فیزیکی، بیولوژیکی و حضور آلاینده های دیگر در خاک تحت تاثیر کاربرد این منبع آلی نیز می‌تواند مفید باشد. با توجه با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، میزان کاربرد لجن فاضلاب بایستی با توجه به‌نوع بافت خاک باشد. قبل از هر گونه توصیه کاربرد لجن فاضلاب، نتایج این پژوهش در شرایط مزرعه نیز بایستی مورد ارزیابی و تایید قرار گیرد.

منابع

۱- خیامباشی ب. ۱۳۷۶. اثر استفاده از لجن فاضلاب به‌عنوان کود در آلایش و انباشت عناصر سنگین در خاک و گیاه. پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته خاکشناسی، دانشکده ی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۲۲۰ صفحه.

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

۳- عرفان منش م. ۱۳۷۶. اثر تیمارهای لجن بر برخی خصوصیات خاک و جذب و تراکم عناصر سنگین به‌وسیله اسفناج و گوجه فرنگی. پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۹۶ صفحه.

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

۵- محوی، آ. ۱۳۶۵. تصفیه ی فاضلاب‌های شهری به‌روش غیر هوازی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران.

۶- واثقی س. ، افیونی م. شریعتمداری ح. و مبلی م. ۱۳۸۳. اثر لجن فاضلاب بر غلظت تعدادی از عناصر غذایی و ویژگی‌های شیمیایی خاک. آب و فاضلاب، شماره ۵۳ صفحات ۲۲-۱۵.

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

8- Bozkurt M. A., and Tarik Y. 2003. The effect of sewage sludge applications on the yield, growth, nutrition and heavy metal accumulation in apple trees growing in dry conditions. Turk. J. Agric. For. 27: 285-292.

9- 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.

10- Chang A. C., Page A. L., and Wernick J. E. 1987. Long term sludge application effect on cadmium and zinc accumulation in Swiss chard and radish. J. Environ. Qual. 16: 217-22.

11- Christodoulakis N. S, and Margaris N. S. 1996. Growth of corn (*zea mays* L.) and sunflower (*Helianthus annus* L.) plants is affected by water and sludge from a sewage treatment plant . Bull. Environ. Contam. Toxicol. 57: 300-306.

12- Coker E. J. and Mathew P. J. 1983. Metals in sewage sludge and their potential effects in agriculture. Water Sci. Res. 15: 209-22.

13- Davis R. D. 1984. Cadmium in sludge used as fertilizer, Environ. Protect. Direct. 40: 117-126.

14- Delgado M. M., Parcel M. A., Miralles R., Beltrain E. M., Bernigole L., and Valero J. 2003. Management sewage sludge thermal drying amended soil. Waste Contaminants: Life cycle and Entry into food chain.89-92.

15- Giusquini P. L., Pagliai M., Gigliotti G., Businelli D., and Benetti A. 1995. Urban waste compost: Effect on physical, chemical and biochemical soil properties. J. Environ. Qual. 24: 175-182.

16- Hassan D. and Mishra M. M. 1994. Influence of Cd on carbon and nitrogen mineralization sewage sludge amended soils. Environ. Pollut. 84: 285-290.

17- Highness, A. J. 1984. Land application of sewage sludge with regard to cropping system and pollution potential. J. Environ. Qual. 13: 441-448.

18- Kabata P. and Pendias A. H. 1992. Trace elements in soil and plant. 2nd Edition., New York.

19- Logan T. J., Harrison B. J., McAvoy D. C., and Greff J. A. 1996. Effect of sewage sludge on soil physical properties. J. Environ. Qual. 25: 153-161.

20- Mashhady A. S. 1984. Heavy metals extractable from a calcareous soils treated with sewage sludge. Environ. Pollut. Series B. 8: 51-62.

21- Menelik G., Renau R. B., Martens D. C. and Simpson T. W. 1991. Yield and elemental composition wheat grain as influenced by source and rate of nitrogen. J. Plant Nutr. 14: 205-217.

22- McBride M. B. 1995. Toxic metals accumulation from agricultural use of sludge: are USEPA regulations protective. J. Environ. Qual. 24: 5-18

23- Morera, M. T., Echeveria J., and Garrido J. 2002. Bioavailability of heavy metals in soil amended with sewage sludge. Can. J. Soil Sci. 82: 433-438.
24- Murphy, J., and Riley J. P. 1962. A modified single solution method for determination of phosphorus in natural waters. Anal. Chem. Acta. 27: 31-36.
25- Page A. L., Miller R. H., and Keeney D. R. 1982. Methods of soil analysis, partII, 2nd ed., Am. Soc. Agron. Madison, WI.
26- Peles J. D., Brewer S. R. and Barret G. W. 1998. Heavy metal accumulation by old field plant species during recovery of sludge treated ecosystems. Am. Midl. Nat. 140: 245-251.
27- Read B. E., P. E. Carriere, and Matsumoto, M. R. 1991. Applying sludge on agricultural land. Biocycle 37: 58-60
28- Reddy M. R., and S. J. Dunn. 1984. Accumulation of heavy metals by soybean from sludge-amended soil. Environ. Pollut. Series B. 7: 281-295.
29- Sanders J. R., McGrath S. P., and McAdams T. 1986. Zinc, copper and nickel concentrations in soil extracts and crops grown on four soils treated with metal loaded sewage sludge. Environ. Pollut. 44: 193-210
30- Singh B. R, and Narwal R. P. 1984. Plant availability of heavy metal uptake. J. Environ. Qual. 13: 342-348.

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No.5, Nov.-Dec. 2012, p. 1092-1100

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۱، ص. ۱۱۰۰-۱۰۹۲

Investigation of Some Nutrients Concentration and Corn Yield with Application of Different Sewage Sludge Levels and Chemical Fertilizer in Three Textural Classes of a Calcareous Soil

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

Receivd: 13-08-2011
Accepted: 24-06-2012

Abstract

Sewage sludge (SS) as a source of required plant nutrients has been utilized in many countries for crops production. for investigation of SS application affect in compared to chemical fertilizer treatment (F), on dry matter yield (DMY) and concentration of some macro and micro nutrient in corn, a greenhouse experiment (5 × 3 factorial) arranged in a completely randomized design with three replicates was conducted. The first factor included SS levels (0, 10, 20, 40 and 80 gr kg^{-1} soil) and the second factor was soil textural classes (clay loam, sandy loam and sandy). A chemical fertilizer treatment was also used to compare its affect with that of SS application levels on growth and chemical composition of corn. For comparison of applied SS levels (one factor) with chemical fertilizer treatment in each soil textural classes was used from a completely randomized design with six treatment and three replicates. The results indicated that addition of SS significantly increased DMY of corn in all textures. Application of SS significantly increased N, P, Fe, Zn, Cu and Mn concentration in corn aerial parts and nutrients deficiencies symptoms disappeared. Nutrients concentrations in corn plants did not reach to toxic levels even at high rates of SS application and concentration of Cd and Pb were negligible and not detectable in shoot corn. Based on nutrient deficiency in calcareous soils especially Zn and Fe, application of SS for contrasting with shortage of these elements can be effective way to eliminate these nutrients shortage. In general, application of SS was superior to chemical fertilizer treatment in increasing concentration of nutrients and DMY of corn. Prior to any SS recommendations the results of this experiment needs to be verified under field conditions.

Keywords: Sewage sludge, Chemical fertilizer, Nutrients, Calcareous soil, Corn

1- M. Sc of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University and Presently Ph.D Student of Soil Science, College of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran
(*- Corresponding Author Email: hamidboostani@gmail.com)
2- Prof. of Soil Science, Dept. of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University