DOI: http://dx.doi.org/10.22092/aj.2015.106652

نشریه زراعت شماره ۱۰۸، پائیز ۱۳۹۴

(پژوهش و سازندگی)

بررسی آزمایشگاهی و گل خانه ای تأثیر منابع و مقادیر کودهای آلی بر زیست فراهمی مس و روی در خاک

- حسین میر سیدحسینی، دانشیار دانشگاه تهران (نویسنده مسئول)
- ریحانه ایوانی، دانشگاه فردوسی مشهد
- غلامرضا ثواقبی، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: فروردین ماه ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: تیر ماه ۱۳۹۳

پست الکترونیک نویسنده مسئول: hmirseyed@yahoo.com

چکیده

مواد آلی بر مبنای نسبت C/N و نوع ترکیبات می توانند تأثیر متفاوتی بر زیست فراهمی عناصر در خاک داشته باشند. این تحقیق به منظور بررسی تأثیر منابع مختلف کودهای آلی بر زیست فراهمی دو عنصر مس و روی در خاک انجام شد. خاکی با بافت رسی سیلتی و سه نوع کود آلی شامل کود دامی، لجن فاضلاب و کمپوست زباله شهری در ۲ سطح ۱/۲۵٪، ۲/۵٪ و شاهد در نظر گرفته شد. آزمایش در دو مرحله انکوباسیون و کاشت گل خانه ای ذرت (*Zea mays* L.) به اجراء درآمد. هر دو آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش تیمار و چهار تکرار به همراه شاهد بودند. در آزمایش اول، خاک های تیمارشده با کودهای آلی به مدت هشت هفته در رطوبت ظرفیت مزرعه و دمای ۲۵ درجه سانتی گراد تحت انکوباسیون قرارگرفتند؛ و نمونه های خاک در فواصل زمانی صفر، چهار و هشت هفته از داخل گل دان ها برداشته شدند. نتایج نشان داد که بیشینه میزان روی (Zn) قابل عصاره گیری به روش DTPA به ترتیب با ۱۴۸/۴۱ و ۷/۱۵۶ $mg\ kg^{-1}$ به دو سطح ۲۵/۱ و ۵/۲ درصد تیمار لجن فاضلاب شهری، و کمینه آن با ۷۴/۱۰۳ $mg\ kg^{-1}$ به کود دامی تعلق داشت. بیش ترین میزان مس (Cu) قابل استخراج با DTPA به ترتیب با ۲۸/۱۰، ۲۸/۴۵ و ۴۱/۲۸ $mg\ kg^{-1}$ مربوط به دو سطح ۲۵/۱ و ۵/۲درصد تیمار کمپوست زباله شهری و سطح ۵/۲ درصد لجن فاضلاب شهری بود. بررسی تغییرات زمانی نشان داد که با گذشت زمان مقدار عنصر روی کاهش ولی عنصر مس تا زمان چهار هفته افزایش (و بعد از آن کاهش) یافت. نتایج کشت گل دانی نشان داد که تمامی تیمارها به جز تیمارهای لجن فاضلاب شهری باعث افزایش عمل کرد گیاه شدند. بیشینه میزان روی و مس جذب شده توسط گیاه (به ترتیب با ۸۲/۱۸ و ۱۵/۱ $mg\ kg^{-1}$) مربوط به لجن فاضلاب شهری بود.

کلمات کلیدی: ذرت، کود دامی، کمپوست زباله شهری، لجن فاضلاب شهری

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:108 pp: 8-16

The effect of sources and various amounts of organic fertilizer on bioavailability of Cu and Zn in soil

By:

- *H. Mir seied Hoseini , (Corresponding Author), Associate Professor of University of Tehran*
- *R. Ivani, Ferdowsi University of Mashhad*
- *Gh. Savabeghi , University of Tehran*

Received: March 2012 **Accepted: June 2014**

Organic matter based on their composition and the C/N ratio can have different effects on nutrient bioavailability in soil. This research was conducted to investigate the effects of various sources of organic fertilizers on bioavailability of Cu and Zn in soil. A silty clay soil sample and three organic fertilizers including animal manure, sewage sludge and municipal compost in two levels of 1.25 and 2.5% W/W bases were included for the experiment. The experiment was conducted in two stages of incubation and greenhouse cultivation of corn (*Zea mays* L.). Both experiments were in factorial complete randomized design with 6 treatments in 4 replications plus the control. In the first experiment treated soils were incubated at field capacity moisture and 25°C temperature for 8 weeks during which subsamples were taken at 0, 4 and 8 weeks and were analyzed for available Zn and Cu. The results showed that the highest amount of DTPA extractable Zn were 148.4 and 156.7 mg $kg^{-1}$for the sewdge sludge at the 1.25 and 2.5 percent treatments respectively, and the lowest was related to manure treatment with 103.7 mg kg^{-1}. The highest amount of DTPA axtractable Cu was for the compost treatment with 28.1 and 28.4 mg kg^{-1}in the levels used, and it was 28.4 mg kg^{-1}in the swedge sludge treatment at 2.5% level. Comparison of the changes over time showed that available Zn content decreased but Cu content increased up to 4 week and then decreased. The results of the greenhouse experiment showed that all treatments except sewdge sludge increased some plant growth factors such as yield Zn content and the highest Zn and Cu uptake by plant were in the sewdge sludge treatment with 18.8 and 1.15 mg kg^{-1}.

key Words: Corn, animal manure, sewage sludge, municipal compost

مقدمه

در مطالعات جذب عناصر مورد نیاز گیاه، همواره مواد آلی خاک مورد توجه بوده است. این مواد می توانند به طور مستقیم و غیرمستقیم بر قابلیت جذب و غلظت عناصر در خاک تأثیر بگذارند. بنابراین، اطلاع از نحوه تأثیرترکیبات آلی بر تغییرات غلظت و قابلیت جذب عناصر کم مصرف، و نحوه به کارگیری مؤثر این مواد به عنوان اصلاح کننده خصوصیات خاک ضروری است. عناصر کم مصرف نقش مهمی در افزایش عمل کرد کمی و کیفی محصولات کشاورزی داشته؛ و در انجام بهینه فعالیت های زیستی گیاهان بسیار اهمیت دارند. وجود این عناصر برای کامل کردن چرخه رشد گیاه لازم است (Lindsay, 2001). درک روابط و دینامیک حاکم بر شکل های مختلف عناصر و ارتباط میان فاز جامد و مایع خاک در آزادسازی و تغییر قابلیت جذب این عناصر موضوع تحقیقات متعددی بوده است (روغنیان، ۱۳۸۴; Eneji *et al*., 2001; Alloway, 2004). این امر، به خصوص در جهت رفع کمبود عناصر کم مصرف در خاک‌های مناطق خشک و خاک‌های آهکی اهمیت بیش تری داشته است (روغنیان، ۱۳۸۴). مطالعات نشان داده که عوامل متعددی بر تغییرات عناصر کم مصرف در خاک تأثیرگذار هستند؛ که از آن جمله می‌توان به نوع کانی‌ها، غلظت عنصر، pH محلول خاک، مقدار مواد آلی، عوامل گیاهی و محیطی و برخی دیگر از خصوصیات خاک اشاره نمود (Cecil and Tester, 1990).

آلودگی خاک خطرات روزافزونی برای سلامتی انسان ها و محیط زیست دارد. عناصر سنگین از جمله مهم ترین آلاینده های محیط زیست به شمار می آیند، که در چند دهه اخیر به شدت مورد توجه تعداد زیادی از پژوهشگران قرار گرفته اند (Antoniadis and Alloway, 2002). تجمع عناصر سنگین در خاک، به ویژه در زمین های کشاورزی، امری تدریجی بوده و غلظت عناصر سنگین می تواند به سطحی برسد که امنیت غذایی بشر را تهدید نماید. سالانه هزاران تن از این عناصر که ناشی از فعالیت های شهری، صنعتی و کشاورزی است، وارد خاک می شود. مطالعه محققان مختلف در داخل کشور نشان می دهد که تشدید فعالیت های صنعتی در کشور از یک سو و عدم رعایت مسائل و استانداردهای زیست محیطی از طرف بعضی از صاحبان صنایع از سوی دیگر، موجبات آلودگی محیط زیست بعضی از مناطق کشور را فراهم ساخته است (عباس پور و همکاران، ۱۳۸۴). بررسی تأثیر مواد آلی بر جذب و تشکیل پیوند با کادمیوم و مس نشان داد، که در خاک های تیمارشده با کود دامی بخش فراوانی از کادمیوم محلول خاک به گونه فراهم برای گیاه وجود دارد (Bolan and Duraisamy, 2003).

بررسی تأثیر عوامل محیطی بر عمل کرد گندم نشان داد که کود آلی به علت افزایش فراهمی عناصر غذایی و هم چنین تأمین رطوبت خاک، بیش ترین میزان عمل کرد را داشت (Badaruddin *et al*., 1999). اثرات اسید هومیک بر فراهمی عناصر غذایی گندم (با پیوند یافتن به عناصر غذایی غیرفراهم و بافر نمودن pH خاک) و درنتیجه رشد این گیاه سودمند بوده است (Mackowiak *et al*., 2001). وقتی مواد آلی همانند کودهای دامی با سرعت بالا تجزیه و به خاک اضافه شوند، روی موجود در خاک به علت تشکیل ترکیبات روی ـ ماده آلی، قابل حل‌تر، فراهم‌تر و پویاتر شده و قابلیت جذب آن به وسیله ریشه گیاه افزایش می‌یابد (Alloway, 2004). کاربرد انواع کودهای دامی سرشار از عناصر کم

مصرف در خاک‌های زیرکشت برنج، فراهمی عناصر کم مصرف قابل عصاره‌گیری خاک را افزایش داده و این عناصر به واسطه شکل غیرآلی و پویایی بیش تر، باعث افزایش غلظت عصاره گردیدند (Eneji *et al.*, 2001).

افزودن کودهای آلی به خاک، بسته به نوع ترکیبات و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن متفاوت است. آگاهی از میزان تأثیر آن می‌تواند در جهت استفاده بهینه از کودهای آلی در زیست فراهمی عناصر کم مصرف مورد استفاده قرار گیرد. هدف از این تحقیق، مقایسه تاثیر منابع آلی رایج مانند کود دامی، لجن فاضلاب شهری و کمپوست زباله شهری به خاک و بررسی نقش آن ها در: 1- زیست فراهمی عناصر روی و مس قابل عصاره‌گیری به روش DTPA، 2- اصلاح خاک آلوده به این فلزات و ۳- میزان جذب عناصر مزبور توسط گیاه ذرت بود.

مواد و روش ها

برای اجرای این آزمایش از یک خاک زراعی با بافت رسی سیلتی تهیه شده از محدوده اطراف کارخانه کنست‌انتره روی واقع در 35 کیلومتری غرب زنجان، منطقه دندی در طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۳۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۲ دقیقه استفاده شد. نمونه خاک از عمق صفر تا ۲۵ سانتی متر تهیه و پس از انتقال به آزمایشگاه در هوای آزاد خشک شد؛ و پس از عبور از الک دو میلی متری، برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک توسط روش‌های استاندارد (Gupta, 1999; Lindsay and Norvell, 1978; Walkley and Black, 1934) تعیین گردید (جدول ۱).

این تحقیق در دو مرحله انکوباسیون و گل خانه‌ای به اجرا گذاشته شد. آزمایش هر دو مرحله به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. عامل اول، منابع کود آلی در ۳ سطح (کود دامی، لجن فاضلاب شهری و کمپوست زباله شهری) و عامل دوم، میزان مصرف کودهای آلی در ۲ سطح [۲۵/۱ و ۵/۲درصد (بر اساس درصد وزنی)] بود؛ که خاک رسی سیلتی فاقد هرگونه کود یا ماده آلی را به عنوان شاهد در کنار خود داشتند. نمونه‌های مواد آلی قبل از استفاده در آزمایشگاه به طور یک نواخت در هوای آزاد خشک گردیده و از الک دو میلی متری عبور داده شدند. سپس برخی از خصوصیات شیمیایی آن ها تعیین گردید (جدول ۲).

آزمایش انکوباسیون

در این مرحله، کودهای آلی با نمونه های ۵۰۰ گرمی خاک به طور یک نواخت مخلوط و داخل گل دان‌های پلاستیکی که انتهای آن ها با کاغذ صافی و پرلیت پوشانیده شده بود، قرار گرفت. خاک‌های تیمارشده به مدت هشت هفته در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و رطوبت ظرفیت زراعی [پس از محاسبه رطوبت ظرفیت زراعی (FC) با استفاده از صفحات فشاری، میزان آب مورد نظر به هر گلدان اضافه گردید؛ و میزان رطوبت از طریق وزن کردن روزانه آن‌ها حفظ شد] تحت انکوباسیون قرار گرفتند. گل دان های شاهد هر روز در حد اشباع خاک آبیاری شدند. در طی این مدت، نمونه‌های خاک در فواصل زمانی صفر، چهار و هشت هفته برداشت و مورد آنالیز قرار گرفت. مواد آلی خاک به روش والکلی و بلاک (1934)، ازت کل خاک به روش کجلدال (Gupta, 1999)، هدایت الکتریکی و pH درعصاره گل اشباع به نسبت یک به پنج و عناصر روی و مس به روش لیندزی و نورول (1978) و اندازه گیری توسط دستگاه جذب اتمی مدل شیماتزو صورت گرفت.

آزمایش گل خانه‌ای

در مرحله دوم، ارزیابی گل خانه ای با کشت گیاه ذرت در گل دان‌های پلاستیکی حاوی سه کیلوگرم خاک و کودهای آلی به همراه شاهد در دو سطح ۱/۲۵و ۲/۵درصد (بر اساس درصد وزنی) انجام شد. نمونه خاک با مواد آلی به طور یک نواخت مخلوط و به گل دان‌ها اضافه گردید. مقادیر پایه از کود اوره (۲۴/۰ گرم) و سوپر فسفات تریپل (۱۱/۰ گرم) براساس نیاز گیاه و آنالیز خاک تعیین، و به دوسوم خاک رویی هر تیمار اضافه شد. بذرهای ذرت، رقم سینگل کراس۷۰۴ به تعداد پنج عدد داخل هر گل دان، کشت (که در زمان مناسب، تنک و به دو عدد کاهش یافت) گردید؛ و رطوبت گل دان‌ها در حد ظرفیت مزرعه حفظ شد. آبیاری گیاهان با آب مقطر و با وزن کردن گل دان‌ها، به صورت یک روز در میان تا حد ظرفیت مزرعه صورت گرفت. هشت هفته پس از کاشت، اندام هوایی گیاهان از سطح خاک برداشت شده و پس از خشک و آسیاب کردن به روش سوزاندن خشک (Waling *et al.*, 1989) و حل کردن در اسید کلریدریک دو نرمال، عصاره گیری انجام و عصاره های گیاهی آماده شد. در عصاره های به دست آمده غلظت عناصر کم مصرف Cu و Zn توسط دستگاه جذب اتمی قرائت گردید؛ و برخی عوامل رشد شامل (طول اندام های هوایی، وزن تر و خشک ریشه و اندام های هوایی) اندازه گیری شد. در خاتمه آزمایش مقداری از نمونه خاک هر گل دان (پس از مخلوط کردن کامل خاک) برداشت و جهت تعیین هدایت الکتریکی و pH، مقدار عناصر کم مصرف Cu و Zn، N % و OC% به آزمایشگاه منتقل گردید. نتایج به دست آمده با استفاده از نرم افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح یک درصد انجام شد.

نتایج و بحث

مرحله انکوباسیون

نتایج نشان داد که اثر تیمارها برمیزان EC معنی دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین داده ها (جدول ۵) نیز مؤید این نکته بود که کود دامی و لجن فاضلاب شهری در سطح ۲/۵درصد به ترتیب با ۴/۳۳ و dS m^{-1} ۲/۹۲ بالاترین میزان شوری را داشتند.

تأثیر گذشت زمان بر مقدار هدایت الکتریکی معنی دار بود (جدول ۴). با گذشت زمان، میزان EC افزایش نشان داد (شکل ۱). البته با توجه به EC بالای کودهای مصرفی و عدم وجود آب شویی در نمونه ها، در طول آزمایش چنین روندی دور از انتظار نبود.

محققین علت چنین پدیده‌ای را وجود نمک‌های محلول در کودهای آلی ذکر کرده‌اند (Zhou *et al.*, 2004). اثر تیمارها بر pH خاک بسیار معنی‌دار گردید، به طوری که تیمارهای کمپوست زباله شهری کمپوست زباله در سطح ۲/۵درصد و کود دامی در سطح ۱/۲۵درصد (که اختلاف معنی داری نیز با هم نداشتند) در کلاس اول آماری و سایر تیمارها در کلاس بعدی قرار گرفتند (جدول های ۳ و ۵). تغییرات زمانی نیز نشان داد که میزان pH تیمارها با گذشت زمان افزایش یافت (شکل ۲). این افزایش می تواند به واسطه بالاتر بودن pH کودهای آلی نسبت به pH خاک باشد. برخی از محققان افزایش یا کاهش pH خاک های با بافت متوسط تا ریز را در نتیجه اضافه کردن مواد آلی بسته به pH مواد آلی و زمان نگه داری بیان نموده‌اند (رضایی‌نژاد و افیونی، ۱۳۷۹). اکسید شدن مواد آلی به‌وسیله ریز جانداران خاک و معدنی‌شدن آن ها موجب تشکیل اسیدهای آلی و نیمه آلی می‌شود که یون هیدروژن را وارد خاک می‌کند (روغنیان، ۱۳۸۴).

اثر تیمارها بر مقدار Zn قابل جذب معنی‌دار گردید (جدول ۳) و بیشینه کاهش روی به میزان ۳۱/۱۳درصد نسبت به شاهد مربوط به سطح ۲/۵درصد کود دامی بود (جدول ۵). تغییرات مقدار عنصر با زمان

حکایت از آن داشت که میزان Zn قابل استخراج با DTPA با گذشت زمان کاهش یافت (شکل ۳).

نتایج ضد و نقیضی درباره اثر مواد آلی بر جذب روی وجود دارد. نشان داده شده است که با افزایش ماده آلی، ظرفیت جذب روی در خاک افزایش یافت. وجود رابطه منفی بین مقدار جذب روی و ماده آلی خاک با تشکیل کمپلکس های محلول بین آن ها مرتبط بود. هم بستگی مثبت بین جذب این عنصر و ماده آلی به جذب سطحی روی توسط فاز جامد ماده آلی یا تشکیل کمپلکس های نامحلول روی با ماده آلی نامحلول نسبت داده شد (Shuman, 1988). برخی محققان دریافته اند که افزایش pH خاک منجر به افزایش جذب روی توسط ماده آلی می گردد (ملکوتی، ۱۳۷۸)؛ در حالی که برخی دیگر معتقدند که با افزایش pH خاک، جذب روی کاهش می یابد. این کاهش به حل شدن مواد آلی خاک در pH عامل نسبت داده شده است (روغنیان، ۱۳۸۴).

بررسی حاضر نشان داد که اثر تیمارها بر میزان Cu قابل جذب معنی دار گردید (جدول ۳)، به طوری که تیمار کمپوست زباله شهری در سطح ۲/۵درصد با میزان ۲۸/۴۵ $mg\ kg^{-1}$ حاوی بیشینه مقدار Cu قابل استخراج توسط DTPA بود؛ که با لجن فاضلاب شهری در هر دو سطح و کمپوست زباله شهری در سطح ۱/۲۵درصد تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۵). میزان Cu قابل استخلاف توسط DTPA در شروع آزمایش تا حدودی افزایش وسپس کاهش یافت (شکل ۳).

با افزودن موادآلی به خاک به علت تمایل شدید آن ها به جذب مس، بخشی از مس معدنی غیرقابل استفاده به مس قابل تبادل تبدیل شده؛ و هم زمان بر مقدار مس قابل حل افزوده می گردد (ملکوتی، ۱۳۷۸). مصرف کمپوست باعث افزایش غلظت و جذب روی و مس در خاک گردید. غلظت اولیه این عناصر در کمپوست اضافه شده به خاک در این افزایش مؤثر بود (رجائی، ۱۳۷۷). این یافته با نتایج بررسی حاضر هم خوانی داشت.

مرحله کشت گل خانه ای

بررسی وزن تر اندام هوایی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تمامی تیمارها به‌جزءکمپوست زباله و کود دامی در سطح ۵/۲درصد وجود داشت. بیشینه وزن تر به میزان ۹۸/۱۵ گرم متعلق به کمپوست زباله شهری در سطح ۲/۵درصد بود؛ که با کود دامی در همان سطح اختلاف معنی داری نداشت. کمینه آن نیز بعد از تیمار شاهد، به میزان ۷۷/۸۴ گرم در تیمار لجن فاضلاب شهری در سطح ۱/۲۵ درصد مشاهده گردید (جدول ۷).

مقایسه میانگین‌های وزن خشک اندام هوایی (جدول ۷) نشان داد که لجن فاضلاب شهری به میزان ۱۱/۰۱ گرم در سطح ۱/۲۵درصد، کمینه وزن خشک را داشت. کمپوست زباله شهری به میزان ۱۴/۲۴ گرم در سطح ۲/۵درصد، بیشینه وزن خشک را به خود اختصاص داد که با کود دامی در هر دو سطح اختلاف معنی‌داری نداشت. بیش ترین وزن تر ریشه به میزان ۴۴/۴۳ گرم به تیمار کود دامی در سطح ۱/۲۵درصد تعلق داشت؛ که با کود دامی در سطح ۲/۵درصد اختلاف معنی داری نشان نداد. کم ترین این وزن به میزان ۳۲ /۳۳ گرم مربوط به تیمار لجن فاضلاب در سطح ۲/۵درصد بود؛ که با کمپوست زباله شهری در سطح ۱/۲۵درصد تفاوت معنی‌داری نداشت.

بررسی وزن خشک ریشه در تیمارهای مختلف (جدول ۷) نشان داد که تفاوت معنی داری بین تیمارها (به جز تیمار لجن فاضلاب شهری) وجود نداشت. بیشینه وزن خشک ریشه به میزان ۶/۸۵ گرم مربوط به کمپوست زباله شهری در سطح ۲/۵درصد بود؛ که با شاهد و کمپوست زباله شهری و کود دامی در همین سطح اختلاف معنی‌داری نداشت. کمینه این وزن به میزان ۴/۵۶ گرم به لجن فاضلاب شهری در سطح ۲/۵درصد تعلق داشت.

تأثیر مواد آلی بر عمل کرد وزن خشک ریشه و اندام هوایی دو گیاه تربچه و کلم چینی کشت شده در خاک های اصلاح شده با انواع کودهای دامی، مثبت ارزیابی گردید (Zhou *et al*., 2005). در یک آزمایش گل خانه‌ای نشان داده شد که کود خوک عمل کرد وزن خشک ریشه و اندام هوایی در گیاهان مورد بررسی را افزایش داد. این افزایش به بهبود خصوصیات فیزیکی و وضعیت عناصر غذایی خاک بر اثر کاربرد مواد آلی نسبت داده شد (Zhou *et al*., 2004). نقش مواد آلی در افزایش عمل کرد گندم، مثبت بود. افزایش عناصر غذایی و رطوبت خاک ناشی از کاربرد مواد آلی از جمله عوامل مؤثر در افزایش عمل کرد این گیاه عنوان گردیدند (Badaruddin *et al*., 1999). افزون بر بهبود چرخه عناصر غذایی این خاک، افزایش قدرت بافری و بهبود خواص فیزیکی خاک مانند فشردگی و خاک دانه سازی، وزن مخصوص ظاهری، نفوذ ریشه، تهویه و قدرت نگه داری و نفوذ آب از جمله عوامل مؤثر در افزایش عمل کرد گیاهان بر اثر مصرف ماده آلی در خاک می‌باشند (Badaruddin *et al*., 1999). نظر به غنی بودن کمپوست و کود دامی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و اثر آن ها بر رشد اندام های هوائی و ریشه، افزایش وزن تر و خشک دور از انتظار نیست (Hue *et al*., 1988).

بررسی Zn (جدول ۷) نشان داد که بین تمامی تیمارها (به‌جزء کمپوست زباله شهری و کود دامی در دو سطح با یکدیگر) اختلاف معنی‌داری ($P<0.1$) وجود داشت. بیشینه میزان جذب این عنصر در ذرت به میزان $mg\ kg^{-1}$ ۱۸/۸۲ مربوط به سطح ۲/۵درصد تیمار لجن فاضلاب شهری، و کمینه آن متعلق به هر دو سطح کود دامی و کمپوست زباله شهری بود (جدول ۷). افزایش رشد تربچه در خاک های آلوده تیمارشده با کود دامی به دلیل کاهش جذب عناصر مس، سرب و روی در بافت های گیاه بود (Badaruddin *et al*., 1999). اصلاح کننده های آلی مانند کمپوست و کود دامی که غنی از مواد آلی هومیکی هستند، توانستند زیست فراهمی فلزات سنگین را در خاک های آلوده کاهش داده؛ و آن ها را برای کشت مجدد گیاهان آماده سازند (Badaruddin *et al*., 1999). این یافته با نتایج بررسی حاضر مطابقت داشت.

مطالعه Cu حکایت از آن داشت که اختلاف معنی‌داری بین تیمارها (به جز تیمار لجن فاضلاب در سطح ۲۵/۱درصد) مشاهده نگردید. بیشینه میزان جذب مس در گیاه به میزان $mg\ kg^{-1}$ ۱/۱۵، در سطح ۲/۵درصد تیمار لجن فاضلاب رویت شد (جدول ۷).

افزایش جذب عناصری از قبیل مس در خاک های اصلاح شده با مواد آلی توسط بسیاری از محققان گزارش شده است. به طور مثال غلظت مس، روی و کادمیوم در گیاهان رشدیافته در خاک های تیمارشده با فاضلاب افزایش داشت. این افزایش به غلظت اولیه این عناصر در کود مصرفی (که به افزایش غلظت آن ها در خاک منجر شد) و جذب آن ها توسط گیاه نسبت داده شد (Hue *et al*., 1988).

نتایج خاک بعد از برداشت گیاه

کاربرد مواد آلی مختلف باعث افزایش معنی دار EC در خاک شد (جدول ۸). بیشینه مقدار EC به میزان $dS\ m^{-1}$ ۴/۱ مربوط به سطح ۲/۵درصد تیمار کود دامی بود (جدول ۹).

میزان ECبعد از کشت، بیش تر از قبل از کشت بود (جدول ۱۰).

افزایش هدایت الکتریکی خاک در اثر استعمال کودهای دامی قبلاً نیز عنوان گردیده است (Min *et al*., 2003). این نتیجه با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت. اثر تیمارها بر میزان pH معنی‌دارگردید (جدول ۸). تغییرات زماني در دو زمان قبل و بعد از کشت حاکی از آن بود که میزان pH در زمان بعد از کشت بیش تر از زمان قبل از کشت بود (جدول ۱۰).

نتایج ضد و نقیضی در خصوص تأثیر مواد آلی بر میزان pH وجود دارد. زو و همکاران (2005) استعمال مواد آلی در خاک های آهکی را عامل افزایش pH خاک دانستند؛ در حالی که موررا و همکاران (2001) کاهش pH در خاک های تیمارشده با مواد آلی را به جذب ترجیحی کاتیون ها به وسیله ریشه، آزادسازی اسیدهای آلی و یا آزاد شدن H^+ از ریشه در نتیجه انباشتگی اسیدهای آلی (مخصوصاً سیترات) نسبت دادند.

بررسی درصد OC نشان داد که از این نظر بین تمامی تیمارها به‌جزء کمپوست زباله شهری در سطح ۵/۲ درصد و کود دامی در سطح ۲۵/۱درصد اختلاف معنی‌داری ($P<0.1$) وجود داشت (جدول ۹). بیشینه درصد OC در بین تمامی تیمارها مربوط به سطح ۲/۵درصد کود دامی و به میزان ۱/۵۵درصد بود (جدول ۹). مطالعه درصد OC در خاک در دو زمان قبل و بعد از کشت نشان داد که این درصد با گذشت زمان کاهش یافت (جدول ۱۰). افزودن کمپوست، کود دامی و کود سبز به خاک موجب افزایش میزان کربن آلی گردید. این میزان با گذشت زمان کاهش پیدا کرد (Badaruddin *et al*., 1999).

همان طور که مشاهده شد از نظر میزان روی، اختلاف بین تمامی تیمارها (به جز سطح ۱/۲۵درصد کود دامی و کمپوست زباله شهری) معنی‌دار ($P<0.01$) بود (جدول ۹). بیشینه میزان Zn قابل استخراج توسط DTPA به میزان ۱۷۷/۰۳ $mg\ kg^{-1}$ مربوط به سطح ۲/۵درصد تیمار لجن فاضلاب بود که با سطح ۱/۲۵درصد این تیمار اختلاف معنی داری نداشت. میزان Zn قابل جذب خاک در زمان قبل از کشت بیش تر از زمان بعد از کشت بود (جدول ۱۰). شاید بتوان این کاهش را با افزایش pH خاک در طی دوره کشت و نیز جذب این عنصر توسط گیاه مرتبط دانست. در همین ارتباط نشان داده شد که افزایش pH با افزایش قدرت جذب سطحی خاک، تشکیل شکل های هیدرولیزشده روی و امکان جذب شیمیایی آن توسط کربنات کلسیم سبب کاهش فراهمی روی گردید (Alloway, 2004).

افزودن کمپوست به خاک تا حدی باعث افزایش برخی از عناصر سنگین شد؛ ولی این روند در خصوص تمامی این عناصر مشاهده نگردید. افزایش کمپوست به میزان زیاد توانست جذب عناصر مزبور را در گیاه کاهش دهد. این کاهش با جذب سطحی این عناصر توسط کلوئیدهای موجود در کمپوست مرتبط بود (Bramryd, 2001; Marschnerr, 1995).

بررسی عنصر مس نشان داد که از این نظر بین تمامی تیمارهای کودی اختلاف معنی‌داری ($P<0.01$) وجود داشت (جدول ۹). بیشینه مس قابل استخراج توسط DTPA به میزان ۳/۷۵ $mg\ kg^{-1}$ به سطح ۱/۲۵درصد تیمار کمپوست زباله شهری تعلق داشت (جدول ۹). بررسی تغییرات میزان Cu قابل جذب خاک در دو زمان قبل و بعد از کشت نشان داد که این میزان در زمان بعد از کشت بیش تر از زمان قبل از کشت بود (جدول ۱۱).

افزایش میزان مس قابل استخراج توسط DTPA در خاک (در زمان بعد از کشت) را می‌توان به وجود کمپلکس های پایدار مواد آلی با عنصر مس نسبت داد. این کمپلکس ها حتی گاهی جذب مس را برای گیاه مشکل می‌سازند. احتمالاً DTPA می‌تواند مس را از کمپلکس های مزبور استخراج نماید (Lindsay, 2001; Schulte and Kelling, 1999). تأثیر مواد آلی خاک بر زیست فراهمی عناصر روی، مس، آهن و منگنز و دیگر عناصر را می توان به دو صورت مستقیم (مانند افزایش غلظت یک عنصر در خاک به واسطه وجود مقدار زیاد آن عنصر در کود مصرفی) و غیرمستقیم (مانند تأثیر بر pH، شوری، قدرت یونی محلول خاک، فعالیت های میکربی و رشد ریشه) مشاهده نمود (Shuman, 1988). البته در این ارتباط می‌توان طبیعت آهکی خاک‌ها را هم مدنظر قرار داد؛ همان طور که والکر و همکاران (2003) در بررسی تأثیر اصلاح کننده‌های آلی بر فراهمی فلزات در دو نوع خاک متفاوت، طبیعت آهکی خاک‌ها را از عوامل کاهش غلظت عناصر عصاره‌گیری شده با DTPA در تیمار کود دامی دانستند. بنابراین بالا بودن میزان $CaCO_3$ در این خاک را می توان در راستای کاهش غلظت عناصر عصاره‌گیری شده، مورد توجه قرار داد.

نتیجه گیری

منابع کودهای آلی مورد بررسی با توجه به ماهیت خود، تأثیرات متفاوتی در بخش قابل جذب عناصر روی و مس در خاک، روند جذب این عناصر توسط گیاه و نیز رشد و عمل کرد گیاه داشتند. بیشینه تأثیر تیمارهای اعمال شده در این تحقیق بر زیست فراهمی عناصر در خاک مربوط به تیمار لجن فاضلاب، و کمینه آن متعلق به کود دامی و کمپوست زباله شهری استفاده شده بود. نتایج تجزیه گیاهی نشان داد که میزان افزایش ایجادشده در مقدار عنصر مس در تیمارهای حداکثر و حداقل، همگی در محدوده متعارف و قابل تحمل برای گیاه ذرت بوده است. بنابراین اعمال تیمارهای مختلف تأثیر منفی در رشد گیاه نداشته؛ و منجر به افزایش زیست فراهمی این عنصر شده است. با توجه به نتایج غلظت روی در نمونه های گیاهی در تمامی تیمارها و شاهد می توان گفت که این غلظت در محدوده سمیت برای گیاه قرار داشت. البته با توجه به بالا بودن میزان روی موجود در خاک این موضوع دور از انتظار نبود. بنابراین تأثیر مواد اضافه شده در افزایش یا کاهش زیست فراهمی روی به واسطه غلظت بالای این عنصر در محیط، به طور مشخص قابل ارزیابی نبود. شاید در محدوده های پایین تری از غلظت، تفکیک اثر تیمارها مشخص تر باشد. نتایج این تحقیق با توجه به نوع کود، سطوح بکار برده شده و آنالیز خاک در مرحله انکوباسیون و پس از کشت گیاه نشان داد که کود دامی در دو سطح نقش مثبتی در اصلاح خاک آلوده به این دو عنصر را داشت.

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

خصوصیات	میزان	واحد	خصوصیات	میزان	واحد
رس	۴۷	(٪)	ازت کل	۰/۱	(٪)
سیلت	۲۹/۶۷	(٪)	P_{ava}	۱۸	($mg\ kg^{-1}$)
شن	۲۳/۳۳	(٪)	K_{ava}	۴۸۳	($mg\ kg^{-1}$)
pH	۷/۸۶	-	C/N	۱۱	-
EC	۰/۶	(٪)	DTPA-Zn	۱۸۰/۴	($mg\ kg^{-1}$)
کربن آلی	۱/۱۰	($dS\ m^{-1}$)	DTPA-Cu	۳	($mg\ kg^{-1}$)

جدول ۲- برخی خصوصیات شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده

خصوصیات	واحد	کود دامی	لجن فاضلاب	کمپوست زباله	خصوصیات	واحد	کود دامی	لجن فاضلاب	کمپوست زباله
pH	-	۸/۰۸	۶/۷۵	۷/۳۱					
EC	($dS\ m^{-1}$)	۲۳	۲/۴	۷/۳۵	DTPA-Zn	($mg\ kg^{-1}$)	۱۷۱/۸	۱۶۳۲/۵	۶۴۶/۴۵
CEC	($Cmol\ kg^{-1}$)	۶۱/۵	۵۲/۲۸	۳۲/۲۸	DTPA-Cu	($mg\ kg^{-1}$)	۹۴	۱۵۷/۶۵	۴۶۲/۸
OC	(٪)	۶۹	۳۲/۱۴	۱۴/۶۱					
N	(٪)	۲/۲	۲/۸۰	۱/۷۰					
C/N	-	۳۱/۵۰	۱۱/۴۰	۸/۶۰					

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمارهای کودی (کمپوست زباله شهری، کود دامی، لجن فاضلاب شهری) و شاهد در دو سطح کودی ۱/۲۵ و ۲/۵درصد بر خصوصیات شیمیایی خاک (مرحله انکوباسیون)

منابع تغییر	درجه آزادی	EC ($dS\ m^{-1}$)	pH	OC (%)	N (%)	$\frac{C}{N}$	Cu ($mg\ kg^{-1}$)	Zn ($mg\ kg^{-1}$)
تیمار	۶	۹۸/۲۷**	۳/۷۵**	۶۸/۰۱**	۷۲/۲۵**	۱۶/۰۶**	۷/۷۷**	۱۳/۴۱**
زمان	۲	۶۴/۲۰**	۲۱۶/۰۲**	۱۳/۱۸**	۱۴/۳۱**	۱۷/۳۴**	۲۲/۷۵**	۱۰/۹۱**
تیمار*زمان	۱۲	۸/۹۳**	۵**	۱۳/۱۹**	۴/۲۵**	۲/۷۲**	۱/۶۴ns	۲/۰۴*
C.V.		۱۴/۳۸۹	۰/۹۹	۱۰/۱۷۲	۵/۱۰۸	۱۱/۷۵	۴/۳۶	۱۱/۷۸

*، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱درصد و غیرمعنی‌دار

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر تیمارهای کودی (کمپوست زباله شهری، کود دامی، لجن فاضلاب شهری) و شاهد در سه زمان صفر، ۴ و ۸ هفته

منابع تغییر	درجه آزادی	EC ($dS\ m^{-1}$)	pH	OC (%)	N (%)	$\frac{C}{N}$	Cu ($mg\ kg^{-1}$)	Zn ($mg\ kg^{-1}$)
تیمار	۲	۱۰۴**	۴۷۲**	۱۹**	۳۵**	۲۶**	۳۴۴۴۶**	۱۹**
زمان	۳	۳۳۳**	۱۵**	۱۴۴**	۲۲۷**	۲۳**	۱۵**	۲۹**
تیمار*زمان	۶	۲۷**	۱۶**	۴**	۹**	۲*	۳**	۲*
C.V.		۱۳/۹۷	۰/۹	۸/۹۳	۴/۷۱	۱۰/۷	۴/۷۳	۱۲/۵۸

جدول ۵- اثر تیمارهای کودهای آلی (کمپوست زباله شهری، کود دامی، لجن فاضلاب شهری) در دو سطح کودی ۱/۲۵ و ۲/۵ درصد بر خصوصیات شیمیایی خاک (مرحله انکوباسیون)

تیمار کودی	سطوح کودی	EC ($dS\ m^{-1}$)	pH	OC (%)	N (%)	$\frac{C}{N}$	Zn ($mg\ kg^{-1}$)	Cu ($mg\ kg^{-1}$)
کمپوست	۱٪/۲۵	۱/۸ d	۷/۷ b	۱/۰ c	۰/۱ a	۱۰/۹ c	۱۳۶/۶ b	۲۸/۱ a
کمپوست	٪۲/۵	۲/۵c	۷/۸ a	۱/۳ b	۰/۱ a	۱۱/۴ c	۱۳۸/۴ b	۲۸/۴ a
دامی	۱٪/۲۵	۲/۵ c	۷/۸ a	۱/۳ b	۰/۱ a	۱۲ c	۱۲۰/۵ c	۲۶/۱ b
دامی	٪۲/۵	۴/۳ a	۷/۷ b	۲/۱ a	۰/۱ a	۱۷/۲a	۱۰۳/۷ d	۲۶ b
لجن فاضلاب	۱٪/۲۵	۱/۹ d	۷/۷ b	۱/۳ b	۰/۱ a	۱۱ c	۱۴۸/۴ ab	۲۷ b
لجن فاضلاب	٪۲/۵	۲/۹ b	۷/۷ b	۱/۷ b	۰/۱ a	۱۴/۲ b	۱۵۶/۷ a	۲۸/۴ a
شاهد	-	۰/۸۰	۷/۷	۱/۰	۰/۰۸	۱۲/۷	۱۵۰/۶	۲۷

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد آزمون دانکن می‌باشند.

جدول ۶- مقادیر (F) تجزیه واریانس اثر تیمارهای کودی(کمپوست زباله شهری، کود دامی و لجن فاضلاب شهری) و شاهد در دو سطح کودی ۱/۲۵ و۲/۵ درصد بر عملکرد و جذب عناصر درگیاه ذرت

منابع تغییر	درجه آزادی	Ls (cm)	WWS (gr)	WDS (gr)	WWr (gr)	WDR (gr)	Cu (mg kg^{-1}.DM)	Zn (mg kg^{-1}.DM)
تیمار	٦	٢/٢٤**	٤٢٢/٩**	٥١/٠٦**	١٤١/٢٩**	١٦/٢١**	٩/٣٢**	٣٨٢/٧٢**
C.V.		٩/٢٩	٠/٩٣	٢/٣٧	١/٩٥	٦/٧٦	٦/٥٨	٧/٠٠٥

جدول ۷- مقایسه میانگین عمل‌کرد و میزان جذب دو عنصر روی و مس توسط گیاه ذرت در تیمارهای مختلف کودی (کمپوست زباله شهری، کود دامی، لجن فاضلاب شهری) و شاهد در دو سطح کودی ۱/۲۵ و ۲/۵ درصد

تیمار کودی	سطوح کودی	Ls (cm)	WWS (gr)	WDS (gr)	WWr (gr)	WDR (gr)	Cu (mg kg^{-1})	Zn (mg kg^{-1})
کمپوست	٪۱/۲۵	۳۳/۲۵b	۸۶/۹۶c	۱۲/۸۹b	۳۴/۰۵d	۶/۷۱a	۱/۰۲۸abc	۴/۸۵d
کمپوست	٪۲/۵	۳۴/۵ab	۹۸/۱۵a	۱۴/۲۴a	۴۰/۱۷b	۶/۸۵a	۱/۰۲۸abc	۴/۷۶d
دامی	٪۱/۲۵	۳۵/۹۳ab	۹۱/۰۶b	۱۳/۷۲a	۴۴/۴۳a	۵/۶۹bc	۰/۹۹۳bc	۴/۲۷d
دامی	٪۲/۵	۳۹/۱۸a	۹۵/۱۱a	۱۳/۵۸a	۴۲/۱a	۶/۳۱ab	۱/۱۰۰ab	۴/۱۵d
لجن فاضلاب	٪۱/۲۵	۳۱/۳۷bc	۷۷/۸۴d	۱۱/۰۱d	۳۶/۵۲c	۵/۴۳c	۰/۸۵d	۶/۸۲c
لجن فاضلاب	٪۲/۵	۲۹/۱۲c	۸۵/۳۳c	۱۲/۰۳c	۳۳/۳۲d	۴/۵۶d	۱/۱۵a	۱۸/۸۲a
شاهد	_	۳۵/۳۱	۷۵/۵۲	۱۲/۳۶	۳۴/۳۸	۱۵۹/۵	۰/۹۱۷	۱۴/۳۳

Ls، WWS، WDS به‌ترتیب ارتفاع، وزن تر و وزن خشک اندام هوایی، WWr و WDR به‌ترتیب وزن تر و خشک ریشه

جدول ۸- مقادیر(F) تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف کودی (کمپوست زباله شهری ، کود دامی، لجن فاضلاب شهری) و شاهد در دو سطح ۱/۲۵ و۲/۵درصد بر خصوصیات شیمیایی خاک بعد از برداشت گیاه

منابع تغییر	درجه آزادی	EC (dS m^{-1})	pH	OC (%)	N (%)	Cu (mg kg^{-1})	Zn (mg kg^{-1})
تیمار	۳/۸۶^{ns}	۱۳۱/۱۳**	۱۱۹/۱۷**	۲۳/۳۳**	۸۲/۱۸**	۷۲/۸۲**	۷۰/۴۵**
زمان	۶۱/۵۲**	۱۹/۹۹**	۳۹۶/۸۷**	۳۲/۷۴**	۲۵۰/۹**	۲۰/۳۲*	۴۳۱/۹۶**
تیمار* زمان	۲/۸۸ ^{ns}	۴۰/۵۰**	۲۲/۵۱**	۷/۸۷*	۲۶/۹۰*	۸/۳۹*	۶۲/۳۹**
C.V	۹/۹۶	۱/۲۴	۳/۸۷	۴/۹۹	۴/۰۳	۶/۹۳	۵/۹۹

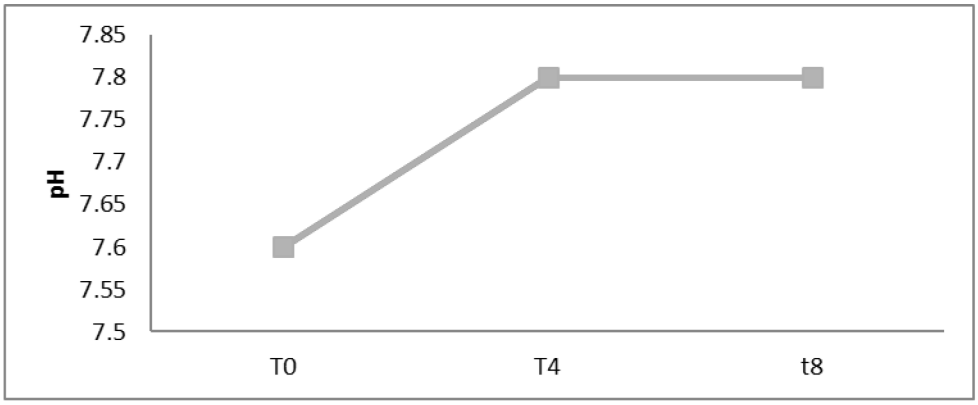
*، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱درصد و غیرمعنی‌دار

جدول ۹- اثر تیمارهای کودی (کمپوست زباله شهری، کود دامی، لجن فاضلاب شهری) و شاهد در دو سطح کودی ۱/۲۵ و ۲/۵ درصد بر خصوصیات شیمیایی خاک بعد از برداشت گیاه

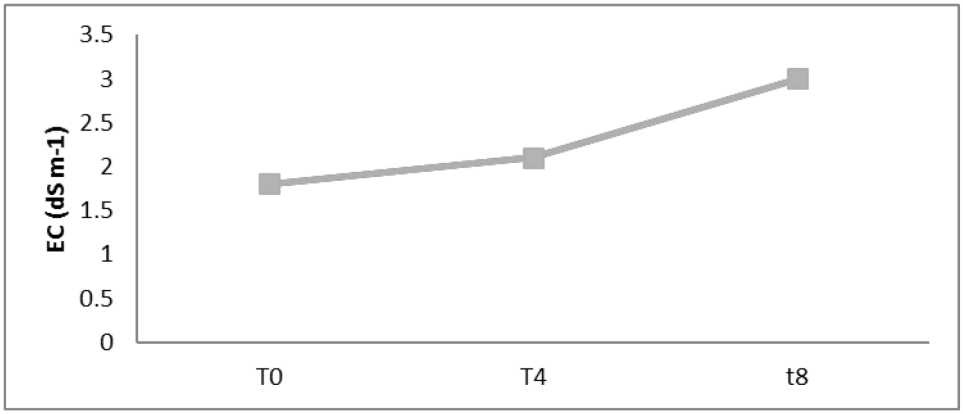
تیمار کودی	سطح کودی	EC (dS m^{-1})	pH	OC (%)	N (%)	$\frac{C}{N}$	Zn (mg kg^{-1})	Cu (mg kg^{-1})
کمپوست	٪۱/۲۵	۱/۴ d	۷/۷ a	۰/۹ e	۰/۱ a	۹/۰ c	۱۲۶/۷ b	۲/۹ c
کمپوست	٪۲/۵	۲/۴ c	۷/۷ a	۱/۲ c	۰/۱ a	۱۲ b	۶۵/۸ c	۳/۷ a
دامی	٪۱/۲۵	۲/۳ c	۷/۷ a	۱/۲ c	۰/۱ a	۱۲ b	۱۰۵/۳ b	۱/۷ f
دامی	٪۲/۵	۴/۱ a	۷/۷ a	۱/۵ a	۰/۱ a	۱۵a	۷۲/۱ c	۱/۶ f
لجن فاضلاب	٪۱/۲۵	۱/۰ d	۷/۷ a	۱/۰ d	۰/۱ a	۱۰/۰ c	۱۶۸/۵ a	۲/۷ d
لجن فاضلاب	٪۲/۵	۳/۱ b	۷/۷ a	۱/۳ b	۰/۱ a	۱۳ b	۱۷۷/۰a	۳/۲ b
شاهد	_	۰/۵ e	۷/۶ b	۰/۸ f	۰/۰۸ a	۱۰/۰ c	۱۱۵/۰ b	۱/۹ c

جدول ۱۰- بررسی تغییرات زمانی Cu، Zn، EC، pH، N% و OC% در زمان قبل و بعد از کشت

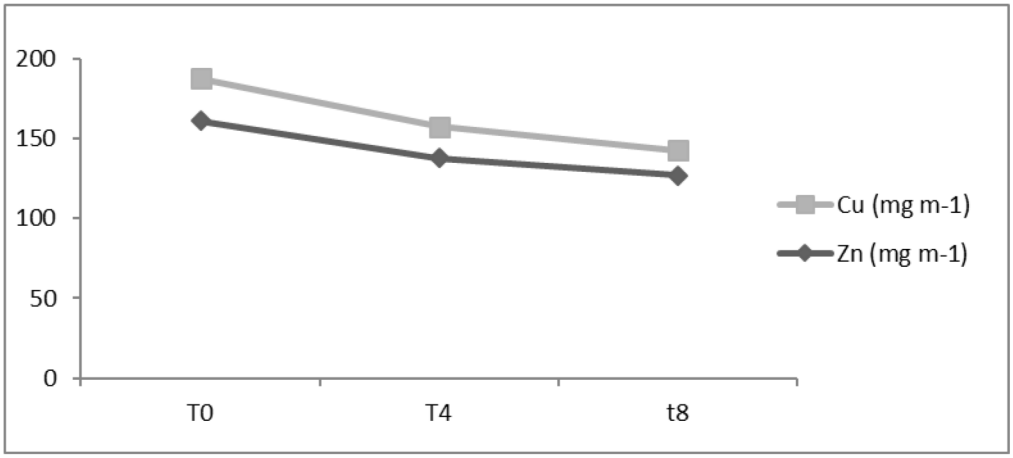
	EC dS m^{-1}	pH	%OC	%N	$\frac{C}{N}$	Zn mg kg^{-1}	Cu mg kg^{-1}
زمان قبل از کشت	۱/۸ b	۷/۶ b	۱/۴a	۰/۱ a	۱۱/۵ a	۴۰ a	۲/۳ b
زمان بعد از کشت	۲/۲a	۷/ ۸ a	۱/۰ b	۰/۱ a	۱۰/۴b	۵۵/۶ b	۲/۶ a



شکل ۱- بررسی تغییرات زمانی pH در سه زمان صفر، چهار و هشت هفته



شکل ۲- بررسی تغییرات زمانی EC در سه زمان صفر، چهار و هشت هفته



شکل ۳- بررسی تغییرات زمانی Cu و Zn در سه زمان صفر، چهار و هشت هفته

منابع مورد استفاده

۱. رجائی، م. ۱۳۷۷. ارزیابی گل خانه ای تأثیر متقابل کمپوست و نیتروژن بر رشد و ترکیب شیمیایی گوجه فرنگی در دو خاک آهکی. پایان نامه کارشناسی ارشد، شیراز، ایران.

۲. رضایی نژاد، ی.، و افیونی، م. ۱۳۷۹. اثر مواد آلی بر خواص شیمیایی خاک، جذب عناصر به وسیله ذرت و عمل کرد آن. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴:۴: ۲۸-۱۹.

۳. روغنیان، س. ۱۳۸۴. بررسی تأثیر شیرابه زباله و کود کمپوست بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک و پاسخ‌های گیاه ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد، تهران، ایران.

۴. عباس پور، ع.، م. کلباسی، ش. حاج رسولیها، و ا. گلچین. ۱۳۸۴. بررسی آلودگی برخی خاک های کشاورزی ایران به کادمیوم و سرب. نهمین کنگره علوم خاک ایران، تهران، ایران.

۵. ملکوتی، م.ج. ۱۳۷۸. دست یابی به افق های تازه در افزایش تولیدات کشاورزی از طریق تولید و مصرف بهینه کودها در کشور. ششمین کنگره علوم خاک ایران، مشهد، ایران.

6. Alloway, B.J. 2004. Zinc in soils and crop nutrition. International Zinc Association Communications, IZA. Publications, Brussel.
7. Antoniadis, V. and B.J. Alloway. 2002. The role of dissolved organic carbon in the mobility of Cd, Ni and Zn in sewage sludge-amended soils. *Environmental pollution*,117: 515-521.
8. Badaruddin, M., P. Reynolds, and O.A.A. Ageeb. 1999. Wheat management in warm environments: Effect of organic and inorganic fertilizers, irrigation frequency, and mulching. *Agronomy Journal*, 91: 975-983.
9. Bolan, N.S, and V.P. Duraisamy. 2003. Rolr of inorganic and organic soil amendments on immobilization and phytoavialability of heavy metals: A review involving specific case studies. *Australian Journal of soil Research*, 41: 533-555.
10. Bramryd, T. 2001. Effect of liquid and dewatered sewage sludge applied to a seots pine stand (*Pinus sylvestris* L.) in Central Sweden. *Forest Ecology and Management*, 147: 197-216.
11. Cecil, F., C.F. Tester. 1990. Organic amendment effects on physical and chemical properties of a snady soil. *Soil Science Society of America Journal*, 54: 827-831.
12. Eneji, A.E., T. Honna, and S. Yamamoto. 2001. Manuring effect on rice grain yield and extractable trace elements in soils. *Journal of Plant Nutrition*, 24: 613-622.
13. Gupta, P.K. 1999. Soil, plant, water and fertilizer analysis. Published by Agrobios (INDIA).
14. Hue, N.V., J.A. Silva, and R. Arifin. 1988. Sewage sludge soil interactions as measured by plant and soil chemical composition. *Journal of Environmental Quality*, 17: 384-390.
15. Lindsay, W.L, and W.A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of American Journal*, 42: 421-428.
16. Lindsay, V. 2001. Heavy metal availability and mobility in municipal soil waste treated soils. Ph.D thesis the university of reading. Department of soil science.
17. Mackowiak, C.L., P.R. Grossl, and B.G. Bugbee. 2001. Benefical effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. *Soil Science Society of America Journal*, 65: 1744-1750.
18. Marschnerr, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second edition. Academic Press. London.
19. Min, D.H., K.R. Islam., L.R. Vough, and R.R. Weil. 2003. Dairy manure effects on soil quality properties and carbon sequestration in Alfafa-orchardgrass systems. *Communivations in Soil Science and Plant Analysis*, 34: 781-799.
20. Schulte, E.E., and K.A. Kelling. 1999. Soil and applied copper. *Understanding Plant Nutrients*, A2525: 1-4.
21. Shuman, L.M. 1988. Effect of organic matter on the distribution manganese, copper, iron, and zinc in soil fractions. *Soil Science*, 149: 192-198.
22. Waling, I., W. Van Vark., V.J.G. Houba, and J.J. Der Lee. 1989. Soil and plant analysis. A series of syllabi. Part 7, Plant Analysis Procedures. Wageningen Agriculture University.
23. Walker, D.J., R. Clemente., A. Roig, and M.P. Bernal. 2003. The effects of soil amendments on heavy metal bioavailability in two contaminated Mediterranean soil. *environmental Pollution*, 122: 303-312.
24. Walkley, A., and I.A. Black. 1934. Examination of the degtjareff method determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 34: 29-38.
25. Zhou, D.M., X.A. Hao, Y.J. Wang, Y.H. Dong, and L. Chang. 2005. Copper and Zn uptake by radish and pakchhoi as affected by application of livestock and poulty manures. *Chemosphere*, 59: 167-175.
26. Zhou, Y.G., S.B. Chen, and J.C. Yang. 2004. Effect of soil amendments on plant uptake by two vegetable crops from a lead-contaminated soil from Anhui, China. *Environment International*, 30: 351-356.