اثر مواد آلی بر خواص شیمیایی خاک، جذب عناصر به وسیله ذرت و عملکرد آن

یحیی رضایی‌نژاد و مجید افیونی[۱]

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1379.4.4.12.6]

چکیده

با توجه به تولید روزافزون مواد آلی، به ویژه لجن فاضلاب و کمپوست، از نظر زیست محیطی احتمالاً مطمئن‌ترین راه پیش‌گیری از انباشته شدن این مواد، افزودن آنها به زمین‌های کشاورزی است. معذالک خطرات احتمالی ناشی از اضافه کردن مواد آلی به زمین‌های کشاورزی، باید قبل از ارزش کودی و اقتصادی آن مورد بررسی قرار گیرد. هدف از انجام این تحقیق بررسی اثر مواد آلی بر خواص شیمیایی خاک، جذب عناصر غذایی و فلزات سنگین به وسیله ذرت و عملکرد آن می‌باشد. این آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و چهار تیمار کودی، شامل کود گاوی، لجن فاضلاب، کمپوست زباله شهری و کود شیمیایی انجام گرفت. کودهای آلی به مقدار ۵۰ تن در هکتار و کود شیمیایی به مقدار ۲۵۰ کیلوگرم فسفات دی آمونیوم و ۲۵۰ کیلوگرم اوره (به صورت سرک) در هکتار به کرت‌ها اضافه شد.

کودهای آلی باعث افزایش معنی دار ماده آلی، مقدار قابل استخراج روی، مس، سرب و آهن به وسیله EDTA، فسفر و پتاسیم قابل جذب، و درصد کل ازت در خاک گردید. غلظت و جذب عناصر غذایی در اندام هوایی و دانه ذرت تیمارهای مختلف دارای تفاوت معنی‌دار بود، در صورتی که غلظت سرب و کادمیوم در این اندام‌ها تفاوت معنی داری را نشان نداد. عملکرد علوفه و دانه ذرت در بین تیمارها دارای تفاوت معنی داری بود، به طوری که کود گاوی و لجن فاضلاب دارای بیشترین، و کمپوست دارای کمترین تأثیر بر عملکرد بودند. بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کود گاوی و لجن فاضلاب از پتانسیل زیادی برخوردار می‌باشند، و می‌توان از آنها برای بارورّی خاک استفاده کرد. غلظت فلزات سنگین در ذرت، و انباشت آنها در خاک، به مراتب کمتر از استانداردهای تعیین شده بود.

واژه‌های کلیدی: *کود گاوی، لجن فاضلاب، کمپوست، عناصر غذایی، فلزات سنگین، ذرت*

مقدمه

استفاده از مواد آلی نظیر کودهای حیوانی و فاضلابی در باروری خاک‌های زراعی، از دیر باز در تمام نقاط جهان متداول بوده است. با توجه به کمبود مواد آلی در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک، کاربرد ترکیبات آلی در این مناطق باعث بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و حاصل‌خیزی خاک می‌گردد. ارزش کودی پسماندهای مواد آلی مانند کودهای حیوانی، کمپوست و

۱. استادیاران خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

لجن فاضلاب، در تحقیقات متعدد در کشورهای مختلف نشان داده شده است (۵، ۱۰، ۱۹، ۲۰، ۲۱ و ۲۳). از سوی دیگر، با افزایش جمعیت و تولید روزافزون پسماندهای آلی، مانند لجن فاضلاب، احتمالاً عاقلانه‌ترین، و از نظر زیست محیطی مطمئن‌ترین راه برای پیش‌گیری از انباشته شدن این مواد، افزودن آنها به زمین‌های کشاورزی است.

خطرات احتمالی اضافه کردن پسماندهای آلی به زمین‌های کشاورزی، باید قبل از ارزش کودی و اقتصادی آن مورد ارزیابی قرار گیرد. یکی از مواردی که باید به آن توجه خاص شود، وجود فلزات سنگین در پسماندهای آلی است. لجن فاضلاب و کمپوست بسته به منبع، اغلب دارای مقادیر نسبتاً زیادی عناصر سنگین نظیر کادمیوم، سرب و نیکل می‌باشند. هنگامی که این مواد به زمین اضافه می‌شود، گیاه همراه با عناصر غذایی مورد نیاز، این عناصر سمی را نیز جذب و وارد زنجیره غذایی انسان و حیوان می‌کند. تحقیقات نشان داده است که استفاده دراز مدت از لجن فاضلاب و کمپوست حاوی غلظت‌های زیاد فلزات سنگین، موجب تجمع عناصری مانند کادمیوم، سرب و دیگر عناصر سمی در خاک می‌شود. این امر ممکن است باعث جذب بیش از حد این عناصر به وسیله گیاه شود (۷، ۱۷ و ۱۸). افیونی و همکاران (۱) در تحقیقی به مدت دو سال در اصفهان، گزارش کردند که مقدار جذب مس، روی و سرب به وسیله کاهو و اسفناج با افزایش سطح لجن فاضلاب افزایش یافته است. برمن و رز (۷) در یک مطالعه گلخانه‌ای نشان دادند که مقدار جذب فلزات روی، مس، سرب و کادمیوم به وسیله ذرت و کاهو، با افزایش مقدار لجن فاضلاب افزایش می‌یابد.

رحیمی (۳) مشاهده کرد استفاده از کمپوست شهری، باعث افزایش جذب فلزات سنگین به وسیله گیاه ذرت در خاک‌های آهکی گردیده است. ماریلو و همکاران (۲۴) در تحقیقی در اسپانیا، تفاوت معنی داری در جذب فلزات سنگین به وسیله گیاه، بین تیمار شاهد و تیمار ۴۸ تن کمپوست کودی در هکتار مشاهده نکردند. برخی از گزارش‌ها نیز نشان می‌دهد، حتی اگر پسماندهای آلی دارای غلظت‌های کم عناصر سنگین باشند، هنگامی که به زمین افزوده می‌شوند، در اثر تغییراتی که در خواص شیمیایی خاک ایجاد می‌کنند باعث افزایش حلالیت عناصر سنگین در خاک می‌گردند، که پیامد آن جذب بیشتر فلزات به وسیله گیاه است.

دلکاستیلو و همکاران (۱۱) ملاحظه کردند که حلالیت روی و کادمیوم، در یک خاک لومی تیمار شده با کود حیوانی، تا حدود ۱۰۰ برابر افزایش یافت. آنها دلیل این افزایش را کاهش pH خاک در اثر فرایند نیترات سازی، افزایش قدرت یونی و مواد آلی محلول ذکر کردند. عواملی که باعث افزایش حلالیت فلزات سنگین در خاک تیمار شده با مواد آلی می‌شوند، ممکن است افزایش جذب به وسیله گیاه، و آب شویی آنها در خاک را نیز موجب گردند (۱۱). بویل و فولر (۹) گزارش کردند آب شویی فلزات سنگین در خاک‌های تیمار شده با کود حیوانی، به علت افزایش مواد آلی محلول در خاک، نسبت به تیمار شاهد، به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد.

با توجه به توصیه‌های وزارت کشاورزی برای مصرف کمتر کودهای شیمیایی به منظور پیش‌گیری از آلودگی محیط زیست، و هم‌چنین دلایل اقتصادی و ترغیب کشاورزان به مصرف بیشتر کودهای آلی، بررسی اثر کودهای آلی بر خاک و گیاه از اولویت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین، هدف از اجرای این طرح ارزیابی تأثیر کود گاوی، لجن فاضلاب و کمپوست زباله‌های شهری بر خواص شیمیایی خاک، جذب عناصر غذایی و فلزات سنگین به وسیله ذرت و عملکرد آن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این طرح در سال ۱۳۷۵، در مزرعه تحقیقاتی لورک واقع در نجف آباد، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا گردید. خاک مزرعه دارای pH برابر ۷/۸ (در گل اشباع) و هدایت الکتریکی حدود ۱/۸ دسی زیمنس بر متر بوده و به صورت فاین لومی-میکسد، ترمیک، تیپیک هاپل آرجید[1] طبقه بندی شده است.

1. Fine loamy, Mixed thermic, Typic Haplargid

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1379.4.4.12.6]

این خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری دارای ۱۶ درصد شن، ۴۷ درصد سیلت و ۳۱ درصد رس می‌باشد. متوسط بارندگی و درجه حرارت سالیانه منطقه به ترتیب ۱۴۰ میلی‌متر و ۱۴/۵ درجه سانتی گراد است.

این آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و چهار تیمار کودی، شامل کود گاوی، لجن فاضلاب، کمپوست زباله شهری، کود شیمیایی و شاهد (بدون هیچ گونه کود)، با گیاه ذرت رقم SC۷۰۴ در کرت‌هایی به ابعاد ۴×۶ متر انجام شد. کودهای آلی به مقدار ۵۰ تن (بر اساس وزن هوا خشک)، و کود شیمیایی به مقدار ۲۵۰ کیلوگرم فسفات دی آمونیوم و ۲۵۰ کیلوگرم اوره (به صورت سرک) در هکتار به کرت‌ها اضافه و تا عمق ۳۰ سانتی متری با خاک مخلوط گردید.

کشت ذرت در تاریخ ۷۵/۵/۱۶ به صورت ردیفی و با فاصله ۷۰ سانتی متر بین ردیف‌ها و ۱۰ سانتی متر بین بوته‌ها انجام گرفت. در طول رشد گیاه، علف‌های هرز به وسیله علف‌کش و با دست کنترل شد. آبیاری به صورت کرتی و با آب چاه مزرعه صورت گرفت. هدایت الکتریکی و pH آب آبیاری به ترتیب معادل ۱/۲ دسی زیمنس بر متر و ۷/۴ بود. هدایت الکتریکی آب آبیاری عامل محدودکننده عملکرد ذرت نمی‌باشد (۲).

برداشت ذرت علوفه‌ای در تاریخ ۷۵/۸/۲ انجام شد. پس از برداشت نمونه‌های گیاهی، عملکردتر گیاه با توزین بخش هوایی تعیین گردید. پس از خشک نمودن قسمت‌های هوایی گیاه در آون تهویه‌دار در دمای ۶۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت، وزن خشک کل اندام هوایی و وزن دانه‌ها جداگانه محاسبه شد.

برای تعیین غلظت آهن، مس، روی، سرب و کادمیوم در اندام هوایی و دانه ذرت، نمونه‌های پودر شده، با روش اکسیداسیون تر با اسید نیتریک ۴ مولار به صورت محلول درآمده (۶)، و مقدار این عناصر به وسیله دستگاه جذب اتمی تعیین گردید.

پس از برداشت ذرت از هر کرت، پنج نمونه خاک (از عمق صفر تا ۳۰ متری) به طور تصادفی گرفته شد، و پس از مخلوط کردن، یک نمونه مرکب از هر کرت برای انجام آزمایش‌ها تهیه گردید. نمونه‌های خاک پس از انتقال به آزمایشگاه در هوا خشک، کوبیده و از الک دو میلی متری گذرانیده شدند. pH در گل اشباع و هدایت الکتریکی در عصاره همان گل اشباع به وسیله روش‌های معمول اندازه‌گیری شد. فسفر به روش اولسن (۲۵)، پتاسیم قابل جذب توسط استات آمونیوم (۲۲ و ۲۳) و مقدار آهن، روی، مس، سرب و کادمیوم به وسیله EDTA[1] عصاره‌گیری گردید. غلظت فسفر و پتاسیم به ترتیب توسط دستگاه رنگ سنجی و شعله سنجی، و مقدار عناصر سنگین با استفاده از دستگاه جذب اتمی تعیین شد. مواد آلی خاک با استفاده از روش واکلی و بلاک[2] و ازت کل خاک به وسیله دستگاه کلدال[3] اندازه‌گیری گردید. خواص شیمیایی و غلظت عناصر در کودهای آلی، با همان روش‌هایی که برای نمونه‌های خاک به‌کار برده شد، تعیین گردید. غلظت کل عناصر در خاک و کودهای آلی در عصاره محلول در اسید نیتریک ۴ مولار تعیین شد، و بالاخره، آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گردید (۲۶).

نتایج و بحث

خصوصیات کودهای آلی

جدول ۱ بعضی از ویژگی‌های شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده در این تحقیق را نشان می‌دهد. کود گاوی و کمپوست هر دو دارای pH قلیایی می‌باشند، حال آن که لجن فاضلاب دارای pH اسیدی است. تحقیقات نشان می‌دهد pH پسماندهای آلی، به علت انباشته شدن و تبدیل به کمپوست، افزایش می‌یابد (۱۲). به همین دلیل کود گاوی و کمپوست هر دو pH قلیایی دارند، و لجن فاضلاب، به علت تازه بودن و وجود اسیدهای آلی، دارای pH اسیدی است.

مقدار عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در هر سه کود آلی نسبتاً زیاد است. مصرف ۵۰ تن در هکتار از هر یک از این کودها می‌تواند اغلب عناصر مورد نیاز گیاه، مخصوصاً ازت، فسفر و

1. Ethylendiamine tetra acetic acid 2. Walkly and Black 3. Kjeldahl

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1379.4.4.12.6]

جدول ۱. ترکیب شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده

ویژگی	واحد	کود گاوی	لجن فاضلاب	کمپوست
pH	-	۸/۶	۶/۴	۷/۸
هدایت الکتریکی	(dS/m)	۱۷	۹/۱	۱۴/۷
ماده آلی	(%)	۰/۴۳۰	۳۱	۲۷
کربن آلی	(%)	۱۷/۶	۲۱/۷	۲۲/۱
ازت کل	(%)	۲/۱	۱/۸	۱/۲
فسفر کل	(%)	۰/۲۶	۰/۶۱	۰/۲۱
پتاسیم کل	(%)	۲/۳	۰/۲۵	۱/۱
C/N	-	۸/۴	۱۲/۰	۱۸/۴
آهن	(mg/kg)	۱۱۰۰	۱۷۲۵۰	۱۹۵۰۰
روی	(mg/kg)	۶۱	۱۰۵۰	۲۷۵
مس	(mg/kg)	۴۳	۶۷۵	۶۲۴
منگنز	(mg/kg)	۳۰۱	۲۵۰	۳۵۲
کادمیوم	(mg/kg)	ناچیز	۳	۲/۳
سرب	(mg/kg)	۳۸	۶۷۵	۶۳۰

پتاسیم را تأمین کند. غلظت سرب و کادمیوم در هر سه کود آلی مورد استفاده در این مطالعه، از غلظت تعیین شده برای استفاده از کودهای آلی در زمین‌های کشاورزی کمتر است (۱۷، ۲۷، ۲۸ و ۲۹). غلظت این عناصر در لجن فاضلاب و کمپوست به مراتب بیشتر از کود گاوی است.

هر سه کود آلی دارای درصد مشابه و نسبتاً زیادی از ماده آلی می‌باشند، اما نسبت کربن به ازت در این کودها دارای تفاوت زیادی است. کود گاوی و کمپوست به ترتیب دارای کمترین و بیشترین نسبت کربن به ازت می‌باشند. مقدار ماده آلی نسبتاً زیاد این کودها می‌تواند باعث بهتر شدن خواص فیزیکی و شیمیایی خاک گردد (۶، ۱۳ و ۱۶).

اثر باقی مانده کودهای آلی بر قابلیت جذب عناصر در خاک

غلظت کل هیچ یک از عناصر در خاک بجز ازت، دارای تفاوت معنی داری بین تیمارها نبود (جدول ۲). درصد ازت کل در تیمار کود گاوی بیشترین و در تیمار شاهد کمترین مقدار بود. ازت در کود شیمیایی به صورت معدنی است، و در شرایط محیطی مناسب در معرض فرایند نیترات سازی قرار می‌گیرد، و احتمالاً به صورت نیترات به عمق پایین‌تر خاک انتقال می‌یابد. در صورتی که این واکنش در تیمارهای کود آلی آهسته‌تر صورت می‌گیرد.

مقدار عناصر قابل جذب باقی مانده در خاک در جدول ۳ نشان داده شده است. غلظت آهن، مس، روی و سرب عصاره‌گیری شده با EDTA بین تیمارها دارای تفاوت معنی داری است. لجن فاضلاب و کمپوست دارای بیشترین مقادیر قابل جذب این فلزات بودند، که به دلیل وجود غلظت‌های زیاد عناصر مذکور در این مواد است (جدول ۱). این نتایج نشان می‌دهد لجن فاضلاب و کمپوست کودهای مناسبی برای تأمین آهن، مس و روی مورد نیاز گیاه در خاک‌های آهکی به شمار می‌روند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1379.4.4.12.6]

جدول ۲. اثر تیمارهای کودی بر غلظت کل (میلی گرم در کیلوگرم) بعضی از عناصر خاک

تیمار	آهن	مس	روی	سرب	کادمیوم	پتاسیم	فسفر	ازت کل (%)
شاهد	۲۸۰۰۰^{a}	۴۱^{a}	۶۲^{a}	۷۱^{a}	۱/۱^{a}	۵۵۲۰^{a}	۴۵۸^{a}	۰/۰۹^{b}
کود شیمیایی	۲۷۲۰۰^{a}	۴۰^{a}	۵۶^{a}	۶۸^{a}	۱/۲^{a}	۶۷۳۷^{a}	۴۷۰^{a}	۰/۱۳^{a}
کود گاوی	۲۸۷۶۷^{a}	۳۹^{a}	۷۵^{a}	۷۱^{a}	۱/۲^{a}	۶۳۵۹^{a}	۵۰۱^{a}	۰/۱۴^{a}
لجن فاضلاب	۲۹۶۰۰^{a}	۳۷^{a}	۶۶^{a}	۶۸^{a}	۱/۳^{a}	۶۳۳۱^{a}	۳۸۹^{a}	۰/۳۱^{a}
کمپوست	۲۹۷۵۰^{a}	۳۷^{a}	۷۱^{a}	۷۰^{a}	۱/۵^{a}	۶۶۱۱^{a}	۴۸۷^{a}	۰/۱۱^{b}

برای هر عنصر در هر ستون، اعداد دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی دار (در سطح پنج درصد) بر اساس آزمون دانکن می‌باشند.

جدول ۳. اثر تیمارهای کودی بر غلظت عناصر (میلی گرم بر کیلوگرم) قابل عصاره‌گیری از خاک توسط EDTA

تیمار	آهن	مس	روی	سرب	کادمیوم	پتاسیم	فسفر
شاهد	۴/۸^{c}	۱/۶^{b}	۱/۴^{b}	۲/۷^{b}	ND	۱۸۹^{d}	۱۶/۱^{a}
کود شیمیایی	۴/۹^{c}	۱/۸^{b}	۱/۷^{b}	۲/۸^{b}	ND	۱۹۴^{d}	۲۸/۰^{c}
کود گاوی	۴/۲^{c}	۱/۴^{b}	۱/۴^{b}	۲/۸^{b}	ND	۷۳۸^{a}	۶۴/۷^{a}
لجن فاضلاب	۸/۳^{b}	۲/۷^{a}	۷/۴^{a}	۶/۷^{a}	ND	۳۰۴^{c}	۴۸/۴^{b}
کمپوست	۳۲/۱^{a}	۲/۲^{a}	۷/۰^{a}	۸/۱^{a}	ND	۴۹۱^{b}	۴۲/۳^{b}

برای هر عنصر در هر ستون، اعداد دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی دار (در سطح پنج درصد) بر اساس آزمون دانکن می‌باشند.

ND: غلظت کمتر از حد تشخیص دستگاه جذب اتمی.

در بین تیمارها مقدار پتاسیم و فسفر قابل جذب نیز دارای اختلاف معنی داری است (جدول ۳). به طوری که کود گاوی سبب بیشترین افزایش در پتاسیم و فسفر قابل جذب شده است. در تیمارهای لجن فاضلاب و کمپوست نیز مقدار پتاسیم و فسفر قابل جذب به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت. در مقایسه با کود شیمیایی، هر سه کود آلی منجر به غلظت بیشتر پتاسیم و فسفر قابل جذب شدند، که نشان می‌دهد می‌توان از این کودها برای تأمین پتاسیم و فسفر مورد نیاز گیاه استفاده کرد.

عملکرد

اثر تیمارهای کودی در عملکرد دانه، وزن تر و خشک ذرت علوفه‌ای معنی‌دار بود (جدول ۴). کود گاوی و لجن فاضلاب بیشترین و کمپوست کمترین اثر را بر عملکرد داشته‌اند. مشاهدات در طول دوره رشد نشان داد که معیارهای رشد مانند جوانه زدن، رشد طولی، قطر ساقه و تعداد برگ در گیاهان رشد کرده، در تیمارهای کود گاوی و لجن فاضلاب، به مراتب بهتر از تیمارهای دیگر بود. عملکرد زیاد در دو تیمار کود گاوی و لجن فاضلاب، به دلیل وجود مقادیر بیشتر عناصر غذایی ضروری، مخصوصاً ازت، فسفر و پتاسیم می‌باشد، و احتمالاً یک دلیل مهم معدنی شدن تدریجی این عناصر از شکل آلی و قابل دسترس‌تر بودنشان به مقدار کافی در هنگام نیاز گیاه به آنهاست. با این که کمپوست دارای مقدار زیادی از عناصر مورد نیاز گیاه می‌باشد، ولی به علت زیاد بودن نسبت کربن به ازت در

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1379.4.4.12.6]

جدول ۴. اثر تیمارهای کودی بر عملکرد دانه و اندام هوایی، غلظت و جذب کل عناصر و بازیابی ظاهری عناصر به وسیله گیاه ذرت

تیمار	عملکرد (تن در هکتار)			غلظت ازت کل (درصد)				غلظت فسفر (درصد)				غلظت پتاسیم (درصد)			
	دانه	تر	خشک	دانه	اندام هوایی	جذب کل ظاهری	درصد بازیابی	دانه	اندام هوایی	جذب کل فسفر	بازیابی ظاهری	دانه	اندام هوایی	جذب کل پتاسیم	بازیابی ظاهری
شاهد	۲/۷^{d}	۱۱۶^{d}	۱۱^{d}	۱/۳^{b}	۱/۲^{b}	۱۶۷^{c}	–	۰/۱۲^{d}	۰/۱۱^{b}	۱۵/۳^{d}	–	۰/۱۸^{d}	۱/۴^{b}	۱۵۹^{d}	–
کود شیمیایی	۴/۳^{c}	۱۳۷^{c}	۱۳/۳^{c}	۱/۷^{a}	۱/۵^{a}	۲۷۳^{c}	۶۷	۰/۱۴^{c}	۰/۱۲^{b}	۲۲/۵^{c}	۱۳/۴	۰/۲۱^{c}	۱/۴^{b}	۱۹۵^{c}	–
کود گاوی	۶/۵^{a}	۱۶۷^{a}	۱۶^{a}	۱/۸^{a}	۱/۷^{a}	۳۸۹^{a}	۲۱/۱	۰/۱۸^{a}	۰/۱۵^{a}	۳۵/۷^{a}	۱۵/۷	۰/۳۶^{a}	۱/۷^{a}	۲۹۵^{a}	۱۱/۹
لجن فاضلاب	۵/۴^{b}	۱۵۴^{b}	۱۴/۵^{b}	۱/۹^{a}	۱/۶^{a}	۳۳۵^{b}	۱۸/۶	۰/۱۶^{b}	۰/۱۴^{a}	۲۸/۹^{a}	۴/۵	۰/۲۵^{b}	۱/۶^{a}	۲۴۶^{b}	۶۱/۹
کمپوست	۲/۶^{d}	۱۲۳^{d}	۱۱/۷^{d}	۱/۵^{b}	۱/۳^{b}	۱۹۱^{d}	۴/۰۰	۰/۱۲^{d}	۰/۱۱^{b}	۱۶/۵^{d}	۱/۱	۰/۲۳^{c}	۱/۴^{b}	۱۷۰^{d}	۲

برای هر پاسخ گیاهی و در هر مورد، در هر ستون، اعداد دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی دار (در سطح پنج درصد) بر اساس آزمون دانکن می‌باشند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1379.4.4.12.6]

آن (جدول ۱) در مراحل اولیه رشد، احتمالاً گیاه ذرت با کمبود عناصر غذایی، به ویژه ازت مواجه شده است، و به همین دلیل دارای عملکرد بسیار کمتری نسبت به کودهای آلی و شیمیایی است.

عملکرد ذرت در تیمار کود شیمیایی کمتر از کود گاوی و لجن فاضلاب بود (جدول ۴). این تفاوت در عملکرد بین تیمارهای فوق ممکن است به خاطر اثر مطلوب مواد آلی بر خواص فیزیکی خاک، مخصوصاً پیش‌گیری از تشکیل سله باشد.

غلظت[1] و جذب[2] عناصر در ذرت

غلظت ازت در اندام هوایی و دانه ذرت بین تیمارها دارای تفاوت معنی داری بود (جدول ۴). غلظت ازت در تیمارهای کود شیمیایی، کود گاوی و لجن فاضلاب مشابه بود، ولی همگی به طور معنی داری نسبت به تیمارهای شاهد و کمپوست بیشتر بودند (جدول ۴). به طوری که غلظت جذب کل ازت به وسیله ذرت در تیمار کود گاوی بیشترین و در تیمار شاهد و کمپوست کمترین بود، که به خاطر تفاوت‌های زیاد در عملکرد بین این تیمارها می‌باشد.

بازیابی ظاهری[3] ازت به وسیله ذرت در بین تیمارها نیز دارای تفاوت معنی داری بوده، به طوری که بیشترین درصد بازیابی در تیمار کود شیمیایی و کمترین آن متعلق به کمپوست می‌باشد. نتایج به دست آمده در این تحقیق نشان می‌دهد که نسبت کربن به ازت اثر زیادی در جذب ازت و نیز بازیابی ظاهری آن دارد. کمپوست و کود گاوی، به ترتیب با داشتن نسبت کربن به ازت بیش از ۱۸ و ۸، دارای کمترین و بیشترین مقدار بازیابی ازت بودند، که می‌تواند عامل بسیار مهمی در اختلافات مشاهده شده در عملکرد بین این تیمارها محسوب شود. نتایج به دست آمده در مورد کود گاوی و لجن فاضلاب مشابه نتایج گزارش شده به وسیله القاروس و همکاران است (۱۴). در مورد کود شیمیایی نیز این نتایج با گزارش بومن و همکاران هماهنگی دارد (۸).

غلظت و جذب کل فسفر در دانه و اندام هوایی ذرت دارای اختلاف معنی دار در بین تیمارها بود (جدول ۴). غلظت و جذب کل فسفر در تیمار کود گاوی بیشترین و در تیمارهای شاهد و کمپوست کمترین بود. نکته قابل توجه این است که مانند ازت، جذب فسفر به وسیله ذرت در تیمار کود گاوی و لجن فاضلاب هر دو، به طور معنی داری بیشتر از کود شیمیایی بود (جدول ۴). این امر احتمالاً به خاطر وجود فسفر آلی در این کودها است، که تدریجاً معدنی شده و قابل جذب گیاه می‌گردد. در صورتی که فسفر موجود در کود شیمیایی در خاک وارد واکنش‌های جذب سطحی و رسوب می‌شود. چنین واکنش‌هایی جذب این عنصر را به وسیله گیاه در حد زیادی کاهش می‌دهد.

بیشترین بازیابی ظاهری فسفر در تیمار کود گاوی و کمترین آن در تیمار کمپوست مشاهده شد. بازیابی ظاهری بسیار کم در تیمار لجن فاضلاب، احتمالاً به علت غلظت بیشتر، و در نتیجه اضافه شدن مقدار زیادتر فسفر به خاک، همراه لجن فاضلاب است. غلظت و جذب کل فسفر در اندام هوایی و دانه ذرت، و بازیابی ظاهری آن، با نتایج القاروس و همکاران (۸) و ایوانز و همکاران (۱۵) مشابه است.

بیشترین غلظت و جذب کل درصد پتاسیم در دانه و اندام هوایی ذرت مربوط به تیمار کود گاوی است (جدول ۴). بازیابی ظاهری پتاسیم در تیمار کود گاوی به این علت است که مقدار پتاسیم اضافه شده به خاک، در مقایسه با دو نوع کود آلی دیگر به مراتب بیشتر بوده است.

در مورد فلزات سنگین، غلظت آنها است که از دیدگاه زیست محیطی مهم و تعیین کننده مقدار سمیت برای انسان، حیوان و گیاه می‌باشد. بنابراین، در این قسمت فقط غلظت فلزات در اندام هوایی و دانه ذرت مورد بررسی قرار می‌گیرد. غلظت فلزات در اندام هوایی دانه ذرت در جدول ۵ نشان داده شده است. در میان

1. Concentration 2. Uptake

۳. درصد بازیابی ظاهری = (مقدار کل جذب در شاهد − مقدار کل جذب در تیمار) / مقدار عنصر اضافه شده × ۱۰۰

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1379.4.4.12.6]

جدول ۵. اثر تیمارهای کودی بر غلظت فلزات (میلی گرم بر کیلوگرم) در اندام هوایی و دانه ذرت

تیمار	آهن	مس	روی	سرب	کادمیوم
			اندام هوایی		
شاهد	۲۱۶^{c}	۱۸^{a}	۳۷^{b}	۱۴^{a}	ND
کود شیمیایی	۲۳۰^{b}	۲۰^{a}	۳۵^{b}	۱۳^{a}	ND
کود گاوی	۲۴۳^{b}	۱۹^{a}	۳۸^{b}	۱۴^{a}	ND
لجن فاضلاب	۲۷۸^{a}	۲۰^{a}	۴۸^{a}	۱۶^{a}	ND
کمپوست	۲۷۹^{a}	۱۸^{a}	۳۸^{b}	۱۴^{a}	ND
			دانه		
شاهد	۶۹^{b}	۱۲/۱^{a}	۲۸/۴^{a}	۷/۰^{a}	ND
کود شیمیایی	۷۳^{b}	۱۲/۳^{a}	۳۰/۷^{a}	۷/۳^{a}	ND
کود گاوی	۸۴^{a}	۱۲/۷^{a}	۳۱/۰^{a}	۷/۱^{a}	ND
لجن فاضلاب	۸۲^{a}	۱۲/۳^{a}	۳۳/۳^{a}	۸/۱^{a}	ND
کمپوست	۸۰^{a}	۱۱/۳^{a}	۲۸/۳^{a}	۶/۷^{a}	ND

برای هر پاسخ گیاهی و در هر مورد گیاهی، در هر ستون، اعداد دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی دار (در سطح پنج درصد) بر اساس آزمون دانکن می‌باشند.

ND: غلظت کمتر از حد تشخیص دستگاه جذب اتمی

فلزات، غلظت آهن و روی در اندام هوایی و مقدار آهن در دانه ذرت تیمارها دارای تفاوت معنی‌دار بود. غلظت سرب در اندام هوایی و دانه ذرت، در تیمار لجن فاضلاب بیش از تیمارهای دیگر ولی فاقد تفاوت معنی‌دار بود. غلظت کادمیوم هم در اندام هوایی و هم دانه ذرت، برای همه تیمارها بسیار ناچیز، و کمتر از حد تشخیص دستگاه جذب اتمی بود.

غلظت آهن، مس، روی و سرب در اندام هوایی ذرت به طور معنی داری بیش از غلظت این فلزات در دانه ذرت بود (جدول ۵). این تفاوت‌ها مخصوصاً برای آهن و سرب بیشتر محسوس بود، به طوری که میزان آهن در اندام هوایی گیاه بیش از سه برابر، و سرب بیش از دو برابر این دو عنصر در دانه ذرت برآورد گردید. این نتایج نشان می‌دهد که انتقال فلزات، مخصوصاً آهن و سرب، در گیاه ذرت به آسانی صورت نمی‌پذیرد.

سطح روی، مس، سرب و کادمیوم در اندام هوایی و دانه ذرت در این مطالعه از حد سمی آنها بسیار پایین‌تر است (۱). از دلایل جذب کم فلزات به وسیله ذرت، آهکی بودن و pH بالای خاک، و غلظت نسبتاً کم این عناصر را در پسماندهای آلی می‌توان نام برد (۴ و ۶). البته تأثیر دراز مدت استفاده از پسماندهای آلی، و هم‌چنین آثار ناشی از تجمعی بودن آنها را نباید از نظر دور داشت (۱ و ۴).

نتیجه‌گیری

۱. افزودن کودهای آلی به خاک باعث افزایش معنی‌دار ماده آلی و مقدار آهن، مس، روی، فسفر، پتاسیم قابل جذب و ازت کل در خاک گردید.

۲. کود گاوی و سپس لجن فاضلاب نسبت به دیگر تیمارها دارای بیشترین تأثیر بر عملکرد ذرت بودند.

۳. نسبت کربن به ازت در کودهای آلی اثر زیادی بر عملکرد ذرت داشت، به طوری که کود گاوی با کمترین نسبت C:N و کمپوست با بیشترین نسبت C:N به ترتیب بیشترین و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1379.4.4.12.6]

کمترین تأثیر را بر عملکرد نشان دادند.

۴. غلظت فلزات سنگین در خاک، اندام هوایی و دانه ذرت در این مطالعه از حد سمی آنها بسیار کمتر بود، ولی اثر دراز مدت استفاده از پسماندهای مواد آلی و نیز آثار ناشی از تجمعی بودن آنها باید مورد توجه قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه صنعتی اصفهان به خاطر تأمین هزینه‌های این طرح، از آقای دکتر کلباسی و از داوران محترم این مقاله برای پیشنهادهای ارزنده ایشان تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. افیونی، م.، ی. رضایی‌نژاد و ب. خیامباشی. ۱۳۷۷. اثر لجن فاضلاب بر عملکرد و جذب فلزات سنگین به وسیله کاهو و اسفناج. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱: ۱۹-۳۰.

۲. افیونی، م.، ر. مجتبی‌پور و ف. نوربخش. ۱۳۷۶. خاک‌های شور و سدیمی. انتشارات ارکان اصفهان، ۲۱۸ صفحه.

۳. رحیمی، ق. ۱۳۷۱. مطالعات اثرات کود کمپوست بر شوری و آلودگی خاک و مقدار جذب عناصر سنگین توسط گیاه ذرت از خاک‌های حاوی کود کمپوست. پایان نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۴. کلباسی، م. وا. گندمکار. ۱۳۷۶. اثر شیرابه زباله بر عملکرد و ترکیب شیمیایی ذرت و اثر باقی مانده آن بر بعضی ویژگی‌های خاک. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱(۲): ۴۱-۵۳.

5. Afyuni, M. 1987. Exractability of Fe, Zn, and Cd in sludge amended calcareous soils. M. S. Thesis, New Mexico State Univ., Las Cruces, N. M.

6. Bruer, A. and A. L. Black. 1992. Organic carbon effect on availble water capacity of three soil texture groups. Soil Sci. Soc. Am. J. 56: 248-254.

7. Bierman, P. M. and C. J. Rose. 1994. Sewage sludge incinerator ash on soil chemical propreties and growth of lettuce and corn. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 25: 2409-2437.

8. Boman, R. K., R. L. Westerman, W. R. Raun and M. E. Jojola. 1995. Time of N application: Effects on winter wheat and residual soil nitrate. Soil Sci. Soc. Am. J. 59: 1364-1369.

9. Boyle, M. and W. H. Fuller. 1987. Effect of municipal solid waste leachate composition on zinc migration through soils. J. Environ. Qual. 16: 357-360.

10. Chang, A. C., A. L. Page and J. E. Wernick. 1987. Long-term sludge application effect on cadmium and zinc accumulation in swiss chard and radish. J. Environ. Qual. 16: 217-221.

11. Del Castilho, P, W. J. Chardon and W. Salomons. 1993. Influence of cattle-manure slurry application on solubility of Cd, Cu and Zn in a manured acidic soil, loamy-sand soil. J. Environ. Qual. 22: 689- 697.

12. Eghball, B., J. F. Power, J. E. Gilley and J. W. Doran. 1997. Nutrient, carbon, and mass loss during composting of beef cattle feedlot manure. J. Environ. Qual. 26: 189-193.

13. Epstein, E. , J. M. Taylor and R. L. Chaney. 1976. Effects of sewage sludge and sluge compost applied to soil on some soil physical and chemical properties. J. Environ. Qual. 5: 422-427.

14. El Gharous, M. , R. L. Westerman and P. N. Soltanpour. 1990. Nitrogen mineralization potential of arid and semiarid soils of Morocco. Soil Sci. Soc. Am. J. 54: 438-443.

15. Evans, S. D., P. R. Goodrich, R. C. Munter and S. R. Smith. 1977. Effects of solid and liquid beef manure and liquid hog manure on soil characteristics and on growth, yield and composition of corn. J. Environ. Qual. 6: 361-368.

16. Glauser, R., H. E. Doner and E. A. Poul. 1988. Soil aggergate stability as a function of particle size in

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1379.4.4.12.6]

sludge treated soils. Soil Sci. 146: 37-43.

17. Handreck, K. A. 1994. Effect of pH on the uptake of Cd, Cu, and Zn from soilless media containing sewage sludge. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 25: 1913-1927.
18. Hassan Dar, G. and M. M. Mishra. 1994. Influence of Cd on carbon and nitrogen mineralization in sewage sludge amended soils. Environ. Poll. 84: 285-290.
19. Hesterberg, D., J. Bril and P. Del Castilho. 1993. Thermodynamic modeling of Zn, Cd, and Cu solubilities in a manured, acidic loamysand topsoil. J. Environ. Qual. 22: 681-688.
20. Kelling, K. A., A. E. Peterson, L. M. Walsh, J. A. Ryan and D. R. Keeney. 1977. A field study of the agricultural use of sewage sludge: I. Effect on crop yield and uptake of N and P. J. Environ. Qual. 6: 339-345.
21. King, L. D. 1981. Effect of swine manure lagoon sludge and municipal sewage sludge on growth, nitrogen recovery, and heavy metal content of fescuegrass. J. Environ. Qual. 10: 465-472.
22. Knudsen, D. and G. A. Peterson. 1990. Lithium, Sodium, and Potassium. pp. 225-246. *In*: A. L. Page et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA. Madison, WI.
23. Mc Casline, B. D. and G. A. O'Connor. 1982. Potential fertilizer value of sewage sludge on a calcareous soil. New Mexico State Univ., Agric. Exp. Stat. Bull. 692.
24. Murillo, J. M., R. Lopez, F. Carbrera and P. M. Olmedo. 1995. Testing a low-quality urban compost as a fertilizer for arable farming. Soil Use Manag. 11: 127-131.
25. Olsen, S. R. and L. E. Sommers. 1990. Phsophorus. pp. 403-431. *In*: A. L. Page et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd ed., Agron. Monogr. 9, ASA, Madison, WI.
26. SAS. 1985. SAS User 's Guide: Statisics. 5th Ed., SAS Institute, Inc. Cary N. C.
27. Singh, B. R. and E. Steinnes. 1994. Soil and Water Contamination by Heavy Metals. pp. 233-271. *In*: R. Lal, and B. A. Stewart (Eds.), Soil Processes and Water Qualitly. Lewis Pub . Anr Arbor, MI.
28. Smith, S. R. 1992. Sewage sludge and refuse composts as peat alternatives for conditioning impoverished soils. J. Hort. Sci. 67: 703-716.
29. Sommers, L. E. 1977. Chemical composition of sewage sludge and analysis of their potential use as fertilizers. J. Environ. Qual. 6: 225-231.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1379.4.4.12.6]