Archive of SID

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 29، شماره 6، بهمن – اسفند 1394، ص. 1628-1612

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 6, Jan.-Feb. 2016, p. 1612-1628

بررسی اثرات فاضلاب شهری و کمپوست زباله شهری بر برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

مسعود شاکرمی[1]- صفر معروفی[2*]-قاسم رحیمی[3]

تاریخ دریافت: 1393/04/31
تاریخ پذیرش: 1394/02/21

چکیده

استفاده از پسماندهای فاضلاب شهری و کمپوست زباله شهری در زمین‌های کشاورزی، به عنوان راه حلی مؤثر جهت مقابله با کمبود آب و همچنین جلوگیری از انباشت زباله در شهرها است. استفاده از این پسماندها خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را تحت تاثیر قرار خواهند داد. به منظور بررسی اثرات فاضلاب شهری و کمپوست زباله شهری بر برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، تحقیق حاضر به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینا همدان انجام شد. فاکتورها شامل چهار نوع آب آبیاری: فاضلاب خام (W_1)، پساب تصفیه شده (W_2)، ترکیب50 درصد فاضلاب خام و آب معمولی (W_3) و آب معمولی (W_4) و همچنین چهار سطح کمپوست: 0 (C_1)، 40 (C_2)، 80 (C_3) و 120 تن در هکتار (C_4) بودند. بستر کشت شامل 48 عدد لایسیمتر حجمی با ابعاد 126×30×30 سانتیمتر بود که پس از آماده‌سازی، گیاه ریحان (*Ocimum Basilicum*) در آنها کشت گردید. خاک درون لایسیمترها دارای سه لایه: فوقانی (بافت رسی)، لایه میانی (لوم رسی) و لایه پایینی (لوم رسی شنی) بود.در پایان دوره کشت، نمونه‌های خاک جمع‌آوری و میزان هدایت هیدرولیکی، مقادیر جرم مخصوص ظاهری و حقیقی، تخلخل، نیتروژن، فسفر و پتاسیم آنها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که نوع آب آبیاری بر تمامی پارامترها و میزان کمپوست نیز بر تمامی پارامترها به جزء جرم مخصوص ظاهری خاک اثرمعنی‌داری دارند. کاربرد کمپوست و فاضلاب، مقادیر جرم مخصوص ظاهری و حقیقی خاک را کاهش اما مقادیر تخلخل و هدایت هیدرولیکی را افزایش داد. دامنه تغییرات هدایت هیدرولیکی (23/82 تا 35/61 میلیمتر در ساعت)، جرم مخصوص ظاهری (1/41 تا 1/43 گرم در سانتیمتر مکعب)، جرم مخصوص حقیقی (2/51 تا 2/57 گرم در سانتیمتر مکعب)، تخلخل کل (42/88 تا 45/19 درصد)، نیتروژن (0/06 تا 0/08 درصد)، فسفر (14/46 تا 23/28 میلی‌گرم در کیلوگرم) و پتاسیم (393/22 تا 519/84 میلی‌گرم در کیلوگرم) در تمامی تیمارها در نوسان بود، به طورکلی نتایج این تحقیق بیانگر اثر فاضلاب و کمپوست بر افزایش هدایت هیدرولیکی خاک و همچنین افزایش عناصر غذایی خاک می‌باشد. به دلیل خطراتی همچون شوری خاک و آبشویی نیتروژن، پیشنهاد می‌گردد، استفاده از فاضلاب و کمپوست در درازمدت، با مدیریت صحیح صورت گیرد.

واژه‌های کلیدی: آب آلوده، پسماندها، خصوصیات خاک، لایسیمتر، هدایت هیدرولیکی

مقدمه

در بیشتر شهرهای بزرگ دنیا، قسمت اعظم منابع آب شیرین به تأمین نیازهای شرب، بهداشت و صنعت اختصاص داده می‌شود. در چنین شرایطی، استفاده از پساب فاضلاب شهری برای مصارف کشاورزی به عنوان راه حلی موثر مورد توجه متخصصان منابع آب قرار گرفته است (27). از سوی دیگر یکی از راه‌کارهای رایج برای جلوگیری از انباشت زباله در شهرها، تبدیل زباله شهری به کمپوست و استفاده از آن در کشاورزی به عنوان یکی از راه‌های جبران کمبود مواد آلی خاک است (18 و 69).

کاربرد فاضلاب‌های خانگی و پساب حاصل از تصفیه آن خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از جمله مهمترین پارامترهای فیزیکی متأثر در این شرایط، می‌توان به هدایت هیدرولیکی یا ضریب آبگذری، جرم مخصوص ظاهری، جرم مخصوص حقیقی و تخلخل اشاره نمود (29).

تاکنون تحقیقات متعددی در زمینه استفاده از فاضلاب و کمپوست بر خصوصیات فیزیکی خاک انجام شده است. ویوانی و لوینو (64) گزارش نمودند که آبیاری با پساب دارای ماده معلق (TSS) معادل 60 تا 75 میلی‌گرم در لیتر، سبب کاهش 20 درصدی KS در یک خاک لوم می‌شود. این محققان گرفتگی منافذ خاک‌های سطحی

1- به ترتیب دانشجوی دکتری مدیریت منابع آب و استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا همدان
(*- نویسنده مسئول: Email: Smarofi@yahoo.com)
3- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا همدان

www.SID.ir

Archive of SID

را دلیل عمده کاهش مقدار KS ذکر کردند. نتایج بررسی ولگر (65) نشان داد که آبیاری با پساب نسبت به آبیاری با آب معمولی (شاهد)، وزن مخصوص ظاهری خاک و تخلخل کل خاک را به ترتیب کاهش و افزایش داد، اما کاهش هدایت هیدرولیک خاک ناچیز بود. تقواییان (61) نیز وجود ذرات معلق معدنی و آلی در فاضلاب خام، پساب تصفیه شده و حتی آب‌های آبیاری متعارف را دلیل اصلی انسداد خلل و فرج خاک و نقصان هدایت هیدرولیکی خاک گزارش نمود؛ اما تحقیقاتی نیز مبنی بر افزایش هدایت هیدرولیکی در اثر استفاده از فاضلاب گزارش شده است. اگلیدزو لوندرا (2) با ترکیب فاضلاب شهری و لجن فاضلاب گزارش نمودند که ویژگی‌های فیزیکی خاک از جمله هدایت هیدرولیکی اشباع به دلیل مقدار مواد آلی موجود در فاضلاب شهری و لجن فاضلاب تا حدود زیادی بهبود یافته است. مهیدا(35) گزارش نمود که استفاده مجدد از فاضلاب به جای آب آبیاری موجب بهبود نفوذپذیری، افزایش تخلخل و توسعه ساختمان اسفنجی در خاک شده است. پارسافر و همکاران (54)نیز گزارش نمودند که افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در لایسیمترهای تحت آبیاری با فاضلاب، بیشتر از خاک لایسیمترهای آبیاری شده با آب معمولی بوده است. این محققان دلیل عمده این افزایش را وجود مواد آلی در فاضلاب ذکر کردند که سبب بهبود ساختمان خاک و در نتیجه نفوذ پذیری آن می‌شود.

ثابت شده است که اضافه کردن مواد آلی سبب بهبود خواص فیزیکی خاک می‌شود. افزایش کربن آلی خاک جرم مخصوص ظاهری را کاهش می‌دهد و باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک و پایداری خاکدانه‌ها می‌شود (15).عوامل مؤثر در سرعت تجزیه مواد آلی شامل ترکیب شیمیایی این مواد (مقدار کربن، نسبت C/N)، درجه حرارت خاک، رطوبت خاک، طرز اضافه کردن (سطحی یا مخلوط کردن با خاک) و مقدار آن در خاک است. آگلیدسو لوندرا (2) در پژوهش های خود به اثرات مثبت کمپوست بر خواص فیزیکی خاک شامل هدایت هیدرولیکی اشباع و غیر اشباع، ظرفیت نگهداری آب، جرم حجمی، تخلل، پراکندگی و اندازه خلل و فرج، نفوذپذیری و تراکم‌پذیری خاک اشاره می‌کنند. البته باید در نظر داشت که مصرف کمپوست به خاک در شرایط استریل، تأثیر اندکی بر افزایش پایداری خاکدانه‌ها دارد که این نتیجه مؤید تأثیر بسیار زیاد ریزجانداران خاک بر پایداری ساختمان خاک است (50).

از طرفی خاک‌های منطقه خشک و نیمه‌خشک ایران معمولاً دارای کمبود ماده آلی می‌باشند. کمبود ماده آلی سبب کاهش حاصلخیزی این خاک‌ها می‌گردد. این مسأله محققان را بر آن داشته تا در زمینه استفاده از کودهای آلی مانند لجن فاضلاب و کمپوست تحقیقات گسترده‌ای را انجام دهند. براهیمی و همکاران (12) با کاربرد کود کمپوست زباله شهری به میزان 0، 25 و 50 تن در هکتار در یک مزرعه گندم، گزارش نمودند که نسبت به تیمار شاهد، استفاده از کود کمپوست سبب افزایش معنی‌دار پتاسیم و فسفر قابل جذب خاک می‌گردد. در تحقیقی دیگر مخابلا و وارمن(41) گزارش کردند که کود کمپوست به اندازه کودهای شیمیایی در افزایش فسفر قابل جذب خاک مؤثر است.

امروزه استفاده مجدد از فاضلاب شهری به عنوان یکی از منابع غیر متعارف آب و کود برای توسعه کشاورزی در نواحی خشک و نیمه‌خشک مورد توجه قرار گرفته است. فاضلاب شهری دارای مقادیر زیادی از عناصر غذایی است که می‌تواند در مصارف کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد و باعث حاصلخیزی زمین‌های کشاورزی شود (62). قاسمی و همکاران (22) ارزش آب پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد در آبیاری گندم، جو و گوجه‌فرنگی به ترتیب معادل 1/97، 1/44 و 4/68 میلیارد ریال و ارزش اقتصادی محتوای کودی این تصفیه‌خانه‌ها به ترتیب معادل 89/6، 67/4 و 125 میلیون ریال گزارش نمودند. نتایج تحلیل اقتصادی محققان اخیر دلالت بر آن دارد که استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌های شهر مشهد، هزینه‌های تولید گندم، جو و گوجه‌فرنگی را به ترتیب 33، 31 و 28 درصد کاهش می‌دهد.

امروزه بهره‌گیری از فرایند گیاه‌پالایی برای تقلیل آلودگی‌های آب و خاک از فلزات سنگین، روشی مطمئن، کم هزینه و بدون اثرات جانبی زیست محیطی می‌باشد. بنظر می‌رسد که گیاهان دارویی از جمله ریحان یک ایده خوب برای گیاه پالایی باشند، چون این گونه‌های گیاهی اغلب برای تولید اسانس (مقاصد ثانویه) به کار می‌روند. این گیاهان همچنین توانایی خوبی برای تجمع عناصر سنگین را دارند و خیلی از گونه‌های گیاهان دارویی می‌توانند در خاک‌های آلوده بدون هیچ‌گونه کاهش عملکردی رشد کنند (58 و 70).

با توجه به حجم گسترده کاربرد فاضلاب و کمپوست در اراضی، تحقیق حاضر برای بررسی پیامدهای کاربرد این پسماندها بر برخی از ویژگی‌های فیزیکی (هدایت هیدرولیکی یا ضریب آبگذری، جرم مخصوص ظاهری، جرم مخصوص حقیقی و تخلخل) و همچنین برخی از ویژگی‌های شیمیایی (نیتروژن، فسفر قابل جذب و پتاسیم) خاک در راستای پایداری اراضی در شرایط گلخانه انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در طی سال‌های 1390 و 1391 در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینا همدان در شرایط لایسیمتری انجام گرفت. با توجه به ماهیت تحقیق، این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار انجام گرفت. فاکتورها شامل چهار نوع آب آبیاری: فاضلاب خام (W_1)، پساب تصفیه شده (W_2)، ترکیب50 درصد فاضلاب خام و آب معمولی (W_3) و آب معمولی بعنوان شاهد (W_4) و چهار سطح کود کمپوست: بدون

www.SID.ir

Archive of SID

کمپوست (C_1)، 40 (C_2)، 80 (C_3) و 120 تن در هکتار (C_4) بودند. در مجموع با توجه به پارامترهای اندازه‌گیری شده، 16 تیمار تحت عناوین W_1C_1 - W_4C_4 انتخاب و نامگذاری شد.

در اجرای این پژوهش، از تعداد 48 عدد لایسیمتر فلزی حجمی با ابعاد 126 ×30 ×30 سانتیمتر، استفاده گردید. پس از طراحی، ساخت و قرار دادن لایسیمترها در داخل گلخانه، جهت نیل به شرایط واقعی خاک (از نظر تراکم)، پر نمودن آنها طی چند مرحله و به تدریج در طی یک دوره زمانی پنج ماهه با انجام آبیاری‌های متناوب و بدون کشت صورت گرفت. خاک لایسیمترها دارای سه لایه: لایه فوقانی (صفر تا 30 سانتیمتر) از جنس رسی، لایه میانی (30 تا 70 سانتیمتر) از جنس لوم رسی و لایه زیرین (70 تا 110 سانتیمتر) از جنس لوم رسی شنی در نظر گرفته شد. در نهایت، کلیه لایسیمترها تا ارتفاع 160 سانتیمتر از خاک پر شدند. جهت تأمین فضای لازم برای آب آبیاری، عمقی معادل 16 سانتی‌متر در بالای خاک روئین، در نظر گرفته شد. قابل ذکر است سطوح مختلف کود کمپوست فقط با خاک لایه رویین (صفر تا 30 سانتیمتر) مخلوط گردیدند.

پس از آماده‌سازی بستر کشت، بذر ریحان (رقم سفید1) در دو ردیف و عمق یک سانتیمتر کشت گردید. پس از جوانه زنی، رشد و تنک نمودن آنها، در مجموع 12 بوته در هر لایسیمتر (در دو ردیف) در نظر گرفته شد. ردیف‌های کشت به‌گونه‌ی در نظر گرفته شدندکه فاصله ردیف‌ها از هم 15 سانتی‌متر و فاصله هر ردیف‌ها از لبه کناری لایسیمتر 7/5 سانتیمتر بود.

با توجه به نبود تصفیه‌خانه فعال در همدان، از فاضلاب خام و فاضلاب تصفیه شده‌ی تصفیه‌خانه فاضلاب کرمانشاه استفاده گردید. کود کمپوست زباله شهری نیز ازکارخانه بازیافت مواد آلی کرمانشاه تهیه گردید. در مجموع تعداد یازده دوره آبیاری صورت گرفت. در ابتدا فواصل آبیاری در دوره‌های 14 روزه و به میزان 8 لیتر صورت پذیرفت. سپس با رشد گیاه و گرم شدن هوا، دوره آبیاری به 7 روز کاهش و میزان آبیاری نیز به 12 لیتر افزایش یافت.

در هر دوره آبیاری، نمونه‌هایی از فاضلاب‌های خام و تصفیه‌شده و همچنین آب معمولی ورودی به لایسیمترها، تهیه شد. نمونه‌ها، پس از صاف شدن با کاغذ صافی واتمن 42، جهت اندازه‌گیری پارامترهای pH، EC، نیتروژن- نیتراتی، فسفر-فسفاتی، سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم مورد آنالیز قرار گرفتند که نتایج آن در جدول 3 ارائه گردیده است. آنالیز کلیه پارامترهای موجود در فاضلاب‌های خام، تصفیه‌شده و آب معمولی ورودی به لایسیمترها، مطابق باکتاب استانداردمتد (6)،انجام گرفت.

جهت اندازه‌گیری پارامترهای شیمیایی کمپوست زباله شهری، ابتدا میزان pH و EC نمونه‌ها، در نسبت 1 به 5 کمپوست به آب اندازه-گیری شد (19). کربن آلی موجود در کمپوست، به روش خاکستر در دمای 430 درجه سانتیگراد تعیین گردید (66). برای اندازه‌گیری فسفر، از روش هضم (اسید پرکلریدریک : اسید نیتریک در نسبت 9 : 4) استفاده شد (52). سدیم و پتاسیم، به روش خاکستر تعیین گردیدند (55). نیتروژنکل به روش کجلدال اندازه‌گیری گردید (53). خصوصیات شیمیایی کمپوست زباله شهری در جدول 2 ارائه گردیده است.

در ابتدای آزمایش (قبل از ریختن خاک به درون لایسیمترها)، ابتدا بافت و درصد ذرات تشکیل‌دهنده نمونه‌های خاک (در هر سه لایه) شناسایی و تعیین گردید. سپس برخی دیگر از خصوصیات فیزیکی و همچنین خصوصیات شیمیایی آنها اندازه‌گیری شد که نتایج آن در جدول‌های 1 و 2 ارائه گردیده است. یادآور می‌گردد که میزان pH و EC نمونه‌های خاک، در نسبت 1 به 5 خاک به آب اندازه‌گیری شدند (57).

در خاتمه آزمایش، به منظور بررسی اثر تیمارهای مختلف بر برخی ازخصوصیات فیزیکی خاک درون لایسیمترها، ابتدا با استفاده از سیلندرهای استوانه‌ی، از هر تیمار، 3نمونه دست نخورده (از عمق 0 تا 15 سانتیمتری نسبت به سطح) تهیه و پس از اشباع نمودن از زیر، میزان هدایت هیدرولیک اشباع آنها اندازه‌گیری گردید. همچنین، برخی دیگر از خصوصیات فیزیکی نظیر چگالی ظاهری، چگالی حقیقی و تخلخل کل خاک نیز اندازه‌گیری شد.

همچنین در خاتمه آزمایش، جهت تعیین اثر تیمارهای مختلف بر برخی از خصوصیات شیمیایی خاک، از عمق 0 تا 15 سانتیمتری لایسیمترها (نسبت به سطح)، نمونه‌های خاک تهیه و پس از خشک کردن و عبور از الک 2 میلیمتری، میزان درصد نیتروژن (57)، فسفر قابل جذب (52) و پتاسیم قابل جذب (57) آنها محاسبه گردید.

بافت خاک به روش هیدرومتری تعیین گردید (31). هدایت هیدرولیکی اشباع خاک با استفاده از روش بار ثابت برآورد گردید (32). مقادیر چگالی ظاهری خاک با استفاده از سیلندرهای استوانه‌ی و چگالی حقیقی با استفاده از پیکنومتر اندازه‌گیری گردید (31). تخلخل کل با استفاده از مقادیر چگالی حقیقی و چگالی ظاهری خاک و با استفاده از معادله زیر به دست آمد:

$$n = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_s}$$

در کلیه آزمایشات pH با استفاده از دستگاه pH متر (Metrohm model 744) و EC با استفاده از دستگاه EC سنج (Metrohm model 712) اندازه‌گیری شدند. نیتروژنکل به روش کجلدال، نیتروژن- نیتراتی و فسفر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Varian model Cary-100)، سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر (model 405 G) ، اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS (9.1)

1- Ocimum Basilicum

www.SID.ir

Archive of SID

انجام گرفت. میانگین داده‌ها به وسیله آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح 5 درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

ویژگی‌های شیمیایی فاضلاب و کمپوست مصرفی

میزان پارامترهای شیمیایی فاضلاب خام، تصفیه شده و کمپوست مصرفی در جدول‌های (2 و 3) ارائه گردیده است. مطابق استاندارد سازمان جهانی خوار و بار و کشاورزی (FAO)، بیشینه مجاز قابلیت هدایت الکتریکی آب آبیاری با محدودیتی کم تا متوسط برای آبیاری، برابر 3 دسی‌زیمنس بر متر است و مقادیر کمتر از 0/7 دسی‌زیمنس بر متر، بدون محدودیت اعلام شده است (28). قابلیت هدایت الکتریکی در فاضلاب تصفیه شده کمتر از 0/7 دسی‌زیمنس بر متر بود و لذا هیچگونه محدودیتی جهت استفاده در آبیاری ندارد. اما قابلیت هدایت الکتریکی فاضلاب خام تقریباً دو برابر میزان مجاز می‌باشد. ملاحظه مقادیر SAR انواع آب‌های آبیاری مورد استفاده در تحقیق و مقایسه آنها با مقادیر مجاز ارائه شده، دلالت بر محدودیت به وسیله این پارامتر برای خاک و آبیاری گیاهان داشت.کمیت SAR در فاضلاب-های خام، تصفیه شده و آب معمولی بهطور متوسط برابر با 4/82، 4/94 و 3/28 (meq/l) 0.5 بود که مقدار استاندارد تعیین شده از نظر آبیاری بدون محدودیت میزان SAR بین صفر تا سه را شامل می-گردد که در مرحله تکمیلی EC آب آبیاری نیز بایستی مورد نظر باشد (6). متوسط EC در فاضلاب خام، پساب تصفیه ثانویه و آب چاه به کار برده شده در این تحقیق به ترتیب برابر 1/65، 0/605 و 0/7 دسی زیمنس بر متر بوده است. بنابراین در ارتباط با ارقام SAR و همچنین در نظر گرفتن EC، انواع آب آبیاری مورد استفاده، می‌توان چنین استنباط نمود که کاربرد فاضلاب خام دارای کیفیت خوب ولی پساب تصفیه شده و آب معمولی دارای کیفیت متوسط می‌باشند.

اثر نوع آب آبیاری و سطح کمپوست بر برخی از خصوصیات فیزیکی خاک

جدول (4) تجزیه آماری حاصل از پارامترهای فیزیکی خاک را نشان می‌دهد. بر اساس این جدول، اثر نوع آب آبیاری بر هدایت هیدرولیکی اشباع، جرم مخصوص حقیقی و تخلخل در سطح یک درصد ($p<0/01$) و بر جرم مخصوص ظاهری خاک در سطح 5 درصد ($p<0/05$) معنی‌دار می‌باشد. همچنین اثر سطوح کمپوست بر کلیه پارمترها به جزء جرم مخصوص ظاهری خاک معنی‌دار ($p<0/01$) است. اثر متقابل فاضلاب و کمپوست صرفاً بر هدایت هیدرولیکی خاک معنی‌دار ($p<0/01$) و بر دیگر پارامترها اثر معنی-داری نداشت.

روحانی شهرکی و همکاران (56)، با کاربرد فاضلاب خام، فاضلاب تصفیه شده و فاضلاب نیمه تصفیه‌شده گزارش نمودند که اثر فاضلاب بر جرم مخصوص ظاهری خاک معنی‌دار اما بر جرم مخصوص حقیقی غیر معنی‌دار است.

نتایج محققین اخیر، از لحاظ جرم مخصوص حقیقی با نتایج تحقیق حاضر، با مغایرت دارد. فرناندز گالوزو و همکاران (21)، با کاربرد فاضلاب تصفیه شده و آب معمولی گزارش نمودند که اثر نوع آب آبیاری بر هدایت هیدرولیک اشباع خاک معنی‌دار است. اما نتایج تحقیق گان کالوز و همکاران (25) حاکی از غیر معنی‌دار بودن اثر پساب بر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک می‌باشد. مهیدا(35) گزارش نمود که استفاده مجدد از فاضلاب به جای آب آبیاری موجب افزایش تخلخل و توسعه ساختمان اسفنجی در خاک شده است.

جدول1- برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک (قبل از کشت)

Table 1- Selected physicals properties of soil (before planting)

لایه layer	بافت خاک Soil texture	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	جرم مخصوص density		تخلخل Porosity	هدایت هیدرولیکی Hydraulic onductivity
		(%)			ظاهری Bulk	حقیقی Particle		
					(grcm-3)			
بالایی Upper	رسی Clay	22	21	57	1.41	2.51	44.17	26.1
میانی Middle	لوم رسی شنی Sandy Clay Loam	52.56	21.99	25.52	-	-	-	-
زیرین Lower	لوم شنی Sandy Loam	60.77	20.66	18.97	-	-	-	-

www.SID.ir

Archive of SID

جدول2- برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک و کمپوست مصرفی

Table 2- Some chemicals properties of soil and compost used

پارامتر Parameter	واحد* Unit	لایه‌های خاک Soil layers			کمپوست** Compost
		اول Upper	دوم Middle	سوم Lower	
pH	-	7.43	7.42	7.43	7.46
EC	dSm^{-1}	0.72	0.528	0.508	4.2
Na	$mgkg^{-1}$	201.38	159.61	97.21	0.6
Ca	$mgkg^{-1}$	115.13	72.61	52.19	3.87
Mg	$mgkg^{-1}$	32.16	21.16	15.62	1.07
P	$mgkg^{-1}$	10.55	7.11	6.23	0.53
K	$mgkg^{-1}$	314.24	252.46	197.41	0.64
Ntotal	%	0.056	0.03	0.02	1.61
C	%	0.5	0.4	0.3	20.04

*: واحد کلیه پارامترهای اندازه‌گیری شده در کمپوست (به جزءEC) بر حسب % می‌باشد

Unit of all parameters in compost (except EC)is%.

**: در کمپوست، میزان کل هر یک از عناصر اندازه‌گیری شد

In compost, the total amount of parameters was measured

جدول3- برخی از ویژگی‌های شیمیایی فاضلاب‌های خام و تصفیه‌شده مصرفی

Table 3- Some chemicals properties ofFresh waterraw and treated wastewater used

پارامتر Parameter	واحد* Unit	فاضلاب Wastewater		آب معمولی Fresh water
Ph	-	7.57	7.55	7.77
EC	dSm^{-1}	1.65	0.605	0.74
Na	mgl^{-1}	211	197.58	109.9
Ca	mgl^{-1}	60.65	52.19	24.6
Mg	mgl^{-1}	50.23	41.12	36.6
SAR	mgl^{-1}	4.82	4.94	3.28
$N\text{-}NO_3$	mgl^{-1}	20.22	27.23	0.08
$P\text{-}PO_4$	mgl^{-1}	1.98	1.70	0.09
K	mgl^{-1}	30.42	24.28	9

نتایج احمد آبادی و همکاران (4) نیز حاکی از اثر معنی‌دار کمپوست بر جرم مخصوص ظاهری و حقیقی خاک دارد. از لحاظ جرم مخصوص ظاهری، نتایج محققین اخیر، نیز با نتایج تحقیق حاضر مغایرت دارد. فتح‌العلومی و اصغری (20) با کاربرد مقادیر صفر، 30، 60، 120 و 180 تن در هکتار لجن فاضلاب گزارش نمودند که اثر لجن فاضلاب بر پارامترهای هدایت هیدرولیکی اشباع و تخلخل خاک معنی‌دار است.

هدایت هیدرولیکی اشباع خاک

باید در در نظر داشت که مقایسه میانگین سطوح یک فاکتور تنها در مواردی امکان‌پذیر است که بر هم‌کنش آن فاکتور با فاکتورهای دیگر معنی‌دار نباشد، زیرا در صورت معنی‌دار بودن برهم‌کنش دو فاکتور نتیجه بدست آمده از مقایسه میانگین سطوح هریک از آنها قابل اعتماد نخواهد بود. علت آن است که در صورت وجود برهم‌کنش، با تغییر سطوح یک فاکتور الگوی تغییرات صفت مورد مطالعه در سطح فاکتور دیگر تغییر می‌یابد (68). لذا با توجه به معنی-دار شدن اثرات متقابل نوع آب آبیاری و سطح کمپوست مصرفی بر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (جدول 4)، از لحاظ آماری، مقایسه میانگینی بین اثرات ساده فاکتورها از نظر میزان هدایت هیدرولیکی خاک انجام نگرفت و صرفاً مقایسه میانگین بین اثرات متقابل آنها انجام گرفت.

مقایسه میانگین اثرات متقابل نوع آب آبیای و سطح کمپوست مصرفی بر میزان هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در شکل (1) ارائه گردیده است. با توجه به این شکل ملاحظه می‌گردد که تمامی تیمارها میانگین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک را نسبت به تیمار شاهد (23/82 میلیمتر در ساعت)، به طور معنی‌داری ($p<0/05$) افزایش داده، اما بالاترین میانگین هدایت هیدرولیکی (35/61 میلیمتر در ساعت) در تیمار W1C4 مشاهده شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول4- نتایج تجزیه وارانس پارامترهای فیزیکی خاک

Table 4- Analysis of variance for physical parameters of soil

منبع پراکنش Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of square			
		هدایت هیدرولیکی Hydraulic Conductivity	جرم مخصوص ظاهری bulk density	جرم مخصوص حقیقی Particledensity	تخلخل Porosity
W	3	35.85^{**}	0.00^{*}	0.00^{**}	2.35^{**}
C	3	94.69^{**}	0.00^{ns}	$0/00^{**}$	3.4^{**}
W×C	9	4.27^{**}	0.00^{ns}	0.00^{ns}	0.02^{ns}
خطا	32	0.58	0	0	0

W: نوع آب آبیاری، C: سطح کمپوست، *: معنی‌دار در سطح 5 درصد، **: معنی‌دار در سطح یک درصد و ns: غیر معنی‌دار

W: Type of watering, C: Compost levels, *: Significant at P<0.05, **: Significant at P < 0.01 and ns: Insignificant

مقایسه جفتی بین تیمارهای مختلف نشان داد که اختلاف آماری معنی‌داری ($p<0/05$) بین میانگین هدایت هیدرولیکی اشباع در تیمارهایی که از فاضلاب خام، پساب تصفیه شده و ترکیب 50 درصد فاضلاب خام و آب معمولی به همراه سطوح 120، 80 و 40 تن در هکتار کمپوست استفاده شده است، وجود ندارد (شکل 1). همچنین ملاحظه می‌گردد که کلیه تیمارها، به جز تیمار شاهد، میزان هدایت هیدرولیکی اولیه (26/1 میلیمتر در ساعت) خاک را افزایش داده‌اند.

نتایج تحقیق حاضر با نتایج به دست آمده از تحقیقات برخی از محققین همخوانی دارد (2، 28 و 38). فاضلاب‌های شهری و خانگی به طور عمده حاوی مقادیر قابل توجهی از مواد آلی می‌باشند. به طور تقریبی حدود80 درصد مواد آلی فاضلاب‌های تازه نامحلول و به شکل معلق است. وجود مواد آلی در خاک موجب اصلاح ساختمان آن می‌گردد، بدین ترتیب که مواد آلی به صورت یک عامل اتصال، ذرات خاک را به یکدیگر پیوند داده، زمین را نرم و متخلخل نموده و برای کشاورزی مناسب می‌سازند (28 و 54). اما باید توجه نمود که افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع و نفوذ آب عمدتاً تحت تأثیر کشت گیاه قرار دارد. اما نتایج تحقیق حاضر با نتایج برخی از تحقیقات مغایرت دارد (1، 32 و 34). محققین مذکور دلیل اصلی کاهش هدایت هیدرولیکی را انسداد منافذ خاک به سبب مقدار بالای جامدات معلق موجود در پساب و همچنین کیفیت شیمیایی فاضلاب ذکر کرده‌اند.

در پژوهش حاضر علی‌رغم افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک که طی یک فصل کشت به دست آمده است، ادامه کاربرد و مصرف فاضلاب ممکن است باعث کاهش روند تغییر در این پارامترها گردد. این روند کاهشی در مورد فاضلاب خام (در مقایسه با فاضلاب تصفیه شده و یا ترکیب فاضلاب‌ها با آب معمولی) به علت تجزیه مواد آلی و کاهش پایداری خاک دانه‌ها می‌تواند بیشتر باشد. در آغاز فصل رشد، ریسه قارچ‌ها و دیگر ریزجانداران سریعاً رشد کرده و با ایجاد حفره‌هایی در سطح خاک، سرعت نفوذ نهایی خاک را نسبت به شرایط اولیه افزایش می‌دهند (26). مباگو (39) نشان داد که افزودن مواد آلی حاصل از آبیاری با فاضلاب به خاک لومی رسی شنی به طور معنی‌داری منافذ درشت و هدایت هیدرولیکی اشباع را افزایش داد. در حالی‌که کپلا و همکاران (16) در بررسی اثر کاربرد فاضلاب تصفیه شده بر رفتار خاک، مشاهده کردند که تشکیل یک لایه تخریبی در سطح خاک باعث کاهش هدایت هیدرولیکی خاک شده است. محققین اخیر پس از بررسی‌های میکرومورفولوژیکی، انسداد منافذ را ناشی از تجمع ذرات جامد معلق فاضلاب، رشد فعالیت‌های میکروبی بر دیواره‌های منافذ، انسداد منافذ به علت وجود مواد ژله‌ای غیر آلی که از تجزیه کلسیم و واکنش آن با سیلیکون موجود در فاضلاب حاصل شده بود، فرو پاشی منافذ درشت و رسوب کربنات کلسیم در pH زیاد دانستند.

استفاده مکرر از مواد زائد جامد شهری به سبب افزایش ماده آلی و افزایش در نسبت C/N خاک باعث بهبود خواص فیزیکی خاک می‌شود (67)؛ اما با کاهش نسبت کربن به نیتروژن در لجن فاضلاب، قدرت تجزیه‌کنندگی باکتری‌ها افزایش یافته و قارچ‌ها حذف می‌شوند. لذا با گذشت زمان (پس از افزودن لجن فاضلاب)، مقادیر این ویژگی‌ها کاهش پیدا خواهد کرد (9).

- جرم مخصوص ظاهری خاک

به سبب غیر معنی‌دار شدن اثر ساده میزان کمپوست مصرفی و همچنین غیر معنی‌دار شدن اثرات متقابل نوع آب آبیاری و میزان کمپوست مصرفی بر جرم مخصوص ظاهری خاک (جدول 4)، صرفاً مقایسه میانگین اثر ساده نوع آب آبیاری بر جرم مخصوص ظاهری خاک انجام گرفت.

میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک در اثر نوع آب آبیاری در

www.SID.ir

Archive of SID

شکل (1) ارائه گردیده است. با توجه به نتایج این شکل ملاحظه می-گردد که کاربرد فاضلاب (فاضلاب خام، تصفیه شده و ترکیب 50 درصد فاضلاب خام و آب معمولی) سبب کاهش معنی‌دار ($p<0/05$) جرم مخصوص ظاهری خاک نسبت به آب معمولی شده است. اما از لحاظ آماری ($p<0/05$)، اختلاف بین میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک در خاک‌های آبیاری شده با تیمارهای W1، W2 و W3 معنی-دار نمی‌باشد.

برخی از محققین کاهش مقادیر جرم مخصوص ظاهری را در اثر کاربرد فاضلاب ذکر کردند (8، 34 و 43). اما متان (38) و ملاحسینی (45)، گزارش نمودند که کاربرد فاضلاب، جرم مخصوص ظاهری خاک را افزایش می‌دهد،که با نتایج تحقیق حاضر مغایرت دارد. مجیری (44) و روحانی شهرکی و همکاران (56)، افزایش ماده آلی خاک در نتیجه کاربرد فاضلاب را از دلایل اصلی کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک گزارش نمود. اما نتایج تقوائیان و همکاران (61) حاکی از غیر معنی‌دار بودن اثر فاضلاب بر جرم مخصوص ظاهری خاک دارد.

در آزمایشی که زیتینوآران (69) در اسپانیا به منظور بررسی اثر کمپوست روی خواص فیزیکی خاک انجام دادند، مشخص شد که با اضافه کردن کمپوست به خاک، درصد تخلخل افزایش و جرم مخصوص ظاهری خاک نسبت به شاهد کاهش پیدا می‌کند. احمد آبادی و قاجار سپانلو (4) با کاربرد سطوح مختلف کمپوست زباله شهری، ورمی کمپوست و لجن فاضلاب در طی 3 سال متمادی گزارش نمودند که کاربرد این کودها باعث کاهش معنی‌دار جرم مخصوص ظاهری و حقیقی در مقایسه با تیمار شاهد گردید که در این رابطه تأثیر کمپوست و لجن فاضلاب نسبت به ورمی کمپوست بیش‌تر بوده است. در واقع کودهای کمپوست و لجن فاضلاب محتوی ماده آلی بوده که به کارگیری آنها درصد منافذ خاک را افزایش و موجب کاهش جرم مخصوص ظاهری آن می‌شوند (63). کلیک و همکاران (15) با به کارگیری کمپوست زباله شهری و کود دامی (به میزان 25 تن در هکتار) گزارش کردند که مقدار جرم مخصوص ظاهری به ترتیب 37 و 16 درصد نسبت به شاهد کاهش داشته است. ماریناری و همکاران (25) گزارش کردند که کاربرد 30 تن در هکتار کمپوست باعث کاهش بیش‌تر جرم مخصوص ظاهری نسبت به شاهد (فقط کود شیمیایی) شد. تأثیر کمپوست بر جرم مخصوص ظاهری خاک به دلیل کم بودن چگالی خود کمپوست و تأثیر آن بر افزایش اندازه و مقدار خلل و فرج خاک می‌باشد (17).

جرم مخصوص حقیقی خاک

با توجه به غیر معنی‌دار شدن اثرات متقابل نوع آب آبیاری و سطح کمپوست مصرفی بر جرم مخصوص حقیقی (جدول 4)، صرفاً مقایسه میانگینی بین اثر ساده فاکتورها از نظر میزان هدایت هیدرولیکی خاک انجام گرفت.

میانگین جرم مخصوص حقیقی خاک در اثر نوع آب آبیاری در شکل (2) ارائه گردیده است. با توجه به نتایج این شکل ملاحظه می-گردد که کاربرد فاضلاب (خام، تصفیه شده و ترکیب 50 درصد خام و آب معمولی) سبب کاهش معنی‌دار ($p<0/05$) جرم مخصوص حقیقی خاک نسبت به آبیاری با آب معمولی شده است. از لحاظ آماری، اختلاف بین میانگین جرم مخصوص حقیقی خاک در خاک‌های آبیاری شده با W1 و خاک‌های آبیاری شده با دیگر آب‌های آبیاری معنی‌دار ($p<0/05$) می‌باشد. اما از لحاظ آماری، اختلاف بین میانگین جرم مخصوص حقیقی خاک در خاک‌های آبیاری شده با W_2 و W_3 معنی‌دار نمی‌باشد. به نظر می‌رسد عدم اختلاف آماری بین W_2 و W_3 از نظر میانگین جرم مخصوص حقیقی خاک، مربوط به خصوصیات شیمیایی تقریباً مشابه W_2 و W_3 باشد.

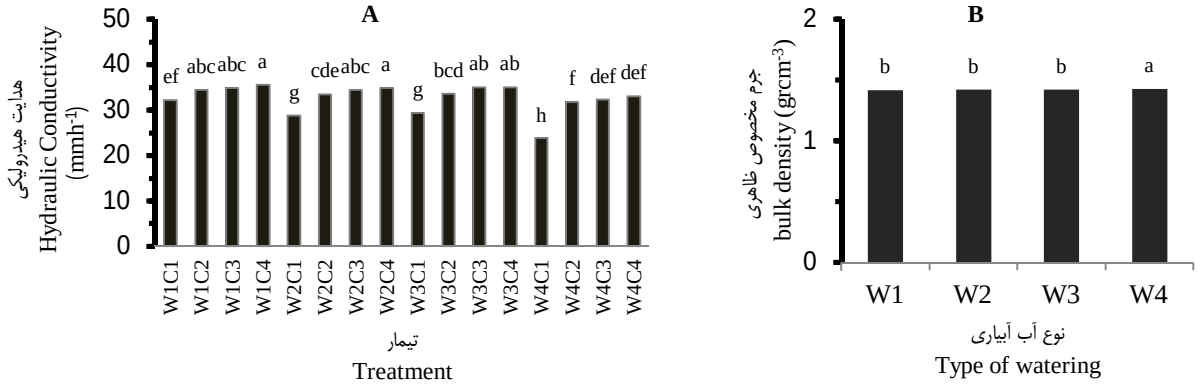
میانگین جرم مخصوص حقیقی خاک در اثر سطوح مختلف کود کمپوست در شکل (2) ارائه گردیده است. با توجه به نتایج این شکل ملاحظه می‌گردد که کاربرد کمپوست سبب کاهش معنی‌دار ($p<0/05$) میانگین جرم مخصوص حقیقی خاک نسبت به سطح شاهد (بدون کمپوست) شده است. از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ($p<0/05$) بین میانگین جرم مخصوص حقیقی خاک در تمامی سطوح کمپوست وجود دارد.

روحانی شهرکی و همکاران (56) با بررسی زمین‌های شمال اصفهان که بمدت 9 سال با پساب آبیاری شده بودند، گزارش نمودند که از لحاظ آماری هیچگونه اختلاف معنی‌داری بین خاک‌ها از نظر جرم مخصوص حقیقی وجود ندارد، اما جرم مخصوص ظاهری کاهش یافته است. تقوائیان و همکاران (61) نیز اثر فاضلاب بر جرم مخصوص ظاهری خاک را غیر معنی‌دار گزارش نمودند. در واقع جرم مخصوص حقیقی خاک تابع نوع ذرات و کانی‌های خاک است ولی در شرایط فراوانی ماده آلی این ویژگی می‌تواند تحت تأثیر قرار گرفته و کاهش یابد (5).

کلیک و همکاران (15) نیز در نتیجه آزمایش خود، گزارش کردند که با به کارگیری 10 تن در هکتار کمپوست، تغییری در میزان جرم مخصوص حقیقی نسبت به شاهد و کود شیمیایی ایجاد نشده است در صورتی‌که کاربرد 35 تن در هکتار آن باعث کاهش معنی‌دار در میزان جرم مخصوص حقیقی شده است. به طور مشابه نواس و همکاران (49) نیز اثر کاربرد 10 تن لجن فاضلاب در هکتار را بدون اختلاف معنی‌دار روی جرم مخصوص حقیقی گزارش کردند. همچنین ماریناری و همکاران (36) کاهش معنی‌دار جرم مخصوص حقیقی نسبت به شاهد را با کاربرد 10 ماهه 35 تن کمپوست در هکتار در یک خاک رسی شنی گزارش کردند که با این نتایج همخوانی دارد.

www.SID.ir

Archive of SID



W_i: نوع آب آبیاری، W_1: فاضلاب خام، W_2: فاضلاب تصفیه شده ، W_3: ترکیب50 درصد فاضلاب خام و آب معمولیو W_4: آب معمولی، Cj: سطح کمپوست، C_1: 0، C_2: 40، C_3: 80 و C_4: 120 تن در هکتار

W_i:Type of watering, W_1: Raw wastewater, W_2: Treated wastewater, W_3: (composition of 50% raw wastewater and 50% fresh water and W_4: Fresh water, Cj: compost levels, C_1: 0, C_2: 40, C_3: 80 and C_1: 120 tha^{-1}

شکل 1- اثراتمتقابل نوع آب آبیاری و کمپوست بر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (A)، اثر ساده نوع آب آبیاری بر میزان جرم مخصوص ظاهری خاک (B). در هر شکل،میانگین‌های که حروف مشترک دارند، دارای اختلاف معنی‌دار (P<0.05) نمی‌باشند

Figure 1- The interaction effects of type watering and compost level on hydraulic conductivity(A), simple effect of type wateringon bulk density (B).In each figure, means with same letter/sare not significantly different (P<0.05)

تخلخل خاک

به سبب غیر معنی‌دار شدن اثرات متقابل نوع آب آبیاری و میزان کمپوست مصرفی بر تخلخل خاک (جدول 4)، صرفاً مقایسه میانگینی بین اثرات ساده فاکتورها از نظر درصد تخلخل خاک انجام گرفت.

میانگین تخلخل خاک در اثر نوع آب آبیاری در شکل (2) ارائه گردیده است. با توجه به این شکل ملاحظه می‌گردد که کاربرد W_1، W_2 و W_3 به ترتیب 2/46، 1/37 و 1/54 درصد میزان تخلخل خاک را نسبت به شاهد (آبیاری با آب معمولی) افزایش داده است. مقایسه جفتی بین انواع آبیاری از نظر میانگین درصد تخلخل خاک نشان داد که تفاوت معنی‌داری ($p<0/05$)، بین فاضلاب خام و دیگر انواع آب آبیاری و همچنین بین آب معمولی و دیگر انواع آب آبیاری وجود دارد. اما اختلاف بین فاضلاب تصفیه شده و ترکیب 50 درصد فاضلاب خام و آب معمولی، از لحاظ آماری معنی‌دار ($p<0/05$)، نمی‌باشد. به نظر می‌رسد عدم اختلاف آماری بین W_2 و W_3 از نظر میانگین جرم مخصوص حقیقی خاک، مربوط به خصوصیات شیمیایی تقریباً مشابه W_2 و W_3 باشد.

میانگین تخلخل خاک در اثر سطوح مختلف کود کمپوست در شکل (2) ارائه گردیده است. با توجه به این شکل ملاحظه می‌گردد که کاربرد کمپوست سبب افزایش معنی‌دار ($p<0/05$) میانگین درصد تخلخل خاک نسبت به سطح شاهد شده است. به طوری که کاربرد کمپوست به میزان 40، 80 و 120 تن در هکتار به ترتیب 0/82، 2/04 و 2/76 درصد میزان درصد تخلخل خاک را نسبت به شاهد (بدون کمپوست) افزایش داده است. از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ($p<0/05$) بین میانگین تخلخل خاک در تمامی سطوح کمپوست (به جزء سطوح 80 و 120 تن در هکتار) وجود دارد.

موهاوش و همکاران (43) گزارش نمودند که کاربرد فاضلاب کارخانه زیتون، سبب افزایش تخلخل خاک شد. اما نتایج تقواییان و همکاران (61) و همچنین عابدی کوپایی و همکاران (1) با نتایج تحقیق حاضر مغایرت دارد. این محققان نشان دادند که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری بین تخلخل خاک در زمین‌های آبیاری شده با فاضلاب تصفیه‌شده و زمین‌های آبیاری شده با آب چاه وجود ندارد.

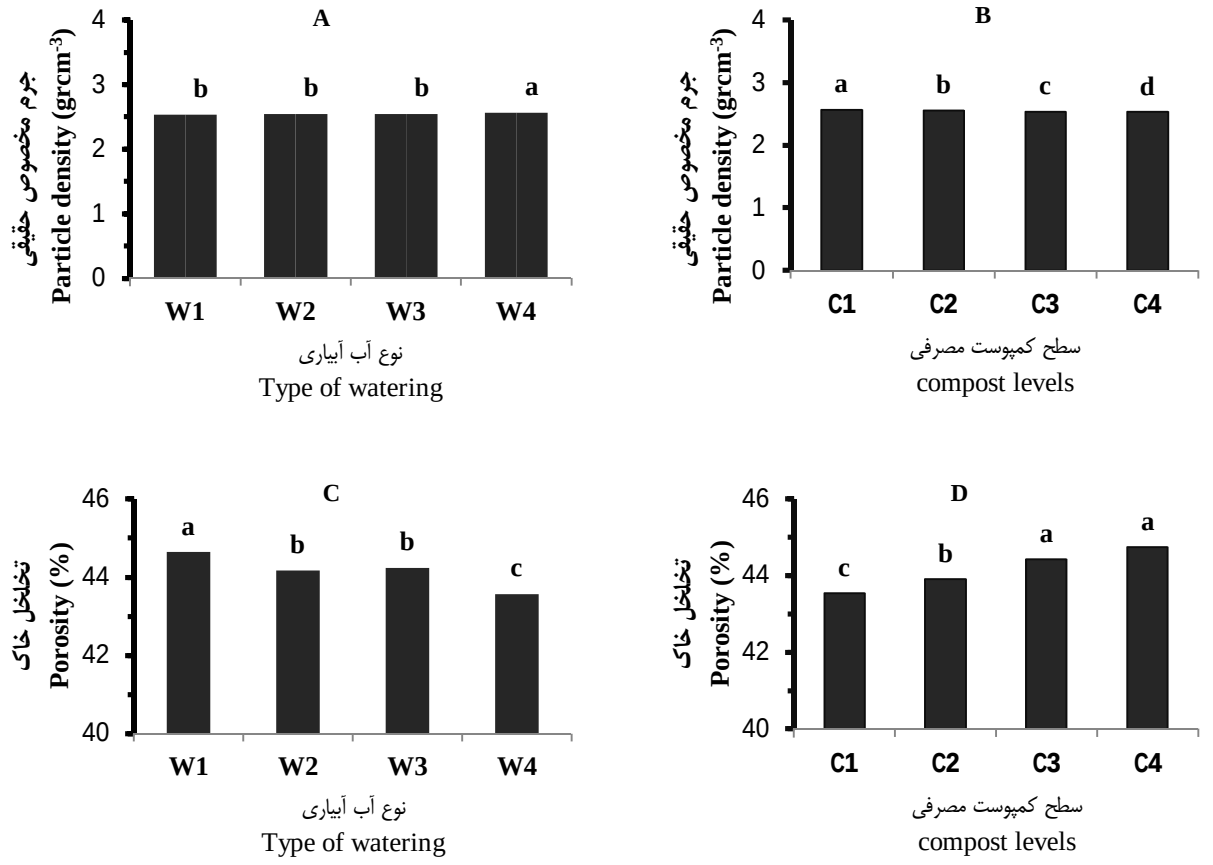
احمدآبادی و سپانلو (4) گزارش کردند که کاربرد 40 تن کمپوست و 40 تن لجن فاضلاب به ترتیب 32 و 30/81 درصد تخلخل را نسبت به شاهد افزایش داده است. ماسکیاندرو و همکاران (37) نیز با کاربرد 2، 4 و 8 درصد کمپوست بیشترین مقدار تخلخل را به تیمار کمپوست با درصد وزنی 8 گزارش کردند. کلیک و همکاران (18) با کاربرد کود کمپوست به میزان10 و 25 تن در هکتار،گزارش کردند که کاربرد کمپوست میزان تخلخل خاک را افزایش می‌دهد، به طوری‌که بیشترین افزایش درصد تخلخل کل مربوط به تیمار 25 تن در هکتار بوده و 24 درصد نسبت به شاهد تغییر داشته است.

تجادا و گونزالز (63) نیز افزایش 2 درصدی تخلخل کل را با به کارگیری 30 تن کمپوست در هکتار در یک خاک شنی گزارش کردند که با نتایج به دست آمده از این آزمایش مطابق تدارد. بویل و همکاران (14) همچنین در نتیجه پژوهش خود که در زمینه اثر لجن

www.SID.ir

Archive of SID

فاضلاب بر خواص فیزیکی خاک بود، افزایش معنی‌دار درصد خلـل و فرج را نسبت به شاهد در خاک های تیمار شده با لجن گزارش کردند. همچنین در پژوهشی دیگر، کاربرد لجن فاضلاب به میزان 40 تـن در هکتار، میزان خلل و فرج خاک را از 38 درصد به 50 درصـد افـزایش داد (49).



W_i: نوع آب آبیاری، W_1: فاضلاب خام، W_2: فاضلاب تصفیه شده ، W_3: ترکیب50 درصد فاضلاب خام و آب معمولیو W_4: آب معمولی، Cj: سطح کمپوست، C_1: 0، C_2: 40، C_3: 80 و C_4: 120 تن در هکتار

W_i:Type of watering, W_1: Raw wastewater, W_2: Treated wastewater, W_3: (composition of 50% raw wastewater and 50% fresh water and W_4: Fresh water, Cj: compost levels, C_1: 0, C_2: 40, C_3: 80 and C_1: 120 tha^{-1}

شکل 2- اثرات ساده نوع آب آبیاری بر جرم مخصوص حقیقی خاک (A)، اثرات ساده سطح کمپوست بر میزان جرم مخصوص حقیقی خاک (B)، اثرات ساده نوع آب آبیاری بر تخلخل کل خاک (C)، اثرات ساده سطح کمپوست بر تخلخل کل خاک (D). در هر شَکل، میانگین‌های که حروف مشترک دارند، دارای اختلاف معنی‌دار (P<0.05) نمی‌باشند

Figure 2- Simple effects of type watering on soil particle density (A), simple effects of compost levels on soilparticle density (B), simple effects of typewatering on soil porosity (C), simple effects of compost levels on soil porosity(D). In each figure, means with same letter/s are not significantly different (P<0.05)

به طور مشابه سرهات و باران (59) از آزمـایش خـود بـر خـواص فیزیکی خاک، نتیجه‌گیری کردند که با به کارگیری 25 تن کمپوسـت در هکتار، میزان تخلخل از 62/5 به 82/2 درصد افزایش پیـدا کـرده است. میرزایی و همکاران (40) نیز طی آزمایشی، با به کارگیری ورمی کمپوست در خاک، بیان کردند که این نوع کود باعث اسـفنجی شـدن خاک و افزایش درصد خلل و فرج و در نهایت کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک می‌شود.

اثر نوع آب آبیاری و سطح کمپوست بـر برخـی از خصوصـیات شیمایی خاک

تجزیه آماری حاصل از اثر نوع آب آبیاری و سـطح کمپوسـت بـر برخی از خصوصیات شیمایی خاک در جدول (5) ارائه گردیـده اسـت.

www.SID.ir

Archive of SID

بر اساس این جدول، اثر نوع آب آبیاری و سطوح کمپوست بـر میـزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک معنی‌دار ($p<0/01$) مـی‌باشـد. امـا اثـر متقابل فاضلاب و کمپوست بر کلیه پارامترهای شیمیایی اندازه‌گیـری شده اثر معنی‌داری نداشت.

جدول5- نتایج تجزیه واریانس حاصل از اندازه‌گیری پارامترهای شیمیایی خاک

Table 5- Analysis of variance for chemical parameters of soil

منبع پراکنش Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of square		
		نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium
W	3	0.00^{**}	153.12^{**}	61914.78^{**}
C	3	0.00^{**}	170.25^{**}	17920.38^{**}
W×C	9	0.00^{ns}	7.66^{ns}	538.50^{ns}
خطا	32	0	15.35	569.30

W: نوع آب آبیاری، C: سطح کمپوست، *: معنی‌دار در سطح 5 درصد، **: معنی‌دار در سطح یک درصد و ns: غیر معنی‌دار

W: Type of watering, C: Compost levels, *: Significant at P<0.05, **: Significant at P < 0.01 and ns: Insignificant

نتایج تحقیق حاضر، با نتایج برخی از محققین از نظـر تـاثیر مـاده آلی و همچنین اثر نوع آب آبیاری بر نیتروژن خاک (24 و 46)، فسـفر خاک (13 و 48) و پتاسیم (12 و 30) همخوانی دارد. اما با نتایج برخی از محققین از نظر تاثیر ماده آلی و همچنـین اثـر نـوع آب آبیـاری بـر نیتروژن (12 و 30)، فسفر (12 و 47) و پتاسیم (60) مغایرت دارد.

نیتروژن کل

با توجه به غیر معنی‌دار شـدن اثـرات متقابـل نـوع آب آبیـاری و سطح کمپوست مصرفی بر میزان نیتـروژن خـاک (جـدول 5)، صـرفاً مقایسه میانگینی بین اثرات ساده فاکتورها از نظر میزان نیتروژن خاک انجام گرفت.

اثر نوع آب آبیاری بر میانگین نیتروژن خـاک در شـکل (3) ارائـه گردیده است. با توجه به نتایج این شکل ملاحظه می‌گردد که ترتیـب آب‌های آبیاری از نظر تأثیر پذیری بر میانگین درصد نیتـروژن خـاک عبارت است از: $W_1>W_3>W_2>W_4$. مقایسه جفتی بین انواع آبیاری از نظر میانگین نیتروژن خاک بیانگر آن است که که صـرفاً، اخـتلاف آماری بین W_1 و دیگر آب‌های آبیاری معنی‌دار ($p<0/05$ می‌باشد.

میانگین نیتروژن خاک در اثر سطوح کمپوست در شکل (3) ارائـه گردیده است. با توجه به نتایج این شکل ملاحظه می‌گردد که کـاربرد کمپوست (به جزء سطح 40 تن در هکتار)، میانگین نیتروژن خـاک را نسبت به شاهد، به طور معنی‌داری ($p<0/05$) افـزایش داده اسـت. از لحاظ آماری اختلاف معنـی‌داری ($p<0/05$) بـین میـانگین نیتـروژن خاک در سطوح 80 و 120 تن در هکتار کمپوست مصرفی، وجود دارد.

براهیمی و همکاران (12) با کـاربرد کمپوسـت زبالـه شـهری بـه میزان0 ، 25، 50 و 100 تن در هکتار در مزرعه گندم، گزارش نمودند که کاربرد کمپوست، بر نیتروژن کل خاک غیر معنی‌دار می‌باشد. ایـن محققان آبشویی، تصعید، مصـرف توسـط گیـاه و محبـوس شـدن در سلول‌های میکروبی و یا در ساختار پیوندی کانی‌های رسی (تبدیل بـه فرم‌های غیر قابل دسترس) را از دلایـل کـاهش غلظـت نیتـروژن در خاک ذکر کردند (11). اما شفیع‌پور و همکاران (60) گـزارش نمودنـد که با کاربرد لجن فاضـلاب، نیتـروژن کـل خـاک از 0/12 درصـد در خاک شاهد به 0/3 درصد در خاک تیمار شده با 100 کیلوگرم لجن در هکتار افـزایش یافـت. گیوسـکو انـی و مارکوهـانی (24) و قیـامتی و همکاران (23) در تحقیقات خود نشان دادند که نیتروژن کل در خـاک غنی شده با کمپوست در مقایسه با شاهد افزایش یافت.

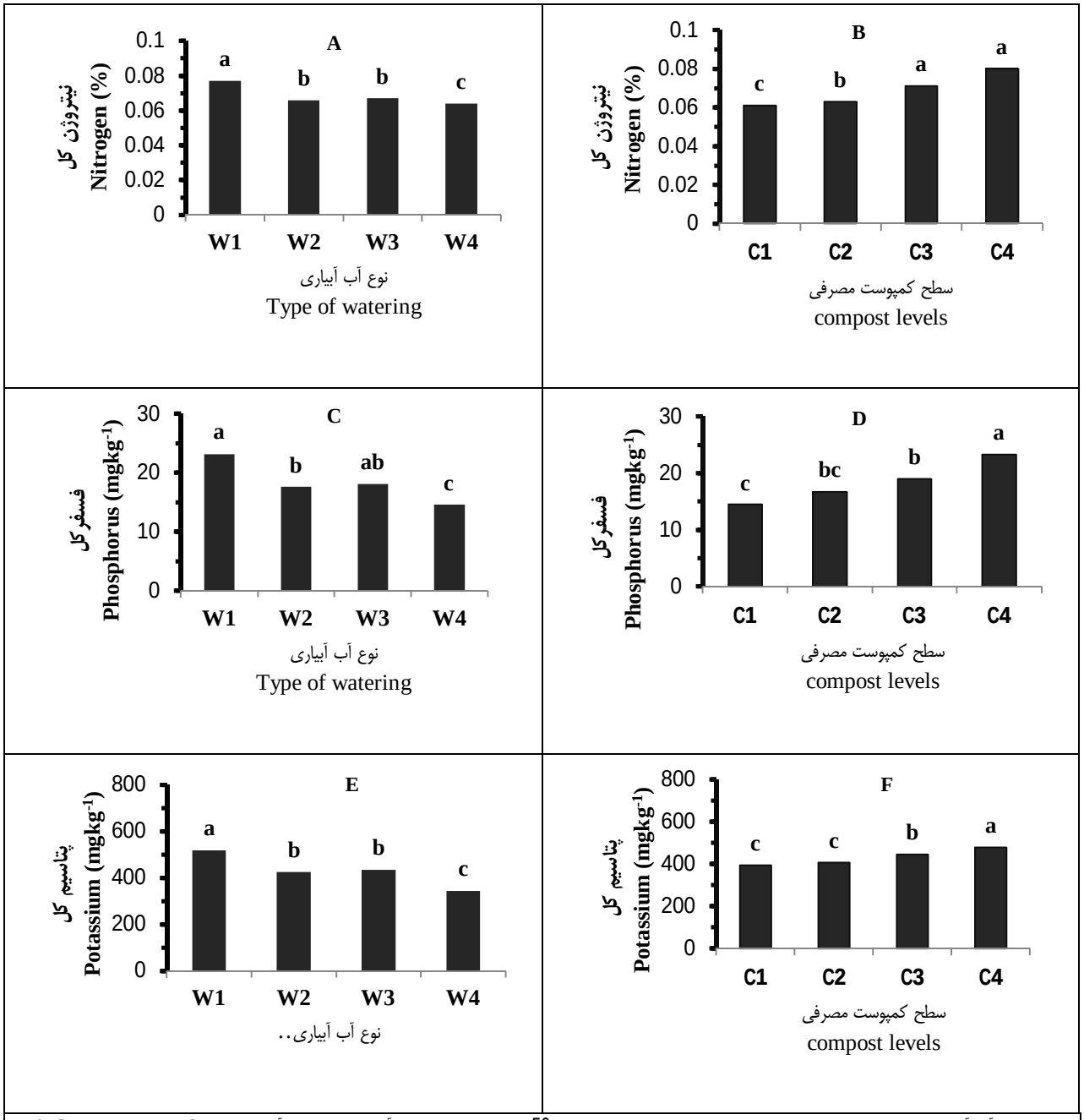
آقابراتی و همکاران (3) و مانیر و همکاران (48)، اظهار داشتند که کاربرد فاضلاب سبب افزایش معنی‌دار نیتروژن خـاک در مقایسـه بـا آبیاری با آب چاه شده است. این محققان افزایش در میـزان نیتـروژن خاک با کاربرد فاضلاب را به مقـدار بـالاتر ایـن عنصـر در فاضـلاب نسبت دادند. امـا حیـدرپور و همکـاران (30) گـزارش نمودنـد تفـاوت معنی‌داری در میزان نیتروژن خاک‌های آبیاری شده با فاضـلاب و آب چاه وجود ندارد.

فسفر قابل جذب

به سبب غیر معنی‌دار شدن اثرات متقابل نوع آب آبیاری و سـطح کمپوست مصرفی بر فسفر قابل جذب خاک (جدول 5)، صرفاً مقایسـه میانگینی بین اثرات ساده فاکتورها از نظر میـزان فسـفر خـاک انجـام گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID



W_i: نوع آب آبیاری، W_1: فاضلاب خام، W_2: فاضلاب تصفیه شده ، W_3: ترکیب50 درصد فاضلاب خام و آب معمولیو W_4: آب معمولی، Cj: سطح کمپوست، C_1: 0، C_2: 40، C_3: 80 و C_4: 120 تن در هکتار

W_i:Type of watering, W_1: Raw wastewater, W_2: Treated wastewater, W_3: (composition of 50% raw wastewater and 50% fresh water and W_4: Fresh water, Cj: compost levels, C_1: 0, C_2: 40, C_3: 80 and C_1: 120 tha^{-1}

شکل 3- اثرات ساده نوع آب آبیاری بر نیتروژن خاک (A)، اثرات ساده سطح کمپوست بر نیتروژن خاک (B)، اثرات ساده نوع آب آبیاری بر فسفر قابل جذب خاک (C)، اثرات ساده سطح کمپوست بر فسفر قابل جذب خاک (D)، اثرات ساده نوع آب آبیاری بر پتاسیم قابل جذب خاک (E)، اثرات ساده سطح کمپوست بر پتاسیم قابل جذب خاک (F). در هر شَکل، میانگین‌های که حروف مشترک دارند، دارای اختلاف معنی‌دار (P<0.05) نمی‌باشند

Figure 3- Simple effects of type watering on soil nitrogen (A), simple effects of compost levels on soil nitrogen (B), simple effects of type watering on soil phosphorus (C), simple effects of compost levels on soil phosphorus (D), simple effects of type watering on soil potassium (E), simple effects of compost levels on soil potassium (F), In each figure, means with same letter/s are not significantly different (P<0.05)

www.SID.ir

Archive of SID

میانگین میزان فسفر قابل جذب خاک در اثر نوع آب آبیاری در شکل (3) ارائه گردیده است. با توجه به نتایج این شکل ملاحظه می‌گردد که کاربرد فاضلاب (خام، تصفیه شده و ترکیب 50 درصد فاضلاب خام و آب معمولی) سبب افزایش معنی‌دار ($p<0/05$) میزان فسفر قابل جذب خاک، نسبت به آب معمولی شده است. مقایسه جفتی بین انواع آبیاری از نظر میانگین فسفر قابل جذب خاک نشان داد که اختلاف W_2 با W_3 غیر معنی‌دار، اما اختلاف W_1 با W_2 و همچنین با W_3 معنی‌دار ($p<0/05$) است.

همچنین اثر سطوح کمپوست بر میزان فسفر قابل جذب خاک در شکل (3) ارائه گردیده است. با توجه به نتایج این شکل ملاحظه می‌گردد که کاربرد کمپوست (به جزء سطح 40 تن در هکتار) میانگین فسفر قابل جذب خاک را نسبت به شاهد، به طور معنی‌داری ($p<0/05$) افزایش داده است. مقایسه جفتی بین سطوح کمپوست از نظر میانگین فسفر قابل جذب خاک نشان داد که اختلاف C_2 با C_3 غیر معنی‌دار، اما اختلاف C_4 با C_2 و همچنین با C_3 معنی‌دار ($p<0/05$) است.

براهیمی و همکاران (12) گزارش نمودند که میزان فسفر قابل جذب با کاربرد کمپوست زباله شهری به میزان 50 و100 تن در هکتار، نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشت. همچنین شفیع پور و همکاران (60) اظهار داشتند، میزان فسفر قابل جذب خاک، در تیمار 100 کیلوگرم در هکتار لجن فاضلاب، حدود دو برابر تیمار شاهد بوده است. اکثر تحقیقات نشان داده است، کمپوست از لحاظ عناصر غذایی و مخصوصاً فسفر غنی است و از این رو باعث افزایش فراهمی فسفر در خاک می‌شود (47 و 33، 23، 13).

مانیر و همکاران (48) گزارش نمودند، استفاده از فاضلاب در مقایسه با آب معمولی، میزان فسفر قابل جذب خاک را به طور معنی‌داری افزایش داد. همچنین در تحقیقات دیگر، آبیاری با فاضلاب، در مقایسه با آبیاری با آب چاه، سبب افزایش معنی‌دار میزان فسفر خاک شد (3 و 42).

اما حیدرپور و همکاران (30)، گزارش نمودند به رغم مقدار بیشتر فسفر در فاضلاب تصفیه‌شده نسبت به آب چاه، تفاوت معنی‌داری در میزان فسفر خاک‌های آبیاری شده با فاضلاب و آب چاه وجود ندارد.

پتاسیم قابل جذب

اثر نوع آب آبیاری بر میانگین پتاسیم خاک در شکل (3) ارائه گردیده است. با توجه به نتایج این شکل ملاحظه می‌گردد که ترتیب آب‌های آبیاری از نظر تاثیر پذیری بر میزان پتاسیم خاک عبارت است از: $W_1>W_3>W_2>W_4$. از لحاظ آماری، اختلاف بین میانگین پتاسیم خاک، در تمامی آب‌ها (به جز W_2 و W_3) معنی‌دار ($p<0/05$) می‌باشد.

همچنین اثر سطوح کمپوست بر میانگین پتاسیم خاک در شکل (2) ارائه گردیده است. با توجه به نتایج این شکل ملاحظه می‌گردد که کاربرد کمپوست (به جزء سطح 40 تن در هکتار) میانگین پتاسیم خاک را نسبت به شاهد، به طور معنی‌داری ($p<0/05$) افزایش داده است. از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ($p<0/05$) بین میانگین پتاسیم خاک در تمامی سطوح کمپوست مصرفی، وجود دارد.

غلظت پتاسیم قابل جذب خاک با کاربرد 25، 50 و 100 تن در هکتار کود کمپوست زباله شهری، نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد (12). اما شفیع پور و همکاران (60) گزارش نمودند که تغییرات غلظت پتاسیم در خاک‌های تیمار شده با لجن فاضلاب نسبت به شاهد، روند کاهشی داشت. این محققان پایین بودن میزان نسبی کلوئیدهای فعال در جذب کاتیون‌ها و شسته شدن پتاسی متوسط آب آبیاری را دلیل این کاهش ذکر کردند. در سایر تحقیقات نیز به افزایش مواد مغذی پرمصرف مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم در خاک در اثر کاربرد لجن، کمپوست و فاضلاب اشاره شده است (3، 10، 30، 32، 48 و 51).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، اثر فاضلاب و کود کمپوست بر برخی از خصوصیات فیزیکی خاک (هدایت هیدرولیکی، جرم مخصوص ظاهری، جرم مخصوص حقیقی و تخلخل کل) و همچنین برخی از خصوصیات شیمایی خاک (درصد نیتروژن، فسفر قایل جذب و پتاسیم) بررسی شد. نتایج نشان داد که کاربرد فاضلاب و کمپوست، به دلیل مقدار ماده آلی آنها، روی وضعیت فیزیکی خاک اثر مثبت داشته و با بهبود توزیع اندازه منافذ خاک، باعث کاهش جرم مخصوص حقیقی و ظاهری و افزایش میزان تخلخل و هدایت هیدرولیکی خاک می‌شود که تأثیر فاضلاب و کمپوست در جهت بهبود خصوصیات فیزیکی متناسب با سطح اختلاط فاضلاب وکمپوست با خاک بود. همچنین کاربرد فاضلاب (خام، تصفیه شده و ترکیب 50 درصد فاضلاب خام و آب معمولی) و کمپوست (40، 80 و 120 تن در هکتار) در مقایسه با شاهد (آب معمولی و خاک بدون کمپوست)، میزان نیتروژن کل، فسفر قابل جذب و پتاسیم خاک را افزایش می‌دهد. لذا به دلیل خطراتی همچنین شور شدن اراضی و آبشویی نیتروژن، پیشنهاد می‌گردد، استفاده از فاضلاب و کمپوست در درازمدت، با مدیریت صحیح صورت گیرد. زیرا ممکن است پیامدهای ناگواری مانند آلودگی خاک و حتی منابع آب (بویژه منابع آب زیرزمینی) را به دنبال داشته باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1- Abedi-Koupai J., MostafazadehFard B., Afyuni M., and Bagheri M.R. 2006. Effect of treated waste water on soil chemical and physical properties in an arid region. Journal of Plant, Soil andEnvironment, 52:335-344.

2- Agglides S.M., and Londera P.A. 2000. Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on thephysical properties of a loamy and clay soils. Journal of Bioresource Technology, 71:253-259.

3- Aghabarati A., Hosseini S.M., Esmaili A., and Maralian, H. 2009. The Effect of Irrigation with Municipal Effluent on Physico-chemical Characteristics of Soil, Accumulation of Nutrient and Cd in Olive Trees (*Olea europaea L.*). Journal of environmental sciences, 6(3):1-10. (In Persian with English abstract).

4- Ahmadabadi Z., and Qajar- sapanloo M. 2012. Effect of organic fertilizers on soil physical properties. Journal of Soil and Water Conservation, 19(2):99-115.

5- Alizadeh A. 2004. Soil physic. Imam Reza University Press. P.25-26.

6- Alizadeh A. 2006. Soil, Water and Plant Relationship. Astan Quds Razavi. Six Edition. (In Persian).

7- APHA, 1995. Standard methods for examination of water andwastewater. APHA (American Public Health Association), WWA(American Water Works Association), WPCF (Water Pollution ControlFederation), Washington D.C., USA.

8- Ashtiani S., Parsynzha M., and Abbasi F. 2010. Effects of urban wastewater in irrigated sorghum and some physical properties of soil. Journal of Soil Science, 25(3):243-253.

9- Bahremand M.R., Afyuni M., Hajabbassi, M.A., and Rezaeinejad Y. 2003. Effect of sewage sludge on soil physical properties. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 6(4): 1-9.

10- Bazargan K., Malakouti J., and Shahbi A.A. 2005. Potassium in Iranian agriculture, Soil and Water ResearchInstitute, Tehran. (In Persian).

11- Beauchamp E.G. 1987. Corn response to residual N from urea and manure applied in previous year. Journal of soil science, 67:931-942.

12- Berahimi N., Afiuni M., Karami M., and Rezainejad Y. 2009. Effects of organic fertilizers on Cumulative and residual nitrogen, phosphorus and potassium in soil and wheat. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 12(46):803-812.

13- Boguslawaki E. 1995 .The effect of mineral fertilizer with different of organic fertilizer .Journal of Agronomy andCrop Science, 174:41-51.

14- Boyle M., Frankenbeger W.T., and Stolzy L.H. 1989. The influence of organicmatter on soil aggreagation and water infiltration. Journal of Production Agriculture, 2: 290-299.

15- Celik I., Ortas I., and Kilic S. 2004. Effects of compost,mycorrhiza, manure and fertilizer on some physicalproperties of a Chromoxerert soil. Journal of Soil and Tillage Research,74: 59-67.

16- Coppola A., Santini A., Botti P., Vacca S., Comena V., and Severino G. 2004. Methodologicalapproach for evaluating the response of soil hydrological behavior to irrigation with treatedmunicipal wastewater. Journal of Hydrology, 292:114-134.

17- Dick W.A., and McCoy E.L. 1993. Enhancing soil fertility by addition of compost. P622-644. In: H.A. J. Hoitink, and H.M. Keener (eds.) Science and engineering ofcomposting. Vol. 1, Wooster, Ohio.

18- Eriksen G., Coale F., and Bollero G. 1999. Soil nitrogen dynamics and maize production in municipal solid waste amended soil. Journal of Agronomy, 91:1009-1016.

19- FAI, 2007. The Fertiliser (Control) Order 1985. The Fertiliser Association of India, 10, Shaheed Jit Singh Marg, New Delhi, India.

20- Fathololomi S., and Asghari S.H. 2014. Effects of Ardabil Municipal Sewage Sludge on Some Physical and Hydraulic Properties of a Coarse-Textured Soil under Wheat Cultivation. Journal of Soil and Water, 24(4):169-183. (In Persian with English abstract).

21- Fernández-Gálvez J., Gálvez A., Pe˜na A., and Mingorance M.D. 2012. Soil hydrophysical properties resulting from the interaction between organicamendments and water quality in soils from Southeastern Spain: A laboratoryexperiment. Journal of Agricultural Water Management, 104:104-112.

22- Ghassemi S.A., Danesh Sh., Alizadeh A. 2011. Assessment of the Municipal Wastewater Treatment Plants' Effluents Based on Water and Fertilizer Values. Journal of Water and Soil, 25(5): 1172-1183.(In Persian with English abstract).

23- Ghiamati G., Astaraei A., and Zamani G. 2010. Effect of urban solid waste compost and sulfur on sugar beet yield and soil chemical of properties. Journal of Crop Research, 7(1):153-162.(In Persian with English abstract).

24- Giusquiani P.L, Marucchini C., and Businelli M. 1988. Chemical properties of soils amended with compost ofurban waste. Journal of Plant and Soil, 109:73-78.

25- Gonçales R.A.B., Folegatti M.V., Thomas V.G., Libardi P.L., B, Montes C.R., Lucas Y., Dias C.T.S., and Mefli

www.SID.ir

Archive of SID

A.J. 2007. Hydraulic conductivity of a soil irrigated with treated sewage effluent. Journal of Geoderma, 139:241-248.

26- Gupta S.C., Dowday R.H., and Larson W.E. 1977. Hydraulic and thermal properties of sandy soilinfluenced by incorporation of sewage sludge. Journal of Soil Science Society of American, 41:601-605.

27- Hanifehlou A., and Moazed H., Effect of Ahwaz treated municipal wastewater application on hydraulic charactertics of soil. Journal of agricultural engineering research, 8(2):47-62.(In Persian with English abstract).

28- Hassanoghli A., and Liaghat A. 2009. Electrical conductivity changes in drainage water samples extracted from different depths of soil via irrigation by raw and treated domestic wastewater of Ekbatan complex. Iranian Journal of lrrigation and drainage, 2(3):1-12.(In Persian with English abstract).

29- Hassanoghli A., Liaghat A., and Mirabzadeh M. 2006. Investigation of Soil Saturated Hydraulic Conductivity Changes via Irrigation by Raw and Treated Domestic Wastewaters. Journal of agricultural sciences, 11(4):99-109

30- Heidarpour M., Mostafazadeh-Fard B., Abedi Koupai J., and Malekian R. 2007. The effects of treated wastewater on soil chemical propertiesusing subsurface and surface irrigation methods. Journal ofagricultural water management 90:87-94.

31- Jacob H., and Clarke G. 2002. Methods of Soil Analysis, Part 4, Physical Method. Soil Science Society of America Inc., Madison, Wisconsin, USA.

32- Karimzadeh M., Alizadeh A., and Mohammady Arya M. 2012. Effect of Irrigation with Waste Water on Soil Saturated Hydraulic Conductivity. Journal of water and soil, 26(6):1547-1553.(In Persian with English abstract).

33- Khoshgoftarmanesh A.H., and Kalbasi M. 2000. Effect of municipal waste leachate on soil properties and growthand yield of rice. Journal of Communication in Soil Science and plant Analysis, 33:2011-2020.

34- Magesan GN. 2001. Changes in soil physical properties after irrigation of two forested soils with municipal wastewater. New Zealand forest Research Institute. Nomber2767.

35- Mahida U.N. 1981. Water Pollution and Disposal of Wastewater on land. Tata McGrow Hill Publ. Co. Ltd., New Delhi.

36- Marinari S., Masciandaro G., Ceccanti B., and Grego S. 2000. Influence of organicand mineral fertilisers on soil biological and physical properties. Journal of BioresourceTechnology, 72:9-17.

37- Masciandaro G., Ceccanti B., and Garcia C. 1997. Soil agro-ecologicalmanagement: fertirrigation and vermicompost treatments. Journal of Bioresource Technology,59:199-162.

38- Mathan K.K. 1994. Studies of the influence of long-term municipal sewage-effluentirrigation on soil physical properties. Journal of Bioresource Technology, 48(3):275-276.

39- Mbagwu JSC. 1992. Improving the productivity of a degraded Ultisol in Nigeria using organic andinorganic amendments. Part2. Changes in physical properties. Journal of Bioresource Technology, 42:167-175.

40- Mirzaei R., Kambozia J., Sabahi H., and Mahdavi A. 2009. Effect of different organic fertilizers on soil physicochemical properties, production and biomass yield of tomato (*Lycopersicon esculentum L.*). Journal of Soil Crop Research, 7(1):259-270.

41- Mkhabela M.S., and Warman P.R. 2005. The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus availability and uptake by two vegetable crops grown in a Pugwash sandy loam soil in Nova Scotia. Journal of Agriculture Wcosystems and Environment, 106:57-67.

42- Mohammad M.J., and Mazahreh N. 2003. Changes insoil fertility parameters in response to irrigation offorage crops with secondary treated wastewater.Journal of Communications in Soil Science Plant Analysis, 34(9):1281-1294.

43- Mohawesh O., Mahmoud M., Janssen M., and Lennartz B. 2014.Effect of irrigation with olive mill wastewater on soil hydraulicand solute transport properties. Journal of Environmental Science and Technology, 11:927-934.

44- Mojiri A. 2011. Effects of Municipal Wastewater on Physical and Chemical Properties of Saline Soil. Journal of Environmental BiologyScience, 5(14):71-76.

45- Mollahoseini H. 2013. Long term effects of municipal wastewater irrigation on some propertiesof a semiarid region soil of Iran. Journal of Agronomy and Plant Production. 4 (5):1023-1028.

46- Monnett G.T., Reneau R.B., and Hagedorn C.1996. Evaluation of spray irrigation for on-site wastewatertreatment and disposal on marginal soils,Journal of Water Environmental Research, 68(1):11-18.

47- Moreno J.L., Garcia C., Hernandez T., and Pascal J.A. 1996. Transference of heavy metals from a calcareous soilamended with sewage sludge compost to barley plants. Journal of Bioresource Technology, 55:251-258.

48- Munir J., Rusan M., Hinnawi S., and Rousan L. 2007. Long term effect of wastewater irrigation of forage crops on soil and plant quality parameters. Journal ofDesalination, 215:143-152.

49- Navas A., Bermudez F., and Machin J. 1998. Influence of sewage sludgeapplication on physical andchemical properties of Gypsisols. Journal of Geoderma,87:123-135.

50- Nazmi L., Shabanpoor M., and Hashemi Majd K. 2011. The effect of type and amount of organic waste compost on the soil physical properties. Journal of Soil Research (Soil and Water Sciences), 25(2):93-102.

51- Nyamangara J., and Mzezewa J. 2000. Effect of longterm application of sewage sludge to a grasspasture on organic

www.SID.ir

Archive of SID

carbon and nutrients of a claysoil in Zimbabwe, Journal of Nutrients Cycling in Agroecosystem. 59: 13-18.
52- Olsen S.R., and Sommers L.E. 1982. Phosphorus. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Monograph No. 9, ASA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA, pp. 403-430.
53- Page A.L., Miller R.H., and Keeney D.R. 1982. Method of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiologicalproperties(2nd edition). America Society of Agronomy Soil Science of America Publisher. Madison.Wisconis.USA.
54- Parsafar N., Marofi S., Mosaddeghi M.R., Rahimi G., and Farhangi M.B. 2011. Variation of Soil Hydraulic Parameters and Unsaturated Water Infiltration Due to Wastewater Application under Potato Plantation in Lysimeters. Journal of soil and water sciences, 21(2):159-173.(In Persian with English abstract).
55- Pauwels J.M., Van R.E., Verloo M., and Mvondo Z. 1992. Methods of analyses of grounds and plants, equipment, stock management of glassmaking and chemicals. Publication Agricultural, 28 P.
56- Rohani Shahraki F., Mahdavi R., and Rezaee M. 2009.Effect of irrigation with wastewater on certain soil physical and chemical properties. Journal of water and wastewater, 53:23-29.(In Persian with English abstract).
57- Rowell D.L. 1994. Soil Science: Methods and Applications. Longman Group, Harlow, p. 350.
58- Scora R.W., and Chang, A.C. 1997. Heavy metals and seedgermination in some medicinal and aromatic plants. Journal of Environmental Quality, 26:975-79.
59- Serhat Z., and Baran B. 2003. Influences of composted hazelnut husk on somePhysical Properties of Soils. Journal of Bioresource Technology, 88:241-244.
60- Shafieepour SH., Ayati B., and Ganjidoust H. 2010. Reuse of Sewage Sludge for Agricultural Soil Improvement (Case Study: Kish Island). Journal of Water and wastewater, 2: 85-93.(In Persian with English abstract).
61- Taqvayyan S., Alizadeh A., and Danesh, S.H. 2006. Effect of sewage on physical properties and chemical characteristics of soil. Journal of Irrigation and Drainage, 1 (1): 49-59.
62- Tavassoli A., Ghanbari A., and Heydari M. 2010. Effect of Treated Wastewater Combined with Various Amounts of Manure and Chemical Fertilizers on Nutrient Content and Yield in Corn. Journal of Water and Wastewater, 3:37-44.(In Persian with English abstract).
63- Tejada M., and Gonzalez J.L. 2007. Influence of organic amendments on soil structure andsoil loss under simulated rain. Journal of Soil and Tillage Research, 93:197–205.
64- Viviani G., and Iovino M. 2004. Reuse Effects on Soil Hydraulic Conductivity. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 130:476–484.
65- Vogeler I. 2009. Effect of Long-term Wastewater Applicationon Physical Soil Properties. Journal of Water Air Soil Pollut, 196:385-392.
66- Walker D.J., and Bernal M.P. 2004. Plant mineral nutrition and growth in a saline Mediterranean soil amended with organic wastes. Journal of Communications in Soil Science Plant Analysis, 35:2495-2514.
67- Wolkowski R., 2003. Nitrogen management considerations for landspreading municipal solid waste compost. Journal of Environ Quality Management, 32:1844-1850.
68- Zamani P. 2011. Statical design in animal sciences. Bu-Ali Sina University, pp 274-277.
69- Zeytin S., and Aran A. 2003. Influence of composted Hazelnut hask on somephysical properties of soils. Journal of Bioresource Technology, 88:241-245.
70- Zheljazkov V.D., and Nielsen N. 1996. Effect of heavy metals on peppermint and cornmint. Journal of Acta Horticulturae, 426:309-28.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 6, Jan.-Feb. 2016, p. 1612-1628

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 29، شماره 6، بهمن – اسفند 1394، ص. 1628-1612

Studyof Wastewater and Compost Effects on Some of Soil Physical and Chemical Characteristics

M. Shakarami[1]- S. Marofi[2*]-Gh. Rahimi[3]

Received: 22-07-2014
Accepted: 11-05-2015

Introduction: Arid and semi-arid areas are confronting increasing water shortages. In these regions of the world, planners are being forced to consider other water sources that could be used economically and effectively to promote further development. Wastewater is the only potential water source, which will increase as the population grows and the demand on freshwater increases. Composting municipal solid wastes (MSW) and sewage sludge is a good way to reduce the amount of wastes generated in densely populated areas. Municipal solid waste production in Asia in 1998 was 0.76 million tons per day, with an annual growth rate of 2- 3% in developing countries and 3.2- 4.5% in developed countries. (MSW) compost is increasingly used in agriculture not only as a soil conditioner but also as a fertilizer. Despite the growing interest in wastewater and compost usage, excessive application of them may have some harmful effects such as human health problems, runoff and leaching of nutrients to surface and groundwater, undesirable chemical constituents, pathogens, accumulations of heavy metals in plants and soils, negative environmental and health impacts. So, using of wastewater and compost application should be under controlled conditions that minimize health risks of agricultural products.

Materials and Methods: This study was conducted in greenhouse of Bu-Ali Sina as a factorial completely randomized design to evaluate the effects of wastewater and compost on physical and chemical properties of soil. The factors included four types of watering: raw wastewater (W_1), treated wastewater (W_2) combined 50% of raw wastewater and fresh water (W_3) and tap water (W_4) and also four compost levels: 0 (C_1), 40 (C_2), 80 (C_3) and 120 tha^{-1} (C_4). Therefore, 16 treatments (W_1C_1 to W_4C_4) were considered for investigation. It is noted that Compost added and mixed just with top layer of the soil. 48 volumetric lysimeters were applied as Cultivation beds (26 × 30 × 30 cm). The soil had three layers: the upper layer (Clay texture), the middle layer (clay loam) and the bottom layer (sandy clay loam). After beds preparation, basil (*Ocimum Basilicum*) was planted in them. Due to the lack of an active wastewater treatment plant in the region, raw and treated wastewaters were transported from Kermanshah, the nearest city to Hamedan. Also, municipal compost was prepared from Kermanshah Compost Company.At the end of cultivation period, the soil samples (from 0-15 cm) were collected and the amount of physical (hydraulic conductivity, bulk and particle density and porosity)and chemical (nitrogen, phosphorus and potassium) properties were measured.

Results and Discussion: The results showed that the water quality has a significant effect on all parameters and the amount of compost has significant effect on all parameters except bulk density. But, the amount of all parameters (except hydraulic conductivity) was not influenced by interaction between water quality and compost levels. In all treatments, the range of hydraulic conductivity, bulk density, particle density and total porosity were varied between 23.82 to 35.61 mmh^{-1}, 1.41 to 1.43 $grcm^{-3}$, 2.51 to 2.57 $grcm^{-3}$ and 42.88 to 45.19 %, respectively. Also the range of nitrogen, phosphorus, and potassium were varied between 0.06 to0.08 %, 14.64 to232.28$mgkg^{-1}$,and 393.22 to519.84$mgkg^{-1}$,respectively.Overall, the results indicated that using compost and wastewater increased hydraulic conductivity, porosity, nitrogen, phosphorus, and potassium of the soil in comparison to the control. Whereasbulk and particle density of soil decresed by using compost and wastewater (as a mixed material).

Conclusion: In this study, we investigated the effect of wastewater and compost on some of soil physical properties (hydraulic conductivity, bulk density, particle density and total porosity) and also some of chemical properties of soil nitrogen, phosphorus and potassium).The results showed that the use of wastewater and compost on soil physical condition has a positive effect.Wastewater and compost by improving the soil pore size distribution, decreased the bulk and particle density and increased porosity and hydraulic conductivity of the soil.

1 and 2- Ph.D Student and Professor of Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Bu-Ali Sina Hamadan, Hamadan, Iran, Respectively
(* Corresponding Author Email: Smarofi@yahoo.com)
3-Assistant Professor of Department of Soil Science, Faculty of Agriculture,University of Bu-Ali Sina Hamadan, Hamadan, Iran

www.SID.ir

Archive of SID

The impact of wastewater and compost to improve the physical properties, commensurate with the level of wastewater treatment and composting rate in the soil. Also using the wastewater (raw wastewater, treated wastewater and combined 50% of raw wastewater and fresh water) and compost (40, 80 and 120 tha-1), compared to the control (fresh water and soil without compost), increased total of nitrogen, phosphorus and potassium of soil. But, due to the risks of soil salinity and nitrogen leaching, it is suggested that longterm exposure to wastewater and compost needs a careful practical management.

Keywords: Contaminated Water, Hydraulic Conductivity, Lysimeter, Soil Propertis, Wastes

www.SID.ir