

اثر شیرابه کمپوست زباله شهری بر ویژگی‌های فیزیکی، هیدرولیکی، رطوبتی خاک و عملکرد گیاه ذرت

بامداد ترابی فارسانی* و مجید افیونی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۸/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۴)

چکیده

شیرابه کمپوست حاصل از تجزیه فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک مواد آلی است که در تبدیل زباله‌های شهری به کود کمپوست تولید می‌شود. هدف اصلی پژوهش، بررسی اثر شیرابه بر ویژگی‌های فیزیکی، هیدرولیکی و منحنی مشخصه رطوبتی خاک است. همچنین تأثیر شیرابه بر وزن تر اندام هوایی ذرت بررسی شد. شیرابه در سطوح صفر، ۱/۲۵ و ۲/۵ درصد جرمی به خاک‌هایی با بافت لوم رسی و لوم رسی شنی اضافه شد. رسم منحنی مشخصه رطوبتی و تخمین پارامترهای مدل ونگنوختن و بروکس و کوری توسط نرم‌افزار RETC انجام شد. شیرابه در خاک لوم رسی چگالی ظاهری را افزایش و آب قابل دسترس را کاهش داد. تنها سطح ۱/۲۵ درصد شیرابه در خاک لوم رسی شنی آب قابل دسترس را افزایش داد. دو سطح شیرابه، چگالی ظاهری خاک لوم رسی شنی را کاهش دادند. شیرابه هدایت هیدرولیکی اشباع خاک لوم رسی را کاهش و خاک لوم رسی شنی را افزایش داد. شیرابه در خاک لوم رسی شنی در افزایش وزن تر اندام هوایی ذرت موفق تر بود. بنابراین شیرابه در خاک لوم رسی شنی نسبت به لوم رسی مفیدتر بود و در این خاک تیمار ۱/۲۵ درصد بهتر بود. شیرابه آب‌گریزی دو خاک را افزایش داد. شیرابه در دو خاک سبب شد؛ پارامترهای مدل ونگنوختن و بروکس و کوری نسبت به شاهد افزایش پیدا کنند.

واژه‌های کلیدی: شیرابه کمپوست، منحنی مشخصه رطوبتی، چگالی ظاهری، آب قابل دسترس، هدایت هیدرولیکی اشباع

۱. گروه علوم خاک، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: bamdadmehr2012@yahoo.com

مقدمه

رشد شهرنشینی و پیشرفت صنعت باعث شده که نرخ تولید مواد زائد جامد شهری و صنعتی به سرعت زیاد شود. افزایش تولید زباله، منجر به ایجاد مقادیر قابل توجهی شیرابه شده است (۲۴). شدت آلودگی زیست‌محیطی حاصل از این مواد و شیرابه آن به گونه‌ای است که توجه منابع علمی و اجرایی جهان را جلب کرده است (۱۶). تبدیل پسماندهای آلی خانگی به کود کمپوست یکی از راه‌های مقابله با ازدیاد پسماندهای شهری است.

شیرابه کمپوست مایع حاصل از تجزیه فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک مواد آلی است که در فرایند تبدیل زباله‌های شهری به کود کمپوست تولید می‌شود. میرزایی و همکاران (۲۳) بیان کردند که افزودن شیرابه کمپوست به خاک باعث کاهش سرعت نفوذ در خاک لوم رسی شده است که می‌تواند به خاطر میزان زیاد مواد معلق موجود در شیرابه کمپوست باشد.

زوپانک و جاستین (۳۵) در پژوهشی، تأثیر شیرابه لندفیل و شیرابه کمپوست را بر ویژگی‌های خاک بررسی کردند. ایشان نشان دادند که شیرابه لندفیل به‌طور معنی‌داری ظرفیت آب قابل دسترس خاک لوم را بیشتر از ۵۲ درصد افزایش می‌دهد. آنها دلیل این یافته را کاتیون‌هایی از جمله کلسیم و منیزیم موجود در شیرابه لندفیل می‌دانند که سبب فولکوله شدن ذرات خاک و افزایش ظرفیت آب خاک شده‌اند. درحالی که شیرابه کمپوست ظرفیت آب قابل دسترس را ۲۵ تا ۴۷ درصد کاهش می‌دهد که می‌تواند به دلیل املاح بیشتر موجود در این ماده باشد. این دو پژوهشگر با اندازه‌گیری آب‌گریزی خاک به‌روش زمان نفوذ قطره آب بیان کردند که شیرابه‌های لندفیل و کمپوست هر دو سبب افزایش زمان نفوذ قطره آب و در نتیجه افزایش آب‌گریزی خاک می‌شوند، در این میان شیرابه کمپوست آب‌گریزی خاک را بیشتر افزایش داده است. آنها دلیل این امر را مواد آب‌گریز موجود در شیرابه‌ها از جمله مواد آلی دانسته‌اند که با تجمع در منافذ خاک سبب دفع آب می‌شوند.

لی و همکاران (۲۱) گزارش کردند که به دلیل کاهش تخلخل مؤثر ناشی از نفوذ شیرابه به خاک، شیرابه زباله سبب کاهش هدایت هیدرولیکی خاک رسی فشرده در مکان دفن زباله شده است که با افزایش غلظت شیرابه این شاخص بیشتر کاهش یافته است. فرانسیسکا و گلاتشتاین (۹) بیان کردند که هدایت هیدرولیکی خاک در اثر نفوذ شیرابه زباله کاهش یافته است که یکی از دلایل آن می‌تواند رشد ریزجانداران در خاک و گرفتگی منافذ توسط آنها باشد. نایاک و همکاران (۲۵) با افزودن مقادیر ۵، ۱۰، ۱۵ درصد جرمی شیرابه به خاک گزارش کردند که هدایت هیدرولیکی و تخلخل خاک در اثر کاربرد شیرابه افزایش یافته است. آنها دلیل این یافته را واکنش شیمیایی بین شیرابه اسیدی و کانی‌های رسی بیان کردند.

در فرایند تبدیل زباله‌های شهری به کمپوست و به دلیل رطوبت زیاد زباله‌های خانگی در ایران، مقدار زیادی شیرابه تولید می‌شود. هاشمی و همکاران (۱۲) گزارش کردند که میانگین دبی خروجی شیرابه کمپوست کارخانه کود آلی اصفهان در فصل‌های گوناگون سال (بهار، تابستان، پاییز، زمستان) به ترتیب ۰/۶۳، ۰/۴۱، ۰/۵۵، ۰/۳۵ لیتر بر ثانیه است که به دلیل وجود روان‌آب‌های بهاره و پسماندهای تر، این مقدار در بهار بیشتر است. در این کارخانه به‌ازای هر تن زباله ۱۵۰ لیتر شیرابه تولید می‌شود. ورود ۱۱۰۰ تن زباله در روز به کارخانه در مجموع ۱۶۵۰۰۰ لیتر شیرابه در روز تولید می‌شود. میزان تولید شیرابه کمپوست با گسترش کارخانه‌های کود آلی در سراسر کشور ایران می‌تواند به مقدار قابل توجهی برسد.

استفاده دوباره از شیرابه کمپوست (با توجه به کمبود منابع آب و ماده آلی زیاد شیرابه در زمین‌های کشاورزی) یا راه‌یابی این ماده و سایر شیرابه‌های زباله به طبیعت، می‌تواند تأثیرهای گوناگونی بر محیط زیست داشته باشد. در این پژوهش فرض بر این است که شیرابه کمپوست سبب کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع و آب قابل دسترس خاک می‌شود. با توجه به اینکه تاکنون پژوهش‌های کمی درباره اثر شیرابه کمپوست بر ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولیکی خاک به‌ویژه در ایران انجام

سانتی متر (FC) و عدم خروج تیمارها از کف گلدان به دست آمد.

دو هفته پس از اعمال تیمار در هر گلدان دارای ۵ کیلوگرم خاک، ۵ بذر ذرت (رقم ماکسیم) کاشته شد. زمان دو هفته‌ای به منظور پایدار شدن تیمار در خاک و عدم ایجاد تنش شوری توسط آن برای بذرها، در نظر گرفته شد. آبیاری در طول مدت کاشت با استفاده از آب شهری و به گونه‌ای انجام شد تا خروجی از کف گلدان‌ها وجود نداشته باشد. ۷۰ روز پس از کاشت (پیش از مرحله زایشی)، گیاهان ذرت (اندام هوایی) برداشت شدند و وزن تر آنها اندازه‌گیری شد.

آزمایش‌های شیمیایی

عصاره‌گیری از شیرابه به روش هضم تر (اسید نیتریک ۶۵٪ و آب اکسیژنه) صورت گرفت (۳۱). سدیم و پتاسیم کل توسط دستگاه فلیم فتومتر (۲۸)، کلسیم و منیزیم کل توسط دستگاه جذب اتمی مدل (Perkin-Elmer 3030) در عصاره آماده شده از شیرابه کمپوست و نیتروژن کل شیرابه به روش کلیدال اندازه‌گیری شد (۱۷). ماده آلی به روش اکسیداسیون تر در تیمار و خاک اندازه‌گیری شد (۱۹). EC و pH به‌طور مستقیم در شیرابه کمپوست و برای خاک در عصاره گل اشباع اندازه‌گیری شد. مقدار سدیم محلول خاک با دستگاه فلیم فتومتر (۲۸) و مجموع کلسیم و منیزیم محلول به روش تیتراسیون با استفاده از معرف اریو کروم بلکتی (EBT) و تیتراکننده (EDTA) در عصاره گل اشباع خاک اندازه‌گیری شد (۲۰). در پایان نسبت جذب سدیم محلول (SAR) در خاک اندازه‌گیری شد (۳). برای اندازه‌گیری ماده خشک شیرابه ۱۰ گرم از آن را وزن کرده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد (۱۰).

آزمایش‌های فیزیکی و هیدرولیکی خاک

بافت خاک به روش پیپت و چگالی ظاهری به روش استوانه اندازه‌گیری شد (۱۹). برای اندازه‌گیری آب‌گریزی خاک از

شده است؛ هدف اصلی این پژوهش بررسی اثر این مایع بر ویژگی‌های چگالی ظاهری، آب‌گریزی، میانگین وزن قطر خاکدانه‌ها، نقاط رطوبتی مهم، آب قابل دسترس، هدایت هیدرولیکی اشباع و به‌ویژه منحنی مشخصه رطوبتی است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، با آرایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. شیرابه کمپوست زباله شهری (به عنوان فاکتور اصلی) در سطوح صفر، ۱/۲۵ و ۲/۵ درصد جرمی به ترتیب برابر صفر، ۵۲/۵ و ۱۰۵ تن در هکتار مورد استفاده قرار گرفت و تأثیر آنها بر دو خاک با بافت‌های لوم رسی و لوم رسی شنی (به عنوان فاکتور فرعی) و رشد گیاه ذرت، مورد بررسی قرار گرفت. رسم منحنی مشخصه رطوبتی و تخمین پارامترهای مدل ونگنوختن (با محدودیت معلم) و بروکس و کوری برای دو خاک مورد آزمایش توسط نرم‌افزار RETC انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 و آزمون مقایسه میانگین به روش LSD در سطح آماری ۵ درصد انجام شد.

خاک با بافت لوم رسی از مزرعه لورک واقع در منطقه نجف‌آباد (مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان) به مختصات (N ۳۲° ۴۵' ۳۲" و E ۵۱° ۲۳' ۲۵") فراهم شد. خاک با بافت لوم رسی شنی از منطقه تیران به مختصات (N ۳۲° ۴۰' ۲۰" و E ۵۱° ۱۳' ۴۶") فراهم شد (عمق نمونه‌برداری خاک‌ها صفر تا ۳۰ سانتی‌متر بود). شیرابه کمپوست زباله شهری که در حین آماده‌سازی کود کمپوست از زباله شهری ایجاد شده است از کارخانه کود آلی اصفهان تهیه شد.

شیرابه کمپوست شوری زیادی دارد به همین دلیل برای کاهش اثر شوری و همگن شدن بهتر با خاک به هر کدام از تیمارهای شیرابه، سه برابر آب مقطر اضافه شد. مقدار سه برابر با توجه به حداکثر سطح تیمار، رطوبت خاک در مکش ۳۳۰

نرم افزار RETC

نرم افزار RETC توسط آزمایشگاه پژوهش شوری (USSL) وزارت کشاورزی ایالات متحده (USDA) برای برآورد پارامترهای مدل‌های رایج منحنی مشخصه رطوبتی و هدایت هیدرولیکی خاک آماده شد و مخفف عبارت RETention Curve به مفهوم منحنی نگهداشت آب خاک است (۳۳). RETC از مدل‌هایی مانند بروکس و کوری و ونگنوختن با (m) و n متغیر و وابسته) برای برآورد منحنی مشخصه رطوبتی خاک استفاده می‌کند. این نرم افزار نیازمند پنج پارامتر است که شامل: دو پارامتر مستقل یعنی مقدار درصد رطوبت باقی مانده (θ_r) و مقدار درصد رطوبت اشباع (θ_s) و پارامترهای وابسته (m, n, α) است (۱، ۸، ۳۲ و ۳۳).

(مدل معلم)

$$m=1-1/n \quad (1)$$

معادله پیشنهادی ونگنوختن (۱۹۸۰) (۳۲ و ۳۳):

$$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r)[1 + (\alpha h)^n]^{-m} \quad (2)$$

رطوبت خاک در مکش معادل h ، θ_s ، θ_r (cm³ cm⁻³) رطوبت اشباع و (cm³ cm⁻³) θ_r رطوبت باقیمانده خاک هستند. n (شاخصی از پیوستگی منافذ خاک)، m (شاخصی از توزیع اندازه منافذ خاک) و α نیز ضرایبی هستند که شکل منحنی مشخصه رطوبتی را مشخص می‌کنند. مقدار α مرتبط با عکس مکش ماتریک در نقطه عطف منحنی است.

بروکس و کوری رابطه تجربی زیر را برای توصیف رابطه

بین مقدار رطوبت و مکش ماتریک ارائه داده‌اند (۸):

$$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) (\alpha h)^{-\lambda} \quad (3)$$

$$\begin{cases} \theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) (\alpha h)^{-\lambda} & \alpha h > 1 \\ \theta = \theta_s & \alpha h \leq 1 \end{cases} \quad \text{به شرط}$$

λ ضریبی است که از طریق برازش داده‌های h و θ به دست می‌آید و نشان‌دهنده توزیع اندازه منافذ خاک و شیب منحنی است. مقدار α تقریباً برابر با عکس مکش ماتریک در نقطه ورود هوا به خاک است (۸ و ۳۳).

برنامه RETC برای برازش متغیرهای آماری از یک تکنیک

روش جذب پذیری ذاتی استفاده شد (۳۰)؛ برای این منظور از دستگاه ریز نفوذسنج با قطر ۴ میلی‌متر پیشنهادی حالت و یانگ (۱۹۹۹) استفاده شد (۱۱). برای اندازه‌گیری پایداری خاکدانه‌ها از روش الک تر استفاده شد (زمان الک کردن نمونه‌ها در آب ۵ دقیقه در نظر گرفته شد) (۱۴). هدایت هیدرولیکی اشباع به روش بار ثابت اندازه‌گیری شد (۱۸).

منحنی مشخصه رطوبتی خاک

مقدار رطوبت نمونه‌های دست نخورده تهیه شده از گلدان‌ها در مکش‌های گوناگون اندازه‌گیری شد. ابتدا نمونه‌ها را اشباع و سپس وزن آنها اندازه‌گیری شد (معادل مکش صفر سانتی‌متر). پس از آن رطوبت نمونه‌ها در مکش‌های ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ سانتی‌متر توسط دستگاه جعبه‌شن اندازه‌گیری شد. همچنین رطوبت نمونه‌های خاک در مکش‌های ۱۰۰ و ۳۳۰ سانتی‌متر توسط دستگاه جعبه‌شن - کاتولین و در مکش‌های ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۳۰۰۰، ۵۰۰۰، ۱۰۰۰۰ و ۱۵۰۰۰ سانتی‌متر به وسیله دستگاه صفحات فشاری اندازه‌گیری شد (مکش حاصل از وزن ۱۰۰۰ سانتی‌متر آب برابر با ۱ bar است). پس از آخرین مکش نمونه‌ها به آون منتقل شده و در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت خشک و سپس وزن شده و با محاسبه مقدار رطوبت حجمی در هر مکش، منحنی مشخصه رطوبتی خاک ترسیم شد.

برخی از ویژگی‌های رطوبتی خاک

ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائمی (FC و PWP): رطوبت حجمی برابر مکش ۳۳۰ سانتی‌متر معادل ظرفیت مزرعه و رطوبت حجمی برابر مکش ۱۵۰۰۰ سانتی‌متر معادل نقطه پژمردگی دائمی است (۳۴). آب قابل دسترس (AWC): مقدار آبی که می‌تواند برای گیاه قابل دسترس باشد که از اختلاف بین رطوبت حجمی در ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائمی به دست آمد (۴).

جدول ۱. ویژگی‌های شیرابه کمپوست مورد استفاده

C/N	SAR	K	Na	Mg	Ca	نیترژن کل	کربن آلی	ماده خشک	EC	pH
								(%)	(dS/m)	
				g/L				درصد در ماده خشک		
۴/۵	۱۱/۲	۳/۱	۲۶	۰/۶	۲/۸	۴/۵	۲۰/۲	۵/۳	۲۲/۳	۴/۲

SAR: نسبت جذب سدیم محلول، به غیر از نیترژن کل میزان بقیه عناصر در یک لیتر شیرابه گزارش شده است. C/N: نسبت کربن به نیترژن است.

با ویژگی‌های دوگانه (مثبت و منفی) است.

اثر شیرابه کمپوست بر pH خاک

شیرابه در سطح ۱/۲۵ درصد در دو خاک و ۲/۵ درصد در خاک لوم رسی سبب کاهش معنی‌دار pH شده است. صمدی و رضاپور (۲۹) نیز کاهش pH خاک را بر اثر استفاده از شیرابه گزارش کرده‌اند. یکی از دلایل کاهش pH خاک می‌تواند به دلیل pH اسیدی شیرابه باشد. همچنین تجزیه زیستی ماده آلی شیرابه در خاک نیز منجر به تشکیل اسیدهای آلی و کاهش pH خاک می‌شود (۲۲). سطح ۲/۵ درصد شیرابه در خاک لوم رسی شنی سبب افزایش pH نسبت به خاک شاهد شده است (جدول ۴) که می‌تواند به دلیل افزوده شدن بیشتر کاتیون‌های بازی مانند سدیم، کلسیم و منیزیم توسط شیرابه به خاک باشد. تغییرات pH در دو خاک تیمار شده با شیرابه اندک است هر چند که آنالیز آماری تفاوت معنی‌دار نشان می‌دهد؛ زیرا خاک‌های آهکی ایران ویژگی بافری زیادی دارند.

اثر شیرابه کمپوست بر شوری و SAR خاک

شیرابه در دو سطح، سبب افزایش معنی‌دار شوری خاک لوم رسی شده است. سطح ۲/۵ درصد شیرابه در خاک لوم رسی شنی موجب افزایش معنی‌دار شوری خاک نسبت به شاهد شده است (جدول ۴). این یافته می‌تواند به دلیل شوری زیاد شیرابه باشد. شیرابه در دو خاک سبب افزایش معنی‌دار نسبت جذب سدیم محلول خاک (SAR) شده است. سطح ۲/۵ درصد شیرابه در دو

رگرسیون چندمتغیره و غیرخطی استفاده می‌کند که در آن مجموع مربعات کل (SST) Total Sum of Squares¹ به دو مؤلفه مجموع مربعات رگرسیون (SSR) Regression Sum of Squares² و مجموع مربعات باقیمانده (خطا) Residual Sum of Squares³ (SSQ) تقسیم می‌شود. ضریب همبستگی (R²) نمادی از SST است که هر چه بزرگ تر باشد دقت مدل رگرسیونی بیشتر خواهد شد. مطمئن‌ترین پارامتر آماری که میزان دقت یک مدل رگرسیونی را نشان می‌دهد، SSQ است که هر چه کمتر باشد مدل دقیق‌تر خواهد بود (۳۲).

$$SSQ = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^j (C_{ic} - C_{im})^2}{J-1}} \quad (4)$$

C_{im} و C_{ic} به ترتیب مقادیر برآورده شده با مدل و اندازه‌گیری شده هستند. J برابر با تعداد نقاط رطوبتی اندازه‌گیری شده است.

نتایج و بحث

شیرابه کمپوست

شیرابه دارای مقدار قابل توجهی کربن آلی و نیترژن کل در ماده خشک است. کربن آلی موجود در شیرابه شاید بتواند اثر مثبت بر خاک داشته باشد به‌ویژه خاک‌های مرکز ایران که کمبود ماده آلی دارند. شیرابه دارای pH اسیدی، شوری و SAR بالا است (جدول ۱). شوری و SAR بالا را می‌توان دو ویژگی منفی شیرابه در نظر گرفت. pH اسیدی به دلیل وجود موادی از جمله اسید لاکتیک، اسید استیک، اسید آمینه می‌تواند باشد (۵). بنابراین شیرابه ماده‌ای

جدول ۲. ویژگی‌های خاک‌های مورد بررسی

بافت خاک	سیلت (%)	رس (%)	شن (%)	چگالی ظاهری (g/cm ³)	SAR	نیترژن کل (%)	ماده آلی (%)	EC (dS/m)	pH	
لوم رسی	۴۵/۷	۳۲/۴	۲۱/۹	۱/۳۶	۹/۵	۰/۱	۱/۶	۱/۳	۸/۵	مزرعه لورک
لوم رسی شنی	۱۷/۱	۳۰/۸	۵۲/۱	۱/۴۴	۲/۰	۰/۰۳	۰/۴	۰/۶	۷/۶	تیران

EC و pH در عصاره گل اشباع اندازه‌گیری شده است

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر شیرابه کمپوست بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک مورد بررسی و عملکرد گیاه ذرت

میانگین مربعات				درجه آزادی	منبع تغییرات
وزن تر اندام هوایی ذرت (گرم)	ماده آلی (%)	SAR	شوری (dS/m)	pH	
۲۰۹/۸۷**	۰/۲۱**	۳۰/۵۱**	۰/۷۶**	۰/۵۵**	شیرابه
۱۱۴۰۴/۴۵**	۹/۰۶**	۲۶۸/۳۷**	۴/۸۳**	۲/۰۸**	خاک
۹۸/۹۴*	۰/۰۲*	۰/۸۱**	۰/۱۵**	۰/۲۱**	شیرابه × خاک
۲۴/۴۰	۰/۰۰۶	۰/۰۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۷	خطا

* نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح آماری ۵ درصد، ** نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح آماری ۱ درصد است.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل شیرابه کمپوست با خاک بر برخی از ویژگی‌های شیمیایی و ذرت

شاهد		شاهد		شاهد		ویژگی
۱/۲۵ %	۲/۵ %	۱/۲۵ %	۲/۵ %	۱/۲۵ %	۲/۵ %	
لوم رسی شنی			لوم رسی			
۷/۸ ^c	۷/۴ ^e	۷/۶ ^d	۸/۳ ^{۰b}	۷/۷ ^c	۸/۵ ^a	pH
۰/۹ ^d	۰/۷ ^{ed}	۰/۶ ^e	۲/۱ ^a	۱/۶ ^b	۱/۳ ^c	شوری (dS/m)
۶/۴ ^d	۳/۷ ^e	۲ ^f	۱۲/۷ ^a	۱۰/۱ ^b	۹/۵ ^c	SAR
۰/۶ ^d	۰/۶ ^d	۰/۴ ^e	۲ ^a	۱/۸ ^b	۱/۶ ^c	ماده آلی (%)
۳۵/۳ ^c	۳۷/۹ ^c	۲۵ ^d	۷۱/۶ ^b	۸۲/۳ ^a	۷۵/۱ ^{ab}	وزن تر اندام هوایی ذرت (گرم)

حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد بر اساس آزمون LSD است.

(۴)، که با نتایج حاتم و رونقی (۱۳) در دو خاک لوم رسی و شنی همخوانی دارد. افزایش سطح شیرابه از ۱/۲۵ به ۲/۵ درصد در خاک لوم رسی سبب افزایش معنی‌دار ماده آلی شد؛ اما در خاک لوم رسی شنی دو سطح یاد شده تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. بیشترین افزایش ماده آلی در اثر کاربرد شیرابه، مربوط به سطح ۲/۵ درصد در خاک لوم رسی است

خاک سبب افزایش معنی‌دار SAR، نسبت به سطح ۱/۲۵ درصد شده است. دلیل این افزایش، می‌تواند SAR و سدیم زیاد این ماده باشد (جدول ۴).

اثر شیرابه کمپوست بر ماده آلی خاک

شیرابه در دو خاک سبب افزایش معنی‌دار ماده آلی شد (جدول

خاک لوم رسی شنی سبب کاهش معنی‌دار چگالی ظاهری شده است. سطح‌های $1/25$ و $2/5$ درصد در خاک لوم رسی شنی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (جدول ۶). شاید افزایش ماده آلی خاک لوم رسی شنی در اثر کاربرد شیرابه (جدول ۴) سبب بهبود فرایند خاکدانه‌سازی، افزایش تخلخل کل و در نتیجه کاهش معنی‌دار چگالی ظاهری شده است.

اثر شیرابه کمپوست بر شاخص آب‌گریزی خاک

شیرابه در دو خاک سبب افزایش معنی‌دار آب‌گریزی، نسبت به شاهد شد (جدول ۶) که به معنای کم شدن نفوذ آب در خاک (در زمان‌های ابتدایی نفوذ) است. این یافته با نتایج زوپانک و جاستین (۳۵) همخوانی دارد. افزایش آب‌گریزی خاک می‌تواند به دلیل وجود مواد آب‌گریز در شیرابه از جمله ماده آلی باشد که با قرارگیری در منافذ خاک سبب دفع آب می‌شوند (۳۵). آب‌گریزی به‌طور کلی در خاک لوم رسی شنی بیشتر از خاک لوم رسی بوده است که می‌تواند به دلیل شن بیشتر در این خاک و سطح ویژه کمتر ذرات شن باشد (جدول ۶). رگالدو و ریتر (۲۷) نیز به سهولت آب‌گریز شدن خاک‌های درشت بافت در اثر پوشانده شدن ذرات خاک توسط مواد آلی و آب‌گریز به دلیل سطح ویژه کم آنها در مقایسه با خاک‌های ریزبافت اشاره کرده‌اند.

اثر شیرابه کمپوست بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها

(MWD)

دو سطح شیرابه در خاک لوم رسی سبب افزایش معنی‌دار میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها شده‌اند (جدول ۶). این افزایش می‌تواند به دلیل افزایش شدت آب‌گریزی (جدول ۶) و ماده آلی خاک (جدول ۴) در اثر کاربرد شیرابه باشد. پوشش مواد آب‌گریز روی خاکدانه‌ها سبب شده (با توجه به زمان ۵ دقیقه‌ای آزمایش) آب کمتر به درون خاکدانه‌ها نفوذ کند و دیرتر متلاشی شوند. افزایش EC خاک توسط تیمار شیرابه در خاک لوم رسی (جدول ۴)، می‌تواند اثر منفی افزایش SAR

(جدول ۴). افزایش ماده آلی می‌تواند به دلیل کربن آلی قابل توجه شیرابه باشد (جدول ۱).

اثر شیرابه کمپوست بر وزن تر اندام هوایی گیاه ذرت

سطح $1/25$ درصد شیرابه در خاک لوم رسی سبب افزایش وزن تر شده است اما این افزایش نسبت به شاهد معنی‌دار نبوده است. سطح $2/5$ درصد شیرابه سبب کاهش معنی‌دار وزن تر نسبت به سطح $1/25$ درصد در خاک لوم رسی شده است اما این کاهش نسبت به شاهد معنی‌دار نبوده است. این یافته می‌تواند به سبب افزایش شوری و SAR خاک در اثر کاربرد شیرابه باشد.

دو سطح شیرابه در خاک لوم رسی شنی سبب افزایش معنی‌دار وزن تر نسبت به شاهد شده است. این یافته با نتایج آریابد و همکاران (۶) روی عملکرد گیاه ذرت در یک خاک لوم رسی و آستارایی و فتاحی (۷) بر عملکرد گیاه فلفل در یک خاک لومی همخوانی دارد. شیرابه در خاک لوم رسی شنی در افزایش وزن تر گیاه موفق‌تر بوده است. این یافته می‌تواند به دلیل افزوده شدن ماده آلی و نیتروژن به خاک توسط شیرابه باشد؛ زیرا خاک‌های با درصد شن بالا از لحاظ ماده آلی و نیتروژن ضعیف هستند و افزایش مقداری ماده آلی و عناصر غذایی می‌تواند افزایش عملکرد را در پی داشته باشد.

اثر شیرابه کمپوست بر چگالی ظاهری خاک

دو سطح شیرابه در خاک لوم رسی، سبب افزایش معنی‌دار چگالی ظاهری خاک شده است و سطح $2/5$ درصد، بیشترین چگالی ظاهری ایجاد شده توسط شیرابه را در خاک لوم رسی به خود اختصاص داده است (جدول ۶). سدیم زیاد شیرابه را می‌توان به این موضوع مرتبط دانست؛ پس از ورود شیرابه به خاک، سدیم سبب جدا شدن ذرات خاک از یکدیگر و تخریب ساختمان خاک شده است. ذرات پراکنده شده حاصل از تخریب ساختمان خاک، وارد منافذ خاک شده و باعث کاهش حجم منافذ و افزایش چگالی ظاهری خاک می‌شوند. دو سطح شیرابه در

جدول ۵. تجزیه واریانس اثر شیرابه کمپوست بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک‌های مورد بررسی

میانگین مربعات							درجه آزادی	منبع تغییرات
KS (cm/h)	AWC (cm ³ /cm ³)%	PWP (cm ³ /cm ³)%	FC (cm ³ /cm ³)%	MWD (mm)	RI	BD (g/cm ³)		
۱۰/۱۷**	۱/۶۵**	۲۳/۴۹**	۱۲/۸۳**	۰/۰۳**	۰/۴۶**	۰/۰۰۴**	۲	شیرابه
۹۵/۱۳**	۰/۳۳*	۳۸۹/۴۶**	۴۱۲/۶۸**	۰/۰۰۷**	۰/۱۸**	۰/۰۱**	۱	خاک
۱۶/۶۳**	۲/۶۹**	۳۰/۱۷**	۲۴/۳۲**	۰/۰۳**	۰/۰۴**	۰/۰۲**	۲	شیرابه × خاک
۰/۱	۰/۰۵	۰/۹۴	۰/۹۳	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۲	۱۸	خطا

* نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح آماری ۵ درصد، ** نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح آماری ۱ درصد است. چگالی ظاهری (BD)، شاخص آب‌گریزی (RI)، میانگین وزنی قطر خاکدانه (MWD)، ظرفیت زراعی (FC)، پژمردگی دائمی (PWP)، آب قابل دسترس (AWC)، هدایت هیدرولیکی اشباع (KS)

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل شیرابه کمپوست با خاک بر برخی از ویژگی‌های فیزیکی

لوم رسی شنی			لوم رسی			واحد	ویژگی
۲/۵ %	۱/۲۵ %	شاهد	۲/۵ %	۱/۲۵ %	شاهد		
۱/۳۷ ^c	۱/۳۶ ^c	۱/۴۴ ^b	۱/۵۲ ^a	۱/۴۴ ^b	۱/۳۶ ^c	(g/cm ³)	چگالی ظاهری
۲/۶ ^a	۲/۶ ^a	۲/۱ ^d	۲/۲ ^c	۲/۵ ^b	۲ ^e	-	RI
۰/۲۴ ^b	۰/۲۷ ^b	۰/۲۴ ^b	۰/۳۵ ^a	۰/۲ ^c	۰/۰۹ ^d	mm	MWD
۲۵/۲ ^e	۲۴/۱ ^e	۲۶/۷ ^d	۳۶/۶ ^a	۳۳/۱ ^b	۳۱/۲ ^c	(cm ³ /cm ³)%	FC
۱۷/۵ ^d	۱۴/۶ ^e	۱۸/۲ ^d	۲۸ ^a	۲۴/۷ ^b	۲۱/۸ ^c	(cm ³ /cm ³)%	PWP
۷/۷ ^c	۹/۴ ^a	۸/۴ ^b	۸/۵ ^b	۸/۳ ^b	۹/۴ ^a	(cm ³ /cm ³)%	AWC
۵/۱ ^b	۶/۶ ^a	۱/۶ ^c	۰/۲ ^e	۰/۳ ^e	۰/۹ ^d	cm/h	Ks

حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد بر اساس آزمون LSD است.

اثر شیرابه کمپوست بر ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی دائمی خاک

شیرابه در خاک لوم رسی سبب افزایش معنی‌دار دو نقطه رطوبتی (ظرفیت زراعی و پژمردگی دائمی) شده است؛ با افزایش سطح شیرابه از ۱/۲۵ به ۲/۵ درصد این نقاط رطوبتی افزایش معنی‌داری پیدا کرده‌اند (جدول ۶). دلیل این پدیده را می‌توان به افزایش ماده آلی نسبت داد از سوی دیگر افزایش چگالی ظاهری خاک توسط شیرابه در خاک لوم رسی با کاهش حجم منافذ، می‌تواند خروج آب از نمونه‌های خاک را هنگامی که در تحت مکش ویژه‌ای قرار می‌گیرند، سخت‌تر

خاک توسط این تیمار (جدول ۴) را بر پایداری ساختمان خاک تعدیل کند. میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در خاک لوم رسی شنی در اثر کاربرد شیرابه نسبت به خاک شاهد زیادتر شده است؛ اما این افزایش معنی‌دار نبوده است. بیشترین میزان میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در خاک‌های تیمار شده با شیرابه در بافت لوم رسی و سطح ۲/۵ درصد شیرابه به‌دست آمد (جدول ۶) که می‌تواند به دلیل ماده آلی بیشتر در این خاک باشد (جدول ۴)؛ در واقع می‌توان گفت که تأثیر ماده آلی بر پایداری ساختمان خاک در زمان‌های کوتاه الک کردن بیشتر قابل توجه است (۱۵).

تخلخل کل خاک لوم رسی در اثر کاربرد این تیمار باشد؛ با کاهش حجم و تعداد منافذ خاک، آب سخت‌تر در خاک جریان پیدا کرده است. همچنین حضور مواد معلق در شیرابه می‌تواند سبب گرفتگی منافذ خاک و کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک شود. فرانسیسکا و گلاتشتاین (۹)، لی و همکاران (۲۱) و میرزایی (۲۳) کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع را در اثر کاربرد شیرابه گزارش کرده‌اند.

دو سطح شیرابه در خاک لوم رسی شنی سبب افزایش معنی‌دار هدایت هیدرولیکی اشباع خاک شده است (جدول ۶). یکی از دلایل این امر می‌تواند تأثیر مثبت مواد آلی افزوده شده به خاک توسط شیرابه و بهبود خاکدانه‌سازی باشد. شیرابه در خاک لوم رسی شنی با کاهش چگالی ظاهری (جدول ۶) تعداد منافذی را که می‌تواند آب را عبور دهند افزایش داده است و بنابراین این شاخص افزایش پیدا کرده است. نایاک و همکاران (۲۵) افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک را در اثر کاربرد شیرابه گزارش کرده‌اند. هدایت هیدرولیکی اشباع خاک لوم رسی شنی در سطح ۲/۵ درصد شیرابه نسبت به سطح ۱/۲۵ درصد کاهش معنی‌داری داشته است (جدول ۶) که می‌تواند به دلیل گرفتگی بیشتر منافذ خاک توسط مواد معلق در اثر کاربرد بیشتر شیرابه باشد.

اثر شیرابه کمپوست بر پارامترهای هیدرولیکی

بر اساس مقادیر کم SSQ، دقت دو مدل در برآورد منحنی مشخصه رطوبتی تقریباً نزدیک به هم بوده است و مدل‌ها دقت خوبی داشته‌اند (جدول ۷). مقدار پارامترهای θ_r تخمین زده شده توسط دو مدل ونگنوختن و بروکس و کوری در خاک لوم رسی و لوم رسی شنی، بر اثر کاربرد دو سطح شیرابه نسبت به خاک شاهد افزایش یافته است (به جز θ_r تخمین زده شده توسط مدل ونگنوختن در خاک لوم رسی شنی تیمار شده با سطح ۱/۲۵ درصد شیرابه). مقدار پارامتر θ_s تخمین زده شده توسط دو مدل یاد شده در خاک لوم رسی شنی تیمار

کند. شیرابه در خاک لوم رسی شنی سبب کاهش معنی‌دار ظرفیت زراعی در دو سطح و نقطه پژمردگی دائمی در سطح ۱/۲۵ درصد شده است (جدول ۶). این کاهش می‌تواند به دلیل افزایش شدت آب‌گریزی (۲۶)، در اثر کاربرد شیرابه در خاک لوم رسی شنی باشد. تفاوت معنی‌داری بین ظرفیت زراعی سطوح ۱/۲۵ و ۲/۵ درصد شیرابه در خاک لوم رسی شنی وجود ندارد.

اثر شیرابه کمپوست بر آب قابل دسترس خاک

دو سطح شیرابه سبب کاهش معنی‌دار آب قابل دسترس خاک لوم رسی شده است اما تفاوت معنی‌داری بین این دو سطح وجود ندارد (جدول ۶). کاهش آب قابل دسترس با نتایج زوپانک و جاستین (۳۵) همخوانی دارد. این امر می‌تواند به دلیل افزایش رطوبت در نقطه PWP خاک لوم رسی باشد (جدول ۶). افزایش چگالی ظاهری (جدول ۶) و کاهش تخلخل خاک توسط شیرابه در خاک لوم رسی میزان آب موجود در منافذ ریز و بافتی خاک را افزایش داده و سبب کاهش میزان آب قابل دسترس شده است. تنها سطح ۱/۲۵ درصد شیرابه در خاک لوم رسی شنی توانست میزان آب قابل دسترس را به گونه معنی‌داری افزایش دهد (جدول ۶). دلیل این را می‌توان به اثر مثبت ماده آلی افزوده شده و بهبود ساختمان خاک لوم رسی شنی توسط شیرابه بیان کرد. کمترین میزان آب قابل دسترس در دو خاک تیمار شده با شیرابه متعلق به سطح ۲/۵ درصد شیرابه در خاک لوم رسی شنی است که می‌تواند به دلیل افزایش شدت آب‌گریزی (۲) در اثر کاربرد شیرابه و مقدار شن بیشتر در خاک لوم رسی شنی باشد.

اثر شیرابه کمپوست بر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک

دو سطح شیرابه، سبب کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک لوم رسی نسبت به شاهد شده است (جدول ۶). دلیل این امر می‌تواند افزایش چگالی ظاهری (جدول ۶) و کاهش

جدول ۷. میانگین پارامترهای حاصل از برازش دو مدل بر داده‌های منحنی مشخصه رطوبتی خاک‌های تیمار شده با شیرابه کمپوست

بروکس و کوری			وَنگنوختن با محدودیت معلم			واحد	پارامتر	خاک
۲/۵٪	۱/۲۵٪	۰٪	۲/۵٪	۱/۲۵٪	۰٪			
۰/۱۱۸	۰/۰۸۳	۰/۰۰۱	۰/۱۸۲	۰/۱۴۴	۰/۱۱	cm ³ /cm ³	θ_r	
۰/۵۰۵	۰/۴۸۲	۰/۴۲۸	۰/۵۱	۰/۴۵۵	۰/۴۲۸	cm ³ /cm ³	θ_s	
۰/۱۷	۰/۲۰۷	۰/۲۲۸	۰/۱۰۶	۰/۱۰۹	۰/۱۴۸	l/cm	α	
-	-	-	۱/۱۶۷	۱/۱۴۸	۱/۱۰۲	-	n	لوم رسی
۰/۱۱۴	۰/۱۰۹	۰/۰۷۵	-	-	-	-	λ	
۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۲۱	cm ³ /cm ³	SSQ	
۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۹۵	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۹۶	-	R ²	
۰/۱۲۱	۰/۰۷	۰/۰۶۳	۰/۱۳۴	۰/۰۷۹	۰/۰۸۶	cm ³ /cm ³	θ_r	
۰/۴۶	۰/۴۱۶	۰/۴۹۲	۰/۴۶۷	۰/۴۱۷	۰/۴۹۲	cm ³ /cm ³	θ_s	
۰/۳۱۸	۰/۳۴۶	۰/۸۴۶	۰/۲۸۷	۰/۲۷۴	۲/۰۸۷	l/cm	α	
-	-	-	۱/۲۲۱	۱/۱۷۴	۱/۱۵۱	-	n	لوم رسی شنی
۰/۱۹۸	۰/۱۵۵	۰/۱۳۳	-	-	-	-	λ	
۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۱۹	cm ³ /cm ³	SSQ	
۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۶	-	R ²	

(SSQ) مجموع مربعات باقیمانده (خطا) و (R²) ضریب همبستگی است.

سبب شده است که مدل وَنگنوختن پارامتر n را بیشتر از شاهد تخمین بزند. همین نتایج نیز برای پارامتر λ که توسط مدل بروکس و کوری تخمین زده شده است به دست آمد (جدول ۷). مقدار بیشتر θ_r و θ_s در خاک لوم رسی تیمار شده با سطح ۲/۵ درصد شیرابه (جدول ۷)، سبب شده است که منحنی مشخصه رطوبتی تخمین زده شده با مدل وَنگنوختن و مدل بروکس و کوری برای این خاک بالاتر از شاهد (لوم رسی و لوم رسی شنی)، خاک لوم رسی تیمار شده با سطح ۱/۲۵ درصد شیرابه و خاک‌های لوم رسی شنی تیمار شده با دو سطح شیرابه قرار بگیرد که می‌تواند به دلیل افزایش ماده آلی خاک توسط شیرابه در این خاک باشد (شکل ۱).

شده با دو سطح شیرابه نسبت به شاهد کاهش و در خاک لوم رسی تیمار شده با شیرابه افزایش یافته است (جدول ۷). کاربرد شیرابه در دو خاک سبب شده است تا دو مدل مقدار پارامتر α را کمتر از خاک شاهد تخمین بزنند. کاهش مقدار پارامتر α در مدل وَنگنوختن به معنای افزایش مکش خاک در نقطه عطف منحنی مشخصه رطوبتی و در مدل بروکس و کوری به معنای افزایش مکش ورود هوا به خاک است (جدول ۷). شکل ۱، افزایش مکش ورود هوا به خاک را به‌ویژه در خاک لوم رسی شنی به‌خوبی نشان می‌دهد (منحنی مدل بروکس و کوری نقطه ورود هوا به خاک را به‌صورت سقوط ناگهانی در یک نقطه نشان می‌دهد). کاربرد شیرابه در دو خاک

نتیجه گیری

کمپوست و سایر شیرابه‌های زباله شهری به طبیعت راه پیدا کنند.

افزایش دو پارامتر n و λ به ترتیب در مدل‌های ونگنوختن و بروکس و کوری بر اثر کاربرد شیرابه در دو خاک، به معنای افزایش شیب منحنی مشخصه رطوبتی در زمانی است که خاک از حالت اشباع خارج شده است و هر چقدر این دو پارامتر مقادیر بیشتری داشته باشند خاک زودتر به نقطه پژمردگی دائمی می‌رسد. افزایش مکش ورود هوا در خاک لوم رسی نشان‌دهنده کاهش تخلخل خاک و در خاک لوم رسی شنی که دارای بافت درشت‌تری نسبت به خاک دیگر است به معنای افزایش تخلخل است در واقع در خاک لوم رسی شنی منافذ ریزتر افزایش داشته است.

نتایج این پژوهش با یک بار تیماردهی شیرابه به دست آمده است. بنابراین با گذشت زمان و استفاده مکرر از شیرابه، پیامدهای مثبت و منفی استفاده از آن می‌تواند تشدید شود.

شیرابه در خاک لوم رسی شنی سبب تغییرات مثبتی از جمله کاهش چگالی ظاهری خاک در دو سطح، افزایش میزان آب قابل استفاده خاک در سطح ۱/۲۵ درصد و افزایش عملکرد گیاه ذرت در دو سطح شده است. این طور به نظر می‌رسد کاربرد این ماده در خاک‌های درشت بافت می‌تواند مفید باشد. ۵۲/۵ تن در هکتار شیرابه (۱/۲۵ درصد) در خاک لوم رسی شنی به دلیل افزایش کمتر SAR و افزایش بیشتر آب قابل دسترس خاک نسبت به تیمار ۱۰۵ تن در هکتار (۲/۵ درصد) مفیدتر بوده است. البته با توجه به اینکه در اثر کاربرد شیرابه کمپوست هدایت هیدرولیکی اشباع خاک لوم رسی شنی زیادتر شده است، می‌تواند با ورود به طبیعت به آب‌های زیرزمینی راه پیدا کند.

پیامدهایی از جمله افزایش شوری و چگالی ظاهری خاک و یا کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع و آب قابل استفاده در خاک لوم رسی از جمله دلایلی نامطلوبی است که نباید شیرابه

منابع مورد استفاده

1. Abedi-Koupai, J. and J. Asadkazemi. 2006. Effects of a hydrophilic polymer on the field performance of an ornamental plant (*Cupressus arizonica*) under Reduced Irrigation Regimes. *Iranian Polymer Journal* 15(9): 715-725.
2. Aelamanesh, P., M. R. Mosaddeghi and A. A. Mahboubi. 2007. On the water repellency and wettability in selected Hamadan soils. In: Proceeding of the 10th Iranian Soil Science Congress, Karaj, Iran. (In Farsi).
3. Afyuni, M., H. Mojtabor and F. Nourbakhsh. 1997. Salt affected Soils and Reclamation. Arkan, Isfahan. (In Farsi).
4. Alizadeh, A. 2009. Soil Physics. Imam Reza International University, Mashhad. (In Farsi).
5. Al-Yaqout, A. F. and M. F. Hamoda. 2003. Evaluation of landfill leachate in arid climate- a case study. *Environment International* 29: 593-600.
6. Aryabod, S., A. Fotovat, A. Lakzian and G. H. Haghnia. 2008. Effect of municipal waste compost leachate on micronutrients uptake by maize and lettuce in sterile and non-sterile conditions. *Iranian Journal of Soil and Water Sciences* 22(1): 47-57. (In Farsi).
7. Astarai, A. R. and E. Fatahi kiasari. 2006. Effect of municipal waste compost leachate application on some soil chemical properties and green chili plant. *Journal of Agriculture* 8(1): 1-12. (In Farsi).
8. Brooks, R. H. and A. T. Corey. 1964. Hydraulic properties of porous media. *Hydrology Paper Colorado State University, Fort Collins* 3: 1-27.
9. Francisca, F. M. and D. A. Glatstein. 2010. Long term hydraulic of compacted soils permeated with landfill leachate. *Applied Clay Science* 49: 187-193.
10. Gandomkar, A., M. Kalbasi and A. Ghorani. 2003. Effect of compost leachate on yield and chemical composition of corn and the effects of leachate residual on soil characteristics. *Pajouhesh-va-Sazandegi (Agronomy and Horticulture)* 16(60): 2-8. (In Farsi).
11. Hallett, P. D. and I. M. Young. 1999. Change to water repellence of soil aggregates caused substrate-induced microbial activity. *The European Journal of Soil Science* 50: 35-40.

12. Hashemi, H., M. M. Amin, A. Abrahimi and B. Bina. 2014. Survey on quantity and quality of leachate from different steps of municipal Solid Waste Composting in Windrow method. *Health System Research* 10(1): 142-150. (In Farsi).
13. Hatam, Z. and A. Ronaghi. 2012. Influence of compost and compost leachate on growth and chemical composition of barley and bioavailability of some nutrients in calcareous clay loam soil and sandy soil. *Water and Soil Science (Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)* 15(58): 109-122. (In Farsi).
14. Kamper, D. W. and R. C. Rosenau. 1986. Aggregate stability and aggregate size distribution. PP. 425-442. In: Klute, A (Ed.), *Methods of Soil Analysis (Part 1)*, American Society of Agronomy, Wisconsin, USA.
15. Khazaei, A., M. R. Mosaddeghi and A. A. Mahboubi. 2008. Impacts of test conditions, soil organic matter, clay and calcium carbonate contents on mean weight diameter and tensile strength of aggregates of some hamedan soils. *Water and Soil Science (Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)* 12(44): 123-135. (In Farsi).
16. Kjeldsen, P., M. A. Barlaz, A. P. Rooker and A. Baun. 2002. Present and long-term composition of MSW landfill leachate: a review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 32: 297-336.
17. Kladivko, E. J. and D. W. Nelson. 1979. Changes in soil properties from application on anaerobic sludge. *Journal (Water Pollution Control Federation)* 51: 325-332.
18. Klute, A. 1965. Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soil. PP. 210-221. In: Evans, D. D., J. L. White, L. E. Ensminger and F. E. Clark (Eds.), *Methods of Soil Analysis (part 1)*, American Society of Agronomy, Wisconsin, USA.
19. Klute, A. 1986. Water Retention: Laboratory Methods. PP. 635-662. In: Klute, A (Ed.), *Methods of soil analysis (Part 1): Physical and Mineralogical Methods*, American Society of Agronomy, Wisconsin, USA.
20. Lanyon, L. and W. R. Heald. 1982. Magnesium, Calcium. PP. 247-262. In: Page, A. L. (Ed.), *Methods of soil analysis (Part 2)*, American Society of Agronomy, Wisconsin, USA.
21. Li, J. S., Q. Xue, P. Wang and L. Liu. 2013. Influence of leachate pollution on mechanical properties of compacted clay: A case study behaviors and mechanisms. *Engineering Geology* 167: 128-133.
22. Lindsay, W. L. 1992. *Chemical Equilibria in Soils*. John Wiley and Sons. New York.
23. Mirzaei, S. M. J., S. H. Tabatabaei, M. Heidarpour and P. Najafi. 2014. Effect of Compost's Leachate on some Physical and Hydraulic Characteristics of Soil Enriched by Zeolite. *Journal of Water and Soil Science* 17(66): 37-47. (In Farsi).
24. Nasiri, A. 2010. Leachate post-treatment by the combination of ozonation with adsorption process. Master Thesis, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. (In Farsi).
25. Nayak, S., B. M. Sunil and S. Shrihari. 2007. Hydraulic and compaction characteristics of leachate-contaminated lateritic soil. *Engineering Geology* 94: 137-144.
26. Nourmahnad, N., S. H. Tabatabaei, M. R. Nouri Emamzade, Sh. Ghorbani Dashtaki and A. R. Hoshmand. 2015. Effect of urban sewage sludge application on soil water repellency and water retention curve. *Water and Soil Science (Agricultural Science)* 25(3): 75-90. (In Farsi).
27. Regalado, C. M. and A. Ritter. 2005. Characterizing water dependent soil repellency with minimal parameter requirement. *Soil Science Society of America Journal* 69: 1955-1966.
28. Rhoades, J. D. 1982. Soluble salts. PP. 167-179. In: Page, A. L. (Eds.), *Methods of Soil Analysis (Part 2)*, American Society of Agronomy, Wisconsin, USA.
29. Samadi, A. and S. Rezapour. 2017. Effects of waste leachate on the behavior and distribution of the use of some micronutrients in Miandoab. In: *Proceeding of the 15th Iranian Soil Science Congress*, Isfahan, Iran. (In Farsi).
30. Tillman, R. W., D. R. Scotter, M. G. Wallis and B. E. Clothier. 1989. Water repellency and its measurement by using intrinsic sorptivity. *Australian Journal of Soil Research* 27: 637-644.
31. US Environmental Protection Agency. 1996. Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soil. Method 3050 B. USEPA, Washington, DC. 25-31
32. van Genuchten, M. Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity for soil. *Soil Science Society of America Journal* 44: 892-898.
33. van Genuchten, M. Th., F. J. Leij and S. R. Yates. 1991. The RETC code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils. US Salinity Laboratory, USDA-ARS, Riverside, CA: 85.
34. Veihmeyer, F. J. and A. H. Hendrickson. 1949. Methods of measuring field capacity and wilting percentages of soils. *Soil Science* 68: 75-94.
35. Zupanc, V. and M. Z. Justin. 2010. Changes in soil characteristics during landfill leachate irrigation of *Populus deltoides*. *Waste Management* 30: 2130-2136.

Effect of Urban Waste Compost Leachate on the Soil Physical, Hydraulic, Moisture Characteristics and Corn Yield

B. Torabi Farsani* and M. Afyuni¹

(Received: November 5-2018; Accepted: February 13-2019)

Abstract

Compost leachate is a liquid resulting from physical, chemical and biological decomposition of organic materials. The main objective of this study was to evaluate the influence of leachate compost on the physical, hydraulic and soil moisture characteristic curves. Also, the effect of leachate on the aerial organ fresh weight of corn was investigated. Leachate was added to clay loam and sandy clay loam soils at the rate of zero, 1.25 and 2.5 weight percent. The soil water characteristic curve and the estimation of the parameters of the van Gnuichten and Brooks and Corey models were performed using RETC software. Leachate increased the bulk density and decreased the available water of the clay loam soil. Only 1.25% of the leachate increased the available water in the sandy clay loam soil. Two levels of leachate decreased the bulk density of sandy clay loam soil. Leachate decreased the saturation hydraulic conductivity of the clay loam and increased this parameter of sandy clay loam soil. Leachate was more successful in increasing the aerial organ fresh weight of corn in the sandy clay loam soil. Therefore, leachate was more useful in sandy clay loam than in clay loam soil, and 1.25% treatment was better in the sandy clay loam soil. Also, the used leachate increased the repellency of both soils. Leachate caused the parameters of van Gnuichten and Brooks and Corey models to increase, as compared to the control in both soils.

Keywords: Compost leachate, Soil moisture characteristic curve, Bulk density, Available water, Saturated hydraulic conductivity.

1. Department of Soil Science, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
Corresponding author, Email: bamdadmehr2012@yahoo.com