تأثیر نوع و مقدارکمپوست ضایعات آلی بر خصوصیات فیزیکی دو نوع خاک

لیلا نظمی، محمود شعبانپور و کاظم هاشمی مجد[۱]*

دانشجوی دوره دکتری دانشگاه دولتی کشاورزی ایروان، ارمنستان؛ Leilanazmi@yahoo.com
استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران؛ M_shabanpur@yahoo.com
استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران؛ Hashemimajd@yahoo.com

چکیده

مدیریت زراعی نامناسب از جمله کشت متراکم و خروج کامل بقایای گیاهی از خاک در مناطق خشک و نیمه خشک باعث کاهش تدریجی و مداوم مواد آلی خاک شده است. این موضوع منجر به نامناسب شدن خصوصیات فیزیکی خاک شده است. افزودن کمپوست ضایعات آلی شامل زباله شهری و لجن فاضلاب می‌تواند به حل این مشکل کمک کند. اضافه نمودن کمپوست به خاک باعث تشکیل و پایدار شدن ساختمان خاک می‌شود. به منظور بررسی تأثیر ترکیبات آلی بر خصوصیات فیزیکی خاک آزمایشی به صورت طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل که فاکتورهای آزمایشی شامل نوع خاک (لوم سیلتی و رسی)، نوع کود آلی(کود دامی، کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب) و مقدار مصرف کود (۰، ۷۵، ۱۵۰ و ۳۰۰ متر مکعب در هکتار معادل ۰، ۱۷۵، ۳۵۰ و ۷۰۰ سانتی متر مکعب در هر گلدان با حجم ۷ لیتر) در سه تکرار بودند انجام شد. نمونه‌های خاک پس از هوا خشک شدن با الک ۲ میلی‌متری سرند شده و با تیمارهای کمپوست مخلوط و در گلدان‌های۷ لیتری ریخته شد. خصوصیات فیزیکی نمونه‌های خاک شامل جرم مخصوص ظاهری، جرم مخصوص حقیقی، تخلخل، درصد رس قابل انتشار، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) در حالتهای خشک و خیس اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که بیشترین کاهش جرم مخصوص ظاهری و رس قابل انتشار و افزایش MWD خیس در بالاترین سطح اختلاط لجن فاضلاب مشاهده شد. تأثیر مواد اصلاحگر آلی بر جرم مخصوص حقیقی، تخلخل و MWD خشک خاک معنی‌دار نبود. کاهش جرم مخصوص ظاهری و رس قابل انتشار در خاک لوم سیلتی و افزایش MWD خیس و خشک در خاک رسی بیشتر بود.

واژه های کلیدی: کوددامی، کمپوست زباله شهری، لجن فاضلاب، خصوصیات فیزیکی خاک

مقدمه

کمپوست به طرق مختلف بر خصوصیات خاک تأثیر می‌گذارد. کیفیت خاک را معمولاً با اندازه‌گیری خصوصیات خاک و یا با مشاهده غیر مستقیم مانند قابلیت تراکم‌پذیری، قابلیت فرسایش‌پذیری و حاصلخیزی می‌سنجند. در تعریفی دیگر، کیفیت خاک به طور مستقیم مربوط به باروری خاک بوده و توانایی خاک برای تولید گیاهان در شرایط مدیریتی بخصوص است و با اندازه‌گیری ارتباط نهاده‌های ورودی و خروجی در یک دوره زمانی مشخص سنجیده می‌شود. اخیراً تعریف کیفیت خاک تغییر یافته و به توانایی خاک در تولید گیاهان سالم و با وضعیت تغذیه‌ای مناسب گفته می‌شود که به شیوه‌ای پایدار و در مدت زمان طولانی به‌دست آید. در این تعریف باید سلامت افراد جامعه تضمین شده و خطری متوجه منابع طبیعی و محیط زیست نباشد (پار و همکاران، ۱۹۹۹). تبدیل زباله های شهری و لجن فاضلاب به

۱. نویسنده مسئول، آدرس: کد پستی، ۵۶۱۹۶۶۳۱۶۳

* دریافت: آبان ۱۳۸۸ و پذیرش: خرداد ۱۳۹۰

کمپوست و استفاده از آنها به عنوان یک کود آلی هم از نظر اصلاح خاک و افزایش سطح حاصلخیزی آن و هم از لحاظ جلوگیری از انتشار مواد آلوده کننده محیط زیست امری کاملاً ضروری است. تغییر خصوصیات فیزیکی خاک در اثر اضافه کردن کمپوست مربوط به افزایش درصد ماده آلی آن است. فولی و کوپرباند (۲۰۰۲) گزارش کردند که اضافه کردن ضایعات خمیر کاغذ و کمپوست حاصل از آن باعث افزایش کربن آلی خاک شده است و پس از اضافه کردن متوالی این مواد به مدت دو سال، مقدار آب قابل استفاده در خاک بین ۵ الی ۴۵ درصد افزایش یافته است. در این پژوهش، بین میزان آب قابل استفاده و میزان کربن آلی خاک رابطه خطی مشاهده شد. پس از اضافه کردن کمپوست حاصل از خمیر کاغذ، میزان آب مورد نیاز آبیاری سیب زمینی و دفعات لازم آبیاری در تیمارهای مختلف به ترتیب ۴ الی ۳۰ درصد و ۱۰ الی ۳۰ درصد، نسبت به تیمار شاهد، کاهش یافت. فایده مهم دیگر کاربرد اضافه کردن کمپوست به خاک بهبود و افزایش پایداری خاکدانه‌ها است که در اثر برهم کنش بین ریز جانداران و ذرات معدنی خاک به وجود می آید. کاپریل و همکاران (۱۹۹۰) اظهار داشتند که بین پایداری ساختمان خاک و وزن زنده میکروبی همبستگی خوبی وجود دارد. چسترز و همکاران (۱۹۵۷) نشان دادند که مصرف کمپوست به خاک در شرایط استریل، تأثیر اندکی بر افزایش پایداری خاکدانه‌ها داشته است که این نتیجه مؤید تأثیر بسیار زیاد ریز جانداران خاک بر پایداری ساختمان خاک است. با پایدار شدن ساختمان خاک، میزان تخلخل خاک افزایش و میزان جرم مخصوص ظاهری کاهش می‌یابد و در نتیجه میزان نفوذ پذیری خاک نسبت به آب و هوا بیشتر می‌شود. همچنین اضافه کردن کمپوست به خاک سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک می شود (هرناندو و همکاران، ۱۹۸۹؛ استیوارت و همکاران،۱۹۹۸ ؛ دیک و مک‌کوی، ۱۹۹۳؛ رودریگز و همکاران، ۱۹۹۴). تأثیر کمپوست بر جرم مخصوص ظاهری خاک به‌دلیل کم بودن چگالی خود کمپوست و تأثیر آن بر افزایش اندازه و مقدار خلل و فرج خاک می‌باشد (دیک و مک‌کوی، ۱۹۹۳). اضافه کردن کمپوست به خاک سبب کاهش مقاومت خاک که با دستگاه فرو سنج اندازه‌گیری می‌شود شده است (آونیملچ و همکاران، ۱۹۸۹). تستر (۱۹۹۰) گزارش نمود ۵ سال بعد از اضافه کردن کمپوست به خاک، با افزایش مقدار کمپوست مقدار مقاومت خاک در عمق ۲۰ سانتی‌متری زیر محل اضافه کردن کمپوست، کاهش یافته است. کلیک و همکاران (۲۰۰۴) تأثیر کمپوست، میکوریزا وکودهای آلی را روی بعضی خصوصیات فیزیکی خاک بررسی کردند و گزارش کردند که میکوریز نقش مؤثری در استحکام خاکدانه ها دارد و هر دو تیمار باعث کاهش جرم مخصوص و افزایش مواد آلی می‌گردند. گارسیا ارنز و همکارن (۲۰۰۵) فاکتورهای کنترل کننده استحکام خاکدانه ها و جرم مخصوص را در دو خاک مختلف تیمار شده توسط لجن فاضلاب مورد بررسی قراردادند و به این نتیجه رسیدند که اضافه نمودن بیوسالیدها به خاک باعث افزایش چشمگیر کربن آلی ودرصد استحکام خاکدانه ها و کاهش جرم مخصوص هر دو خاک می شود. اوانیلو (۱۹۹۷) تأثیر افزودن مواد آلی (کمپوست زباله) وکودهای شیمیایی را بر کیفیت خاک بررسی کرد و نتیجه گرفت که جمعیت میکرو ارگانیسم‌های مفید در خاک‌هایی که در آنها کود آلی استفاده شده بود بیشتر از خاک‌هایی بود که در آن‌ها کود غیر آلی به کار گرفته شده بود و کمپوست زباله، کیفیت خاک را بسیار بیشتر از کودهای شیمیایی افزایش داد. تجادا و گنزالز (۲۰۰۷) در بررسی تأثیر ۴ نوع کود آلی بر ساختمان خاک و هدر رفت آن زیر باران شبیه‌سازی شده به این نتیجه رسیدند که هر چهار نوع کود آلی (کمپوست ضایعات پنبه، کمپوست ضایعات زیتون، لجن فاضلاب و کمپوست زباله شهری) باعث کاهش جرم مخصوص و ناپایداری خاکدانه و هدررفت خاک می‌شوند. تأثیر کمپوست ضایعات پنبه و زیتون مشابه به هم و مؤثرتر از لجن فاضلاب و کمپوست زباله شهری بود که این موضوع به دلیل حضور اسید هومیک بیشتر در کمپوست ضایعات پنبه و زیتون و اسید فولویک بیشتر در لجن فاضلاب و کمپوست زباله شهری می‌باشد. بهره‌مند و همکاران (۱۳۸۱) تأثیر لجن فاضلاب بر برخی ویژگی های فیزیکی خاک را بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که لجن فاضلاب در خاک باعث افزایش معنی‌دار پایداری خاک‌دانه ها، هدایت هیدرولیکی اشباع، سرعت نفوذ نهایی، درصد رطوبت در ۱/۳ و ۱۵ بار و آب قابل استفاده گیاه در خاک می‌گردد. برای خواص فیزیکی اندازه‌گیری شده، بهترین نتایج در بالاترین سطح تیمار (۱۰۰ تن در هکتار) مشاهده شد. به طور کلی افزودن لجن فاضلاب به خاک اثر مطلوبی بر ویژگی‌های فیزیکی آن دارد، و این موضوع مخصوصاً در مورد افزایش آب قابل استفاده گیاه و نفوذپذیری خاک در مناطق مرکزی ایران که با کمبود آب رو به رو هستند، بسیار اهمیت دارد. زایری و همکاران (۱۳۸۴) اثرات تجمعی و باقیمانده لجن فاضلاب بر پایداری خاکدانه ها، نفوذپذیری و جرم مخصوص ظاهری خاک را بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که استفاده از لجن فاضلاب در دو سال پیاپی باعث افزایش نفوذپذیری و پایداری خاکدانه‌ها و کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک

در زمان های اول و دوم شده، همچنین لجن فاضلاب باقیمانده در خاک نیز باعث افزایش نفوذپذیری و پایداری خاکدانه‌ها و کاهش جرم مخصوص ظاهری در مقایسه با تیمار شاهد گردید. نتایج بدست آمده حاکی از اینست که تأثیر لجن فاضلاب و تداوم آن به میزان زیادی وابسته به میزان لجن مصرفی خواهد بود. میرزایی و همکاران (۱۳۸۸) تأثیر کاربرد کودهای آلی بر خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک و تولید محصول و ماده خشک گوجه فرنگی را بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که اثر تیمارها بر خصوصیات شیمیایی خاک شامل درصد کربن، مواد آلی، نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم قابل جذب، pH خاک و CEC در سطح ۱٪ معنی دار بوده ولی تیمارها اثر معنی‌داری بر هدایت الکتریکی خاک نداشت. همچنین وضعیت عناصر میکرو خاک تحت تأثیر تیمارها قرار گرفته و مصرف کودهای آلی موجب افزایش غلظت این عناصر در خاک گردید. اثر تیمارها بر خصوصیات فیزیکی خاک شامل وزن مخصوص ظاهری خاک، درصد خلل و فرج خاک و هدایت هیدرولیکی خاک اشباع در سطح ۱٪ معنی دار بود ولی بر خصوصیت خاکدانه ای خاک اثر معنی‌داری نداشتند. میزان ماده خشک ریشه و اندام های هوایی گوجه فرنگی نیز در اثر مصرف کود های آلی و شیمیایی در مقایسه با تیمار بدون کود افزایش یافت و بالاترین میزان ماده خشک در تیمارهای کاربرد ورمی کمپوست و کود شیمیایی بدست آمد. بر اساس نتایج این آزمایش می‌توان بیان کرد که مصرف کودهای آلی بخصوص به شکل کمپوست شده ضمن افزایش عملکرد گیاه اثرات مثبت و مفیدی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک داشته که خود منجر به حفظ سلامت و حاصلخیزی خاک و تولید پایدار در دراز مدت خواهد شد. با توجه به کاهش شدید میزان موادآلی خاک‌های کشور و لزوم اضافه کردن کودهای آلی و همین‌طور با در نظر گرفتن محدودیت تهیه این نوع کودها، استفاده از لجن فاضلاب و سایر ضایعات آلی در آینده اجتناب ناپذیر است، لذا این تحقیق با هدف بررسی تأثیر نوع و درصد اختلاط مواد اصلاحگر آلی بر خصوصیات فیزیکی دو نوع خاک لوم سیلتی و رسی انجام شده است.

مواد و روش‌ها

برای تهیه نمونه‌های خاک از خاک‌های اطراف شهر رشت (مزرعه تحقیقاتی و جنب آزمایشگاه دانشگاه گیلان)که متعلق به تحت رده Udalf بود نمونه اولیه تهیه و قرائت هیدرومتری در زمان‌های ۳۰ و ۶۰ ثانیه و۱،۵ و ۲۴ ساعت انجام گرفته و دو نوع خاک با بافت‌های لوم سیلتی و رسی انتخاب و مقدار کافی خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری برداشته و به گلخانه جهت اجرای طرح منتقل گردید. کمپوست زباله شهری پایدار (فاقد بو) از کارخانه کمپوست زباله شهری رشت، لجن خشک فاضلاب هضم شده از تصفیه خانه فاضلاب شهری تبریز و کود گاوی کاملاً پوسیده از گاوداری‌های اطراف شهر اردبیل تهیه شد. نمونه‌های مرکب از لجن، زباله و کود دامی برای تعیین خصوصیات شیمیایی آنها تهیه و در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد خشک شده و خصوصیات شیمیایی آن شامل pH (با دستگاه pH متر) و EC (با دستگاه هدایت سنج) در عصاره حجمی ۱:۲/۵ کمپوست و آب مقطر، کربن آلی (با روش والکلی بلک)، ازت (با روش کجلدال با دستگاه اتوماتیک)، فسفر (با روش رنگ سنجی با دستگاه اسپکتروفتومتر)، پتاسیم (با دستگاه فلیم فتومتر) اندازه‌گیری شد (اسپارکز ۱۹۹۶). نمونه‌های کمپوست در مجاورت هوا خشک شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. نمونه‌های خاک پس از هوا خشک شدن و گذراندن از الک ۲ میلی‌متری با مقدار مورد نظر کمپوست کاملاً مخلوط و در گلدان‌های ۷ لیتری ریخته شد. قبل از ریختن خاک به گلدان ها مقدار مورد نظر کمپوست با خاک گلدان‌ها کاملاً مخلوط گردید. برای کنترل رطوبت نمونه‌ها، پس از اضافه کردن خاک و کمپوست ها به گلدان‌ها، گلدان‌ها با آب شهری اشباع شده و پس از خروج آب اضافی و ثابت شدن رطوبت نمونه‌ها (حد ظرفیت مزرعه‌ای) آبیاری گلدان‌ها به طور متوالی با اسپری کردن آب به منظور جلوگیری از خشک شدن سطح خاک گلدان‌ها و حفظ رطوبت در حد ظرفیت مزرعه‌ای انجام شد. دمای محیطی نیز در حد معمول گلخانه (۳ $\pm$ ۲۵درجه سانتی‌گراد) بوده و از وسیله گرمایشی برای فصول سرد استفاده شد. در زمان ۸ ماه نمونه‌های خاک از گلدان‌ها تهیه شده و خصوصیات خاک شامل جرم مخصوص ظاهری (با روش سیلندر)، جرم مخصوص حقیقی (با روش پیکنومتر)، تخلخل (با محاسبه از روی جرم مخصوص ظاهری و حقیقی)، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) در حالت خیس (با سری الک‌های غوطه‌ور در داخل آب)، MWD در حالت خشک (با دستگاه تکان دهنده الک) و درصد رس قابل انتشار (با تقسیم نمودن درصد رس قابل انتشار با آب مقطر به درصد رس قابل انتشار با کالگن) اندازه‌گیری شد (کلوت ۱۹۹۶). طرح آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار بوده که فاکتور اول سه نوع کمپوست (زباله شهری، لجن فاضلاب و کود دامی کاملاً پوسیده)، فاکتور دوم میزان کمپوست در چهار سطح (۰، ۱۵۰،۷۵ و ۳۰۰ متر مکعب در هکتار معادل ۰، ۳۵۰،۱۷۵ و ۷۰۰ سانتی‌متر مکعب در هر گلدان) و فاکتور

سوم خاک در دو نوع (خاک لوم سیلتی، خاک رسی) می‌باشد. مجموعاً ۷۲ گلدان برای اجرای آزمایش استفاده شد. داده‌ها با نرم افزارMSTATC آنالیز شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن برای تعیین تأثیر نوع کمپوست، نوع خاک و سطوح مصرف کمپوست انجام شد.

نتایج و بحث

مشخصات فیزیکی خاک‌های مورد بررسی در جدول ۱ نشان داده شده است. سه نوع ماده آلی مورد بررسی شامل کمپوست زباله شهری، لجن فاضلاب و کود دامی بود که خصوصیات شیمیایی آن‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر ساده نوع خاک بر کلیه پارامترها به جز جرم مخصوص حقیقی و تخلخل و اثر ساده نوع ماده افزودنی بر جرم مخصوص ظاهری خاک و اثر ساده سطح اختلاط بر جرم مخصوص ظاهری، رس قابل انتشار و MWD خیس خاک در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل خاک و سطح اختلاط بر همه پارامترها به جز جرم مخصوص ظاهری و رس قابل انتشار، اثر متقابل ماده افزودنی و سطح اختلاط و نیز اثر متقابل خاک، ماده افزودنی و سطح اختلاط بر رس قابل انتشار و MWD خیس خاک معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین برای بررسی تأثیر تیمارها بر خصوصیات فیزیکی خاک بر حسب نوع خاک در شکل ۱ نشان داده شده است. جرم مخصوص ظاهری و رس قابل انتشار و MWD خیس و خشک در خاک لوم سیلتی کمتر از خاک رسی بود (شکل ۱a، ۱b، ۱c و ۱d). میزان کاهش درصد رس قابل انتشار در خاک رسی ۵۳/۶ درصد و در خاک لوم سیلتی ۵۷/۴ درصد بوده است که کاهش بیشتر در نمونه خاک لوم سیلتی احتمالاً ناشی از کم بودن درصد رس قابل انتشار در آن بوده است. دکستر و زیز (۲۰۰۰) گزارش کردند که یک همبستگی منفی چشمگیری بین رس قابل انتشار و مقدار کربن آلی خاک مشاهده می‌گردد. نتایج مقایسه میانگین برای بررسی تأثیر تیمارها بر خصوصیات فیزیکی خاک بر حسب نوع ماده افزودنی در شکل ۲ نشان داده شده است. کمترین مقدار جرم مخصوص ظاهری خاک مربوط به تیمار لجن فاضلاب بود که با تیمارهای شاهد و کود دامی و کمپوست زباله شهری تفاوت معنی‌داری داشت. تیمارهای کود دامی و کمپوست زباله شهری نیز جرم مخصوص ظاهری خاک را کاهش دادند ولی این کاهش نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار نبود (شکل ۲). گارسیا ارنز و همکاران (۲۰۰۵) و کلیک و همکاران (۲۰۰۴) و دیک و مک‌گوی (۱۹۹۳) نشان دادند که جرم مخصوص ظاهری خاک با افزودن مواد آلی کاهش می یابد. نتایج مقایسه میانگین برای بررسی تأثیر تیمارها بر خصوصیات فیزیکی خاک بر حسب سطح اختلاط در شکل ۳ نشان داده شده است. با افزایش سطح اختلاط مواد آلی، مقدار جرم مخصوص ظاهری و رس قابل انتشار خاک به طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۳a و ۳b). با افزایش سطح اختلاط، MWD خیس خاک به طور معنی‌داری افزیش یافت و بین سطوح متوسط و بالای اختلاط تفاوت معنی‌داری دیده نشد، به عبارتی دیگر استفاده از سطوح بالای کودهای آلی مذکور برای افزایش این پارامتر مقرون به صرفه نخواهد بود. لازم به ذکر است که مقدار این پارامتر در سطوح پایین اختلاط نیز تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت (شکل ۳c). لی و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که خواص فیزیکی با افزودن مواد آلی، متناسب با مقدار ماده آلی افزوده شده تغییر می‌کند. کاسادوولا و همکاران (۲۰۰۶) تأثیر کاربرد سطوح مختلف کمپوست لجن فاضلاب بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آهکی در کالیفرنیا را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که مقدار ماده آلی، نیتروژن کل، فسفر قابل استفاده، هدایت هیدرولیکی و عناصر سنگین همگی با زیاد شدن مقدار کمپوست مصرف شده افزایش می‌یابد. نتایج مقایسه میانگین برای بررسی اثرات متقابل نوع خاک و سطح اختلاط بر خصوصیات خاک در شکل ۴ آمده است. بیشترین مقدار جرم مخصوص حقیقی مربوط به خاک رسی بدون اضافه شدن مواد اصلاحگر آلی بود ولی اختلاف معنی‌داری بین سایر تیمارها در دو نوع خاک وجود نداشت (شکل ۴a). با افزایش سطح اختلاط در خاک لوم سیلتی تخلخل خاک به طور غیر معنی‌داری افزایش یافت ولی در خاک رسی این تأثیر معنی‌دار نبود و روند کاهشی است (شکل ۴b). بیشترین مقدار MWD خشک خاک در تیمار CC1 (سطح اول اختلاط در خاک رسی) و کمترین مقدار آن در تیمار SiLC1 (سطح اول اختلاط در خاک لوم سیلتی) مشاهده شد ولی تفاوت بین تیمارها معنی‌دار نبود (شکل ۴c). در هر دو نوع خاک مورد آزمایش، با افزایش سطح اختلاط مقدار MWD خیس خاک افزایش یافت که این افزایش نسبت به تیمار شاهد، در خاک رسی غیر معنی‌دار و در خاک لوم سیلتی معنی‌دار بود.

بیشترین مقدار MWD خیس خاک در تیمار CC2 (سطح دوم اختلاط در خاک رسی) و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد در خاک لوم سیلتی مشاهده شد (شکل ۴d). شلتون (۱۹۹۷) نشان داد که افزودن کمپوست زباله شهری باعث بهبود خصوصیات خاک‌های شنی و رسی شده است و این تأثیر در هر دو خاک متناسب با افزایش

سطح اختلاط بود. نتایج مقایسه میانگین برای بررسی اثرات متقابل نوع ماده افزودنی و سطح اختلاط بر خصوصیات خاک در شکل ۵ آمده است. درصد رس قابل انتشار خاک در تیمار شاهد (سطح اختلاط صفر) بیشترین مقدار و در تیمار لجن فاضلاب با بالاترین سطح اختلاط کمترین مقدار را داشت. با افزایش سطح اختلاط در تیمار کود دامی مقدار این پارامتر به طور غیر معنی دار و در تیمار لجن فاضلاب و کمپوست زباله شهری به طور معنی داری نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (شکل 5a). با افزایش سطح اختلاط، افزایش MWD خیس خاک در سطوح متوسط و بالای اختلاط تیمار لجن فاضلاب و در بالاترین سطح اختلاط تیمار کمپوست زباله شهری معنی دار و در تیمار کود دامی غیر معنی دار بود. بیشترین مقدار MWD خیس خاک مربوط به تیمار لجن فاضلاب با بالاترین سطح اختلاط بود (شکل 5b). ماریناری و همکاران (۲۰۰۰) در ارزیابی تأثیر مقادیر مختلف کودهای آلی و معدنی روی خواص فیزیکی و بیولوژیکی خاک به این نتیجه رسیدند که کودهای آلی باعث بهبود خواص فیزیکی و بیولوژیکی خاک می‌شود که به افزایش ماکروپورها و منافذ بهم پیوسته مربوط می‌شود و این امر موجب سهولت نفوذ ریشه ها و آب و هوا می‌گردد. کودهای معدنی نیز با افزایش منافذ (به طور منظم یا نامنظم) باعث افزایش تخلخل خاک می‌شود ولی تأثیر آنها کمتر از کودهای آلی بوده است، در این تحقیق نیز بهبود کیفیت خاک متناسب با افزایش سطح اختلاط بود. نتایج مقایسه میانگین برای بررسی اثرات متقابل نوع خاک، ماده افزودنی و سطح اختلاط بر خصوصیات خاک در شکل ۶ آمده است. کمترین مقدار رس قابل انتشار به ترتیب در تیمارهای CT3C3 (تیمار لجن فاضلاب با بالاترین سطح اختلاط در خاک رسی) و SiLT3C3 (تیمار لجن فاضلاب با بالاترین سطح اختلاط در خاک لوم سیلتی) ملاحظه گردید یعنی در تیمار لجن فاضلاب با بالاترین سطح اختلاط بین دو نوع خاک مختلف تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بیشترین مقدار رس قابل انتشار نیز در تیمار های شاهد دیده شد.

در هر دو نوع خاک، کاهش رس قابل انتشار نسبت به تیمار شاهد، در سطوح بالای اختلاط مواد آلی معنی‌دار بود (شکل 6a). مقدار MWD خیس در کلیه تیمارها و در تمامی سطوح، در خاک لوم سیلتی به طور معنی‌داری کمتر از خاک رسی بود. بیشترین مقدار این پارامتر به ترتیب در تیمار CT3C3 (تیمار لجن فاضلاب با بالاترین سطح اختلاط در خاک رسی) و CT3C2 (تیمار لجن فاضلاب با سطح دوم اختلاط در خاک رسی) مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت (شکل 6b).

نتیجه‌گیری کلی

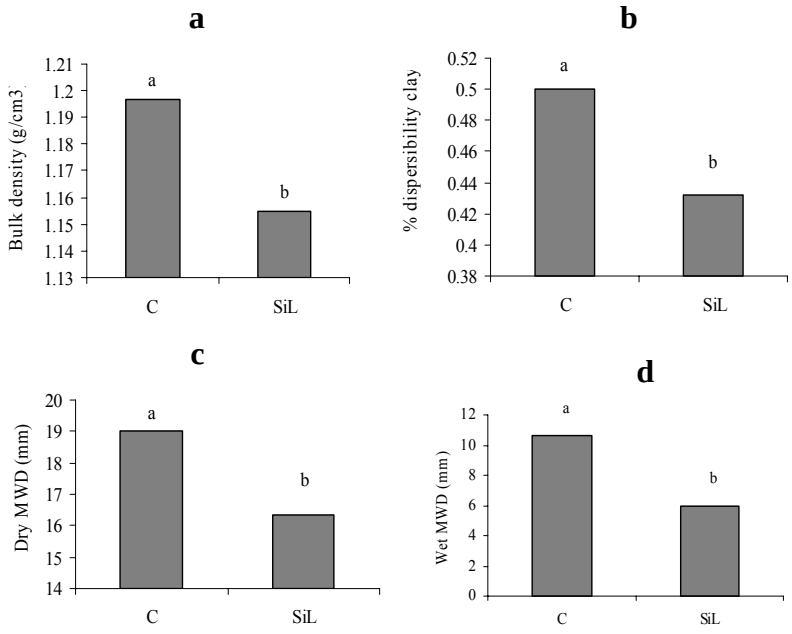
تأثیر کاربرد مواد آلی بر خصوصیات فیزیکی خاک به استثنای جرم مخصوص ظاهری و رس قابل انتشار، در خاک رسی بهتر از خاک لوم سیلتی بوده و تأثیر آنها متناسب با سطح اختلاط مواد با خاک بود. در رابطه با اثر نوع ماده افزودنی بر خواص فیزیکی خاک به جز پارامتر جرم مخصوص ظاهری، تفاوت معنی‌داری بین سایر تیمارها ملاحظه نشد. جرم مخصوص ظاهری خاک در تیمار لجن فاضلاب با مقدار ۱/۱۵۲ کمترین مقدار را به خود اختصاص داد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی خاک‌های مورد آزمایش

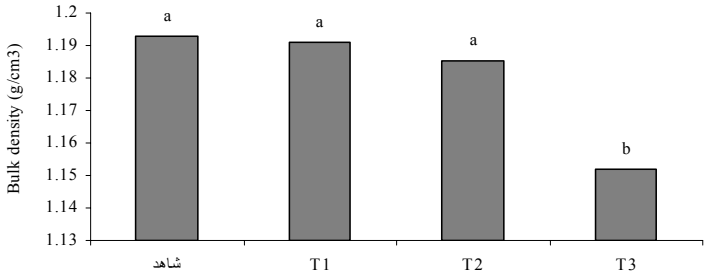
خصوصیات فیزیکی	خاک رسی	خاک لوم سیلتی
جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)	۱/۰۴۷	۱/۱۵۵
جرم مخصوص حقیقی (g/cm^3)	۲/۱۳۰	۲/۴۸۰
درصد تخلخل	۵۰/۸۵	۳۷/۵
درصد رس قابل انتشار	۰/۹۱۶	۰/۷۴۰
میانگین وزنی قطر خاکدانه ها (خشک) mm	۰/۶۲۳۲۸	۰/۴۸۱۰۴
میانگین وزنی قطر خاکدانه ها (تر) mm	۰/۲۴۹۹۶	۰/۱۸۴۶۴
درصد رس	۵۲	۳۴
درصد شن	۱۸	۳۰
درصد سیلت	۳۰	۳۶

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی اولیه مواد آلی افزودنی

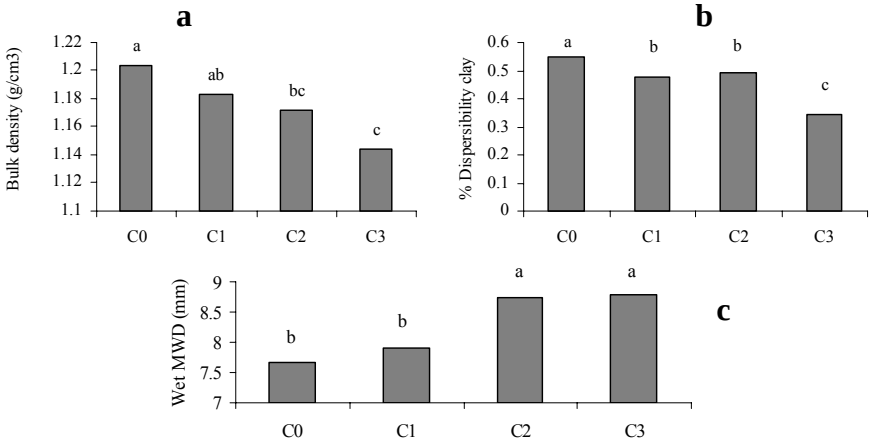
خصوصیات شیمیایی	کمپوست زباله شهری	لجن فاضلاب	کود دامی
pH	۶/۸۴	۷/۰۸	۷/۵۱
هدایت الکتریکی(dS/m)	۱۵/۸۷	۵/۲۹	۳/۳۲
درصد کربن آلی	۱۹/۵	۱۹/۱۱	۱۶/۷۷
درصد نیتروژن کل	۱/۰۵	۱/۳۰۲	۱/۲
درصد فسفر کل	۰/۵۵	۲/۰۷۵	۰/۸۱
درصد پتاسیم کل	۰/۶۳۶	۰/۴۸	۰/۹۵



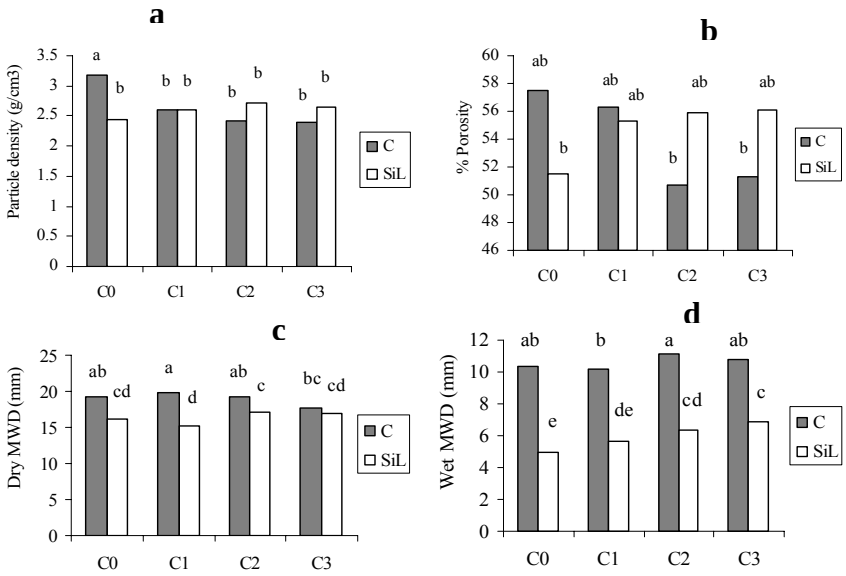
شکل ۱- مقایسه میانگین اثر ساده نوع خاک بر جرم مخصوص ظاهری (a)، رس قابل انتشار (b)، MWD خشک (c) و MWD خیس (d)، [C خاک رسی و SiL خاک لوم سیلتی]



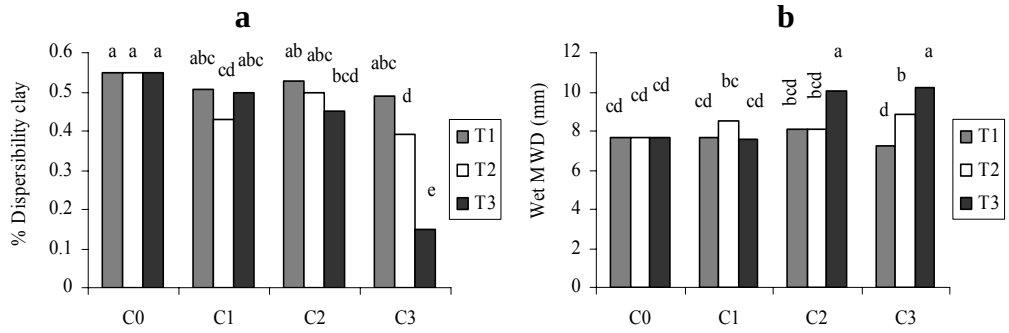
شکل ۲- مقایسه میانگین اثر ساده نوع ماده افزودنی بر جرم مخصوص ظاهری [T1 تیمار حاوی کود دامی، T2 تیمار حاوی کمپوست زباله شهری و T3 تیمار حاوی لجن فاضلاب]



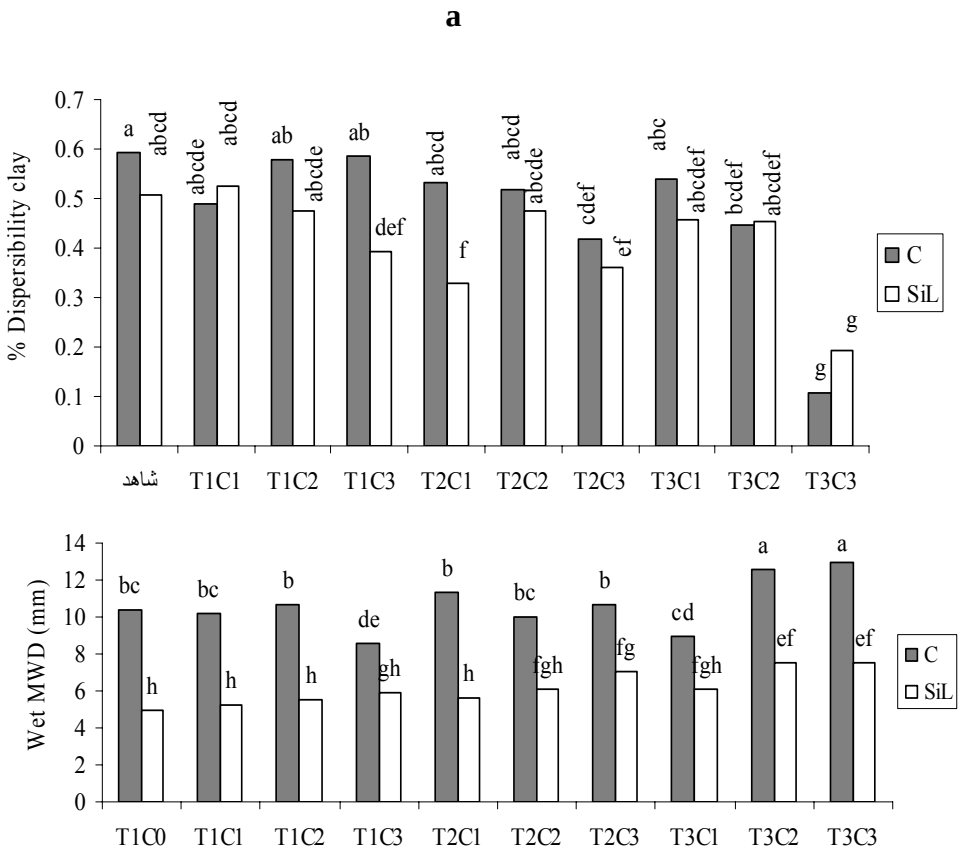
شکل ۳- مقایسه میانگین اثر ساده سطح اختلاط بر جرم مخصوص ظاهری (a)، رس قابل انتشار (b) و MWD خیس (c)، [C0 سطح اختلاط صفر، C1 (۷۵ متر مکعب در هکتار)، C2 (۱۵۰ متر مکعب در هکتار) و C3 (۳۰۰متر مکعب در هکتار)]



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل خاک و سطح اختلاط بر جرم مخصوص حقیقی (a)، تخلخل (b)، MWD خشک (c) و MWD خیس(d)، [C خاک رسی، SiL خاک لوم سیلتی، C0 سطح اختلاط صفر، C1 (۷۵ متر مکعب در هکتار)، C2 (۱۵۰ متر مکعب در هکتار) و C3 (۳۰۰متر مکعب در هکتا ر)]



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل ماده افزودنی و سطح اختلاط بر رس قابل انتشار (a) و MWD خیس (b)، [T1 تیمار کود دامی، T2 تیمار کمپوست زباله شهری، T3 تیمار لجن فاضلاب،C0 سطح اختلاط صفر، C1 (۷۵ متر مکعب در هکتار)، C2 (۱۵۰ متر مکعب در هکتار) و C3 (۳۰۰ متر مکعب در هکتار)]



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع خاک، ماده افزودنی و سطح اختلاط بر رس قابل انتشار (a) و MWD خیس(b)، [C خاک رسی، SiL خاک لوم سیلتی، T1 تیمار کود دامی، T2 تیمار کمپوست زباله شهری، T3 تیمار لجن فاضلاب، سطح اختلاط C1 (۷۵ متر مکعب در هکتار) ، C2 (۱۵۰ متر مکعب در هکتار) و C3 (۳۰۰ متر مکعب در هکتار)]

فهرست منابع:

۱. بهره‌مند، م.ر.، م. افیونی.، م.ع. حاج عباسی و ی. رضایی نژاد. ۱۳۸۱. اثر لجن فاضلاب بر برخی ویژگی های فیزیکی خاک. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۶(۴): ۱-۱۰.

۲. زایری، ع.، ی. رضایی نژاد.، م. افیونی و ح. شریعتمداری. ۱۳۸۴. اثرات تجمعی و باقیمانده لجن فاضلاب بر پایداری خاکدانه ها، نفوذپذیری و جرم مخصوص ظاهری خاک. مجله علمی کشاورزی. ۲۸(۱): ۱۰۱-۱۱۰.

۳. میرزایی تالار پشتی، ر.، ج. کامبوزیا.، ح. صباحی و ع. مهدوی دامغانی. ۱۳۸۸. اثر کاربرد کودهای آلی بر خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک و تولید محصول و ماده خشک گوجه فرنگی. پژوهشهای زراعی ایران. ۷(۱): ۲۵۹-۲۷۰.

4. Avnimelech, Y., M. Kochva, and Y. Yotal. 1989. The use of compost as soil amendment. The International Symposium on Compost Fecycling of the Wastes. Athens, Greece.
5. Capriel, P., R. Beck, H. Borchert, and P. Harter. 1990. Relationship between soil aliphatic fraction extracted with supercritical hexane, soil microbial biomass, and soil aggregate stability. Soil Sci. Soc. Am. J. 45: 415-421.
6. Casado – Vela, J., S. Selles., J. Navarro., M. A. Bustamante., J. Mataix., C. Guerrero, and I. Gomez. 2006. Evaluation of composted sewage sludge as nutritional source for horticultural soils. Waste Management. 26: 946-952.
7. Celik, I., I. Ortas. and S. Kilic. 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of chromoxerert. Soil and Tillage Research 78 (1): 59-67.
8. Chesters G., O. J. Attone, and O. N. Allen. 1957. Soil aggregation in relation to various soil constituents. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 21: 272-273.
9. Dexter, A.R. and E.A. Czyz. 2000. Effects of soil management on the dispersibility of clay in a sandy soil. Int. Agrophysics. 14:269-272.
10. Dick, W. A., and E. L. McCoy. 1993. Enhancing soil fertility by addition of compost. p 622-644. In: H.A. J. Hoitink, and H.M. Keener (eds.) Science and engineering of composting. Vol. 1, Wooster, Ohio.
11. Evanylo, G. 1997. Effects of organic and chemical Inputs on soil quality. Crop and Soil Environmental News.Virginia Cooperative Extension. Online available in: http://www.ext.vt.edu/news/periodicals/cses /1996-12/dec1203.html.
12. Foley B. J. and L.R. Cooperband. 2002. Paper mill residuals and compost effects on soil carbon and physical properties. Journal of environmental quality. 31: 2086-2095.
13. Garcia – Orenes , F., C. Guerrero., J. Mataix – Solera., J. Navarro – Pedreno., I. Gomez, and J. Mataix – Beneyto. 2005. Factors controlling the aggregate stability and bulk density in two different degraded soils amended with biosolids. Soil and Tillage Research. 82: 65- 76
14. Hernando, S., M. C. Lobo, and A. Polo. 1989. Effect of the application of a municipal refuse compost on the physical and chemical properties of soil. The science of the total environment, 81/82: 589-596.
15. Klute, A. 1996. Methods of Soil Analysis, Part I: Physical and Mineralogical Methods. SSSA Book Series No.5. Soil Sci. Soc. America Madison, WI. pp 1188.
16. Lee, J.J., R.D. Park, Y.W. Kim, J. H. Shim, D.H. Chae, Y.S. Rim, B.K. Sohn, T.H. Kim, and K.Y. Kim. 2004. Effect of food waste compost on microbial population, soil enzyme activity and luttuce growth. Bioresource Technol. 93(1): 21-28.
17. Marinari, S., G. Masciandaro., B. Ceccanti, and S. Grego. 2000. Influence of organic and mineral fertilisers on soil biological and physical properties. Bioresource Technology. 72: 9-17.
18. Paré, T., H. Dinel, and M. Schnitzer.1999. Extractability of trace metals during co-composting of biosolids and municipal solid wastes. Biol. Fert. Soils. 29: 31–37.

19. Rodriguez, M. S., J. M. Lopez-Real, and H. C. Lee. 1994. Composted organic wastes for spring wheat (Triticum aestivum cv. Canon) production. 3rd ESA congress, Abano-Padova.
20. Shelton, J.L.1997. Using Municipal solid waste compost. Nerthcurolina cooperative extension service. Pub. AG-439-19.
21. Sparks, D. 1996. Methods of soil analysis, Part 2: Chemical methods. SSSA Book Series No.5. Soil Sci. Soc. of America, Madison,WI. p 1264.
22. Stewart, D. P. C., K. C. Cameron, I.S. Cornforth and J.R. Sedcole.1998. Effects of spent mushroom substrate on physical condition and plant growth in an intensive horticultural system. Australian J. Soil Res. 36: 899-912.
23. Tejada, M, and J. L. Gonzalez. 2007. Influence of organic amendments on soil structure and soil loss under simulated rain. Soil and Tillage Research. 93:197–205.
24. Tester, C. F. 1990. Organic amendment effects on physical and chemical properties of a sandy soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 54: 827-831.