Archive of SID

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No.3, Jul-Aug 2011, p. 530-539

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۰، ص. ۵۳۹-۵۳۰

اثرات لجن فاضلاب پتروشیمی تبریز بر کربن آلی، شاخص‌های پایداری خاکدانه و حدود پایایی یک خاک منطقه نیمه خشک

شکراله اصغری[۱]

تاریخ دریافت:۸۹/۶/۱۶
تاریخ پذیرش:۸۹/۱۲/۱۵

چکیده

یکی از روش‌های ارتقای کیفیت فیزیکی خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک استفاده از اصلاح کننده‌های آلی ارزان قیمت مثل لجن فاضلاب است. تحقیق حاضر به منظور بررسی اثرات لجن بیولوژیکی فاضلاب پتروشیمی تبریز در ۴ مقدار (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ تن در هکتار) بر کربن آلی (OC)، میانگین وزنی قطر (MWD) خاکدانه (روش الک تر)، رس قابل انتشار در آب (WDC)، رطوبت حد سیلان (LL)، رطوبت حد خمیری (PL) و شاخص خمیرایی (PI = LL - PL) در طول زمان بر یک خاک منطقه نیمه خشک، در داخل گلدان های بزرگ (قطر ۵۰ و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر) انجام گرفت. همچنین خاک بدون لجن به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد و همه تیمارها شامل سه تکرار بودند. انکوباسیون تیمارها در داخل گلخانه در رطوبت ۷۰ تا ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه و دمای $22 \pm 4C^{\circ}$ به مدت ۶ ماه صورت گرفت. همه پارامترها در زمان‌های ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ روز اندازه‌گیری شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل (فاکتور اول ۵ سطح مصرفی لجن و فاکتور دوم ۳ زمان انکوباسیون) و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. نتایج نشان داد که کلیه مقادیر مصرفی لجن در مقایسه با شاهد به طور معنی‌دار ($P < ۰/۰۱$) OC را افزایش و WDC را کاهش دادند. همبستگی منفی ($r = -۰/۸۴$) بین OC و WDC در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. لجن فقط در مقادیر مصرفی ۷۵ و ۱۰۰ تن در هکتار باعث افزایش معنی‌دار ($P < ۰/۰۱$) رطوبت‌های LL و PL نسبت به شاهد گردید. همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r = ۰/۹۹$ ، $P < ۰/۰۰۱$) بین OC با رطوبت‌های LL و PL مشاهده شد. اثر مقادیر مصرفی لجن بر MWD و PI معنی‌دار نشد. همبستگی منفی و معنی‌دار ($r = -۰/۹۲$ ، $P < ۰/۱$) بین MWD و WDCدر سه زمان انکوباسیون یافت شد. این تحقیق نشان داد که لجن پتروشیمی به عنوان یک اصلاح کننده آلی ارزان قیمت باعث ارتقای کیفیت فیزیکی خاک منطقه نیمه خشک گردید.

واژه‌های کلیدی: لجن فاضلاب، خاک منطقه نیمه خشک، کربن آلی، پایداری خاکدانه، حدود پایایی

مقدمه

کربن آلی اگرچه یک خصوصیت فیزیکی خاک محسوب نمی‌شود ولی اکثر شاخص‌های کیفیت فیزیکی خاک مثل پارامترهای منحنی رطوبتی، جرم مخصوص ظاهری، تخلخل کل، میانگین وزنی قطر خاکدانه، رس قابل انتشار در آب و حدود آتربرگ را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۳۲). اکثر خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک ایران دارای کمتر از یک درصد ماده آلی هستند که این مسأله باعث ایجاد کیفیت فیزیکی ضعیف به ویژه از نظر پایداری ساختمان خاک در آنها گردیده است (۲۷ و ۳۵). یکی از روش‌های ارتقای کیفیت فیزیکی خاک در مناطق مذکور، استفاده از اصلاح کننده‌های آلی ارزان قیمت و سهل الوصول مثل لجن‌های فاضلاب شهری و یا صنعتی می‌باشد که در مقایسه با کود دامی و کاه و کلش می‌تواند مقرون به صرفه‌تر باشد. به طور متوسط ۳۰ میلیون تن لجن فاضلاب، سالانه در جهان تولید می‌شود که حدود ۲۱ میلیون تن آن به عنوان کود در زمین‌های کشاورزی استفاده می‌شود (۱۸). در ایران نیز با توجه به توسعه شهرنشینی و صنایع مختلف، میزان تولید لجن فاضلاب رو به افزایش است و با عنایت به غنی بودن این لجن‌ها از مواد آلی و معدنی مختلف، به نظر می‌رسد با استفاده از آنها در مناطق خشک و نیمه خشک بتوان گام مؤثری در جهت ارتقای کیفیت فیزیکوشیمیایی، بیولوژیکی و حاصلخیزی خاک برداشت. البته در برخی از این لجن‌ها ممکن است غلظت فلزات سنگین بیش از حد آستانه تحمل

۱ – استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی
Email: shasghari@uma.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

میکروارگانیسم‌ها و گیاهان باشد ولی با توجه به آهکی و قلیایی بودن اکثر خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک ایران، احتمال خطر مذکور بعید به نظر می‌رسد (۲۳).

گزارشات زیادی وجود دارد که در اثر افزودن مقادیر مختلف انواع لجن فاضلاب در مناطق خشک و نیمه خشک، کربن آلی خاک به طور معنی‌دار افزایش یافته است (۶، ۸، ۹، ۱۰ و ۱۹). خاکدانه‌سازی فرایندی است که در وقوع آن پارامترهای مختلف مثل ماده آلی، رس و آهک نقش دارد. تحقیق انجام گرفته توسط تاجیک (۴) بر روی خاک‌های برداشته شده از مناطق مختلف ایران نشان داد که در مجموعه مناطق، تغییرات پایداری خاکدانه‌ها به طور عمده متأثر از مقدار ماده آلی (R^2 = ۰/۷۲۳ در سطح احتمال ۰/۰۰۰۱) در مقایسه با سایر عوامل مثل رس و آهک بود. خزائی و همکاران (۵) نیز نتایج مشابهی را گزارش نمودند. برای ارزیابی پایداری ساختمان خاک می‌توان از شاخص‌هایی نظیر پایداری خاکدانه‌ها در آب (WAS)[1]، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD)[2] و رس قابل انتشار در آب (WDC)[3] استفاده نمود. ایگوه و یودگبونام (۲۲) و تاجیک (۴) بیان کردند که پارامتر WDC از شاخص‌های غیر مستقیم ارزیابی پایداری ساختمان خاک بوده و با پارامترهای WAS و MWD همبستگی منفی و معنی‌دار دارد. نتایج تحقیق مارتنز و فرانکنبرگر (۲۶) نشان داد که در اثر افزودن ۲۵ تن در هکتار لجن فاضلاب به تعداد سه مرتبه و در طی دو سال به یک خاک لومی، کربن آلی ۸۴ درصد افزایش و در نتیجه WAS، ۲۲/۵ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت. بهره مند و همکاران (۳) گزارش کردند که اضافه کردن ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ تن در هکتار لجن فاضلاب به یک خاک لوم رسی در منطقه اصفهان باعث افزایش معنی‌دار MWD (روش الک تر) در مقایسه با شاهد گردید. نتایج تحقیق دبوز و همکاران (۱۵) نشان داد که ۱۱ ماه پس از افزودن ۴/۲ تن در هکتار لجن فاضلاب به یک خاک لوم شنی در مزرعه، پایداری خاکدانه‌ها در آب ۱۰/۷۵ درصد افزایش و در نتیجه رس قابل انتشار ۴۸ درصد کاهش یافت.

پایایی و قوام خاک[4] ویژگی از خاک است که رفتار و یا مقاومت خاک را در مقابل نیروهای وارده بر آن در یک محدوده رطوبتی نشان داده و از خواص خاک‌های ریز دانه (متوسط و ریز بافت) به شمار می‌رود (۱۹). پایایی خاک با رطوبت‌هایی مشخص می‌شود که به آنها حدود آتربرگ[5] گفته می‌شود که شامل حد سیلان[6] (LL)، حد خمیری[7] (PL) و شاخص خمیرایی[8] (PI) می‌باشد (۱). رطوبت PL و شاخص PI (LL-PL) از نظر تعیین رطوبت بهینه برای خاک‌ورزی حائز اهمیت بوده و تحت تأثیر مقدار ماده آلی، نوع و مقدار رس قرار می‌گیرند (۱). بر اساس گزارش دکستر و بیرد (۱۶) رطوبت بهینه برای خاک‌ورزی تقریباً برابر ۹۰ درصد رطوبت حد خمیری می‌باشد (θ_{opt} = PL 0.9). مصدقی و همکاران (۲۷) گزارش نمودند که با اضافه کردن ۵۰ و ۱۰۰ تن در هکتار کود گاوی به یک خاک لوم رسی در اصفهان، LL ، PL و PI به طور معنی‌دار نسبت به شاهد افزایش یافتند.

یکی از مسائل مهم در انتخاب اصلاح کننده‌های خاک[9]، فراوانی و سهولت دسترسی به آنها از جنبه اقتصادی مسأله می‌باشد. در مجتمع پتروشیمی تبریز از هر میلیون گالن فاضلاب حدود یک تن لجن خشک به دست می‌آید (۹) که در حال حاضر در کوره‌های ویژه‌ای سوزانیده می‌شود بنابراین تحقیق حاضر با هدف اصلی بررسی امکان استفاده از این لجن به علت فراوانی و سهولت دسترسی به آن برای اصلاح و یا ارتقای کیفیت فیزیکی یک خاک منطقه نیمه خشک منتخب از مزرعه بابلان دانشگاه محقق اردبیلی بر مبنای پارامترهای پایداری خاکدانه (MWD و WDC) و حدود آتربرگ (LL، PL و PI) به انجام رسید.

مواد و روش ها

تهیه و آماده سازی خاک و لجن

نمونه‌های خاک از لایه ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری یک زمین بایر واقع در مزرعه تحقیقاتی بابلان دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی (طول جغرافیایی ˚۳۸ و ´۱۹ شمالی و عرض جغرافیایی ˚۴۸ و ´۲۰شرقی) برداشته شد. لجن بیولوژیکی از تأسیسات تصفیه فاضلاب مجتمع پتروشیمی تبریز تهیه گردید. نمونه های خاک و لجن، هوا خشک شده سپس برخی ویژگی‌های مهم آنها بر اساس روش‌های معمول و استاندارد (۲۴ و ۳۰) اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

آزمایشات انکوباسیون

لجن هواخشک (۲mm >) در مقادیر صفر، ۱۱/۱۱، ۲۲/۲۲، ۳۳/۳۳ و ۴۴/۴۴ گرم بر کیلوگرم (به ترتیب معادل صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ تن در هکتار) خاک هواخشک با خاک مزرعه (گذرانده شده از الک ۴/۷۵mm) در رطوبت ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه (۰/۷۵ FC) مخلوط گردید سپس بر اساس جرم مخصوص ظاهری مزرعه

1- Water Aggregate Stability
2- Mean Weight Diameter
3- Water-Dispersible Clay
4- Soil consistency
5- Atterberge 's limit
6- Liquid Limit
7- Plastic Limit
8- Plasticity Index
9- Soil conditioners

www.SID.ir

Archive of SID

($1/18\ g/cm^3$) در داخل گلدان‌های پلاستیکی بزرگ به قطر ۵۰ و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر در سه تکرار پر گردید. انکوباسیون نمونه‌ها در داخل گلخانه دانشگاه محقق اردبیلی، در شرایط رطوبتی و حرارتی به ترتیب FC (۰/۸-۰/۷) و $22\pm4C^{\circ}$ به مدت ۶ ماه صورت گرفت. آماده سازی گلدان‌ها و کنترل رطوبت آنها مطابق روش ارائه شده توسط اصغری و همکاران (۱۱) انجام گرفت.

اندازه‌گیری پارامترها

نمونه‌های خاک دست‌خورده لازم برای اندازه‌گیری پارامترها، در زمان‌های ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ روز پس از شروع انکوباسیون و از عمق ۱۰ تا ۱۵ cm گلدان‌ها (دارای کمترین تغییرات رطوبتی و حرارتی) برداشته شد. کربن آلی به روش والکلی بلک (۳۰) اندازه‌گیری شد. میانگین وزنی قطر (MWD) خاکدانه‌ها به کمک دستگاه الک تر[1] در در خاکدانه‌های کوچکتر از ۴/۷۵ mm (تصحیح شده به وزن ذرات شن) مطابق روش کمپر-روسنو (۲۵) تعیین گردید. اندازه‌گیری رس قابل انتشار در آب (WDC) در خاکدانه‌های ۴/۷۵-۲ mm بر اساس کدورت‌سنجی با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۰ نانومتر مطابق دستورالعمل ارائه شده توسط پوجاسوک و کای (۳۱) صورت گرفت. برای اندازه‌گیری رطوبت حد سیلان (LL) از دستگاه کاساگرانده استفاده شد. برای این منظور ۳ نمونه درصد رطوبت وزنی مختلف بین ۱۲ تا ۳۸ ضربه اندازه‌گیری و از طریق ترسیم خط بین مقادیر رطوبت و تعداد ضربات، رطوبت معادل ضربه ۲۵ام به عنوان LL تعیین گردید (۷). برای اندازه‌گیری حد خمیری (PL) از روش تهیه فتیله استفاده گردید. به این ترتیب که ابتدا خمیر سفتی از خاک با دست به شکل فتیله درآورده شد. وقتی که قطر فتیله به حدود ۳ میلی‌متر رسید، به قطعات مختلف تقسیم شد و مجدداً به شکل فتیله درآورده شد. این عمل آنقدر ادامه یافت تا آثار ترک در فتیله نمایان شده و عملا به شکل فتیله به قطر حدود ۳ میلی‌متر تبدیل نشود. نمونه‌ای از این فتیله را در آون قرار داده و رطوبت وزنی آن برابر PL تعیین گردید (۷). اختلاف بین LL و PL به عنوان شاخص خمیرایی (PI) در نظر گرفته شد (PI= LL-PL).

تحلیل‌های آماری

آزمایش به صورت فاکتوریل (فاکتور اول ۵ مقدار مصرفی لجن و فاکتور دوم ۳ زمان انکوباسیون و اندازه‌گیری) با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. علت استفاده از طرح بلوک، غیر یکنواختی در تابش نور آفتاب به گلخانه بود. قبل از ورود داده‌ها به تجزیه واریانس، نرمال بودن توزیع داده‌ها با آزمون کولموگروف - اسمیرنوف[2] و با استفاده از نرم افزار Minitab 11 مورد آزمایش قرار قرار گرفت. به علت غیرنرمال بودن توزیع داده‌های مربوط به MWD و WDC، عمل تبدیل داده بر روی آنها صورت گرفت. تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن و با استفاده از نرم افزار MSTATC انجام گرفت.

نتایج و بحث

خصوصیات خاک و لجن

با توجه به جدول شماره ۱، مشاهده می‌شود که خاک مورد آزمایش دارای pH قلیایی بوده و کربنات کلسیم آن زیاد است، بنابراین یک خاک آهکی به شمار می‌رود. خاک‌های آهکی عموماً دارای ۶ درصد و یا بیشتر کربنات کلسیم هستند (۳۰). این خاک منطقه نیمه خشک به علت داشتن کربن آلی اندک (۱/۲۴ درصد)، دارای میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های کوچکتری است (MWD=۰/۲۹ mm) بنابراین از نظر درجه پایداری ساختمان خاک، ضعیف می‌باشد. همچنین آب قابل استفاده خاک مذکور علی رغم داشتن بافت متوسط (لوم) احتمالاً به علت وجود ماده آلی کم و یا بالا بودن میزان رطوبت نقطه پژمردگی دائم (PWP) در وضعیت پایین‌تری (۶/۶۱ درصد وزنی) قرار دارد. جدول ۱ نشان می‌دهد که لجن به‌کار رفته در تحقیق حاضر دارای ۳۶ درصد کربن آلی و ۵/۱۸ درصد ازت کل است لذا انتظار بر آن بود که مصرف آن در خاک مورد آزمایش باعث ارتقای کیفیت فیزیکی به ویژه از نظر پایداری ساختمان خاک گردد. مشاهدات آزمایش این قضیه را تایید کرد به این صورت که، موقع اشباع کردن استوانه‌های فولادی ($100cm^3$) حاوی نمونه خاک دست نخورده که از تیمارهای مورد آزمایش برداشته شده بودند مشخص گردید نمونه‌های خاک شاهد (بدون لجن) به علت ضعیف بودن پایداری ساختمان و یا وجود احتمالی رس‌های تورم پذیر، حدود ۵mm متورم شده و از لبه بالایی استوانه بیرون زدند در حالیکه در نمونه‌های خاک اصلاح شده با لجن این مساله رخ نداد.

اثر لجن فاضلاب و زمان انکوباسیون بر کربن آلی خاک

اثر اصلی مقدار مصرفی لجن و زمان انکوباسیون بر کربن آلی خاک در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول۲). مقایسه میانگین‌ها در جدول ۳ نشان می‌دهد که کلیه مقادیر مصرفی لجن باعث افزایش معنی‌دار ($P<0/01$) کربن آلی خاک نسبت به شاهد گردیدند. با توجه به شکل ۱ نیز مشاهده می‌شود همبستگی خطی معنی دار

1- Wet sieving equipment

2- Kolmogorov-Smirnov

www.SID.ir

Archive of SID

(r =۰/۹۹ ***) بین مقادیر مصرفی لجن و کربن آلی خاک وجود داشته و با افزایش مقادیر مصرفی لجن، کربن آلی نیز افزایش یافته است. بین مقادیر میانگین کربن آلی در کلیه تیمارهای مصرفی لجن، اختلاف معنی‌دار وجود داشته و بیشترین مقدار کربن آلی در تیمار ۱۰۰ تن در هکتار لجن حاصل گردید (جدول ۳). نتایج مشابهی در رابطه با کاربرد مقادیر مختلف انواع لجن فاضلاب در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک ایران (۸ و ۱۹) و سایر کشورها (۱۰ و ۱۲) به‌دست آمده است.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های خاک و لجن مورد مطالعه

ویژگی	واحد	خاک	لجن
pH*	–	۸/۲۵	۷/۴۷
هدایت الکتریکی عصاره ۱ : ۲ (لجن : آب)	dS/m	۰/۷۹	۱/۴۹
کربن آلی	٪	۱/۲۴	۳۶
ازت کل	٪	۰/۰۸	۵/۱۸
کربنات کلسیم معادل	٪	۲۰	–
میانگین وزنی قطر خاکدانه	mm	۰/۲۹	–
رطوبت ظرفیت مزرعه (FC)	درصد وزنی	۲۳/۱۴	–
رطوبت نقطه پژمردگی دایم (PWP)	درصد وزنی	۱۶/۵۳	–
آب قابل استفاده (FC – PWP)	درصد وزنی	۶/۶	–
شن	٪	۴۷/۰۴	–
سیلت	٪	۳۰/۷۶	–
رس	٪	۲۳/۲	–
کلاس بافت	–	لوم	–

* pH خاک و لجن به ترتیب در گل اشباع و عصاره ۱ : ۲ (لجن : آب) اندازه گیری شد.

مقایسه میانگین‌ها در جدول ۴ نشان می‌دهد که کربن آلی خاک به طور معنی‌دار (P <۰/۰۱) از زمان ۶۰ تا ۱۲۰ روز افزایش و پس از آن در زمان ۱۸۰ روز کاهش یافته است. در تحقیق حاضر لجن پس از کوبیده شدن، از الک ۲ mm عبور داده شد سپس با خاک مخلوط گردید. مطابق روش والکلی بلک (۳۰) برای اندازه‌گیری کربن آلی، خاک تیمارها از الک ۰/۵ mm عبور داده شدند لذا بر اساس مشاهدات آزمایش، دلیل احتمالی افزایش کربن آلی در ۱۲۰ روز، ریزتر شدن ذرات لجن و افزایش سطح تماس آنها با ذرات خاک در آن زمان باشد ولی در زمان ۱۸۰ روز به علت تجزیه شدن بخشی از لجن توسط میکروارگانیسم‌های خاک، کربن آلی به طور معنی‌دار نسبت به زمان‌های ۶۰ و ۱۲۰روز کاهش پیدا کرد. افزایش معنی‌دار شدت تنفس میکروبی (۲) در۱۸۰ روز نسبت به زمان‌های قبلی (۳۰ و ۹۰ روز) نیز بیانگر افزایش شدت تجزیه لجن در زمان ۱۸۰ روز می‌باشد. روان‌بخش و همکاران (۶) نیز گزارش کردند که پس از افزودن ۵۰ تن در هکتار لجن فاضلاب به یک خاک آهکی (دارای ۰/۹۸ درصد ماده آلی)، کربن آلی محلول در خاک[1] (DOC) در ۳۰ روز به طور معنی‌دار نسبت به زمان صفر افزایش، سپس در ۶۰ روز به طور معنی‌دار نسبت به ۳۰ روز کاهش یافت. نتایج مشابهی در رابطه با تغییرات اثر لجن فاضلاب با زمان در خاک‌های مختلف توسط سانچز–مارتین و همکاران (۳۳) و باستیدا و همکاران (۱۲) گزارش شده است.

اثر لجن فاضلاب و زمان انکوباسیون بر شاخص‌های پایداری خاکدانه

میانگین وزنی قطر (MWD) خاکدانه

با توجه به جدول ۲ مشاهده می‌شود که مصرف لجن در مقادیر ۲۵ تا ۱۰۰ تن در هکتار احتمالاً به دلیل کربن آلی اندک خاک مورد آزمایش (جدول۱) نتوانست میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها را به طور معنی‌دار تحت تاثیر قرار دهد. نتایج تحقیق بیوکس–فایوس و همکاران (۱۳) نشان داد که برای مشاهده افزایش پایداری خاکدانه‌ها، وجود حداقل ۳/۵–۳ درصد کربن آلی در خاک ضرورت دارد. علاوه بر آن، به نظر می‌رسد که مدت زمان ۶ ماه برای مطالعه اثر لجن بر روی MWD خاکدانه‌ها کافی نبوده است زیرا در موقع اندازه‌گیری MWD در آزمایشگاه مشاهده گردید که ذرات تیره رنگ لجن (mm ۲>) به صورت تجزیه نشده حتی در زمان ۶ ماه در خاک باقی مانده و در موقع شستشوی خاکدانه‌ها در زیر شیر آب به منظور تصحیح به وزن ذرات شن در فرمول MWD (۲۵) به عنوان ذره شن بزرگتر از قطر سوراخ الک مربوطه عمل کردند که نهایتاً باعث گردید MWD محاسبه شده برای تیمارهای اصلاح شده با لجن نتواند به طور معنی‌دار در مقایسه با شاهد افزایش یابد. این نتایج با یافته‌های اصغری و همکاران (۱۱) مشابهت دارد که نشان دادند مصرف لجن بیولوژیکی پتروشیمی تبریز به مقادیر حدود ۵ و ۱۰ تن در هکتار پس از ۶ ماه انکوباسیون در شرایط گلخانه‌ای نتوانست MWD خاکدانه‌ها در یک خاک لوم شنی منتخب از منطقه تبریز را به طور معنی‌دار افزایش دهد. نامبردگان علت این مساله را به درشتی بافت خاک و مقادیر مصرفی کم لجن نسبت دادند. نتایج تحقیق مزرعه‌ای شیرانی و همکاران (۳۴) نیز نشان داد که اضافه کردن ۳۰ تن در هکتار کود دامی بر یک خاک لوم رسی‌سیلتی زیر کشت ذرت نتوانست MWD خاکدانه‌ها را در انتهای فصل زراعی به طور معنی‌دار نسبت به شاهد افزایش دهد. اگرچه MWD در تیمار ۶۰ تن در هکتار به طور معنی‌دار افزایش یافت. این در حالی است که بر اساس گزارش بهره‌مند و همکاران (۲) مصرف لجن فاضلاب در مقادیر ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ تن در هکتار بر یک خاک لوم رسی‌سیلتی زیر کشت گندم، باعث افزایش معنی‌دار MWD خاکدانه‌ها در مقایسه با شاهد در انتهای فصل زراعی گردید.

1- Dissolved Organic Carbon

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) پارامترهای اندازه گیری شده

منبع تغییر	درجه آزادی	OC	MWD	WDC	LL	PL	PI
مقدار لجن(A)	۴	۲/۱۶۹**	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۴۱۱**	۱۶/۴۴۳**	۳۰/۴۳۷**	۲/۱۰۳^{ns}
زمان (B)	۲	۰/۱۶۸**	۰/۰۱۶**	۰/۵۱۲**	۶/۹۴۶*	۲/۴۸۶^{ns}	۱۶/۱۳۸*
A × B	۸	۰/۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۳۳^{ns}	۲/۸۹^{ns}	۳/۰۱۷^{ns}	۶/۸۹^{ns}
خطا	۲۸	۰/۰۱۳	۰/۰۰۲	۰/۰۴۶	۱/۳۲۴	۲/۷۹۱	۴/۴۲۹

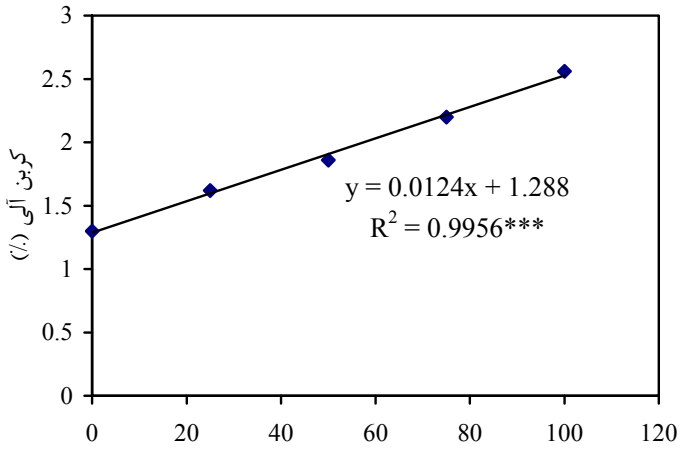
OC، MWD، WDC، LL، PL و PI به ترتیب بیانگر کربن آلی، میانگین وزنی قطر خاکدانه، رس قابل انتشار در آب، رطوبت حد سیلان، رطوبت حد خمیری و شاخص خمیرایی است.

**، *، ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، ۵ درصد و غیر معنی‌دار

جدول ۳- اثر مقدار مصرفی لجن بر کربن آلی (OC)، رس قابل انتشار در آب (WDC)، رطوبت حد سیلان (LL) و رطوبت حد خمیری (PL)

مقادیر لجن (تن در هکتار)	OC (٪)	WDC (گرم رس در ۱۰۰ گرم خاک)	LL (درصد وزنی)	PL (درصد وزنی)
۰	۱/۳ e	۰/۰۶۸۳ a	۴۴/۳۲ c	۳۲/۵۲ c
۲۵	۱/۶۲ d	۰/۰۳۱۶ b	۴۴/۷۳ c	۳۳/۵۹ bc
۵۰	۱/۸۶ c	۰/۰۲۵۲ b	۴۵/۴۶ bc	۳۴/۵۳ bc
۷۵	۲/۲ b	۰/۰۲۳۵ b	۴۶/۶۹ ab	۳۵/۵۸ ab
۱۰۰	۲/۵۶ a	۰/۰۱۷۶ b	۴۷/۵۶ a	۳۷/۲۹ a

میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد هستند (آزمون دانکن).



شکل۱- همبستگی بین مقادیر مصرفی لجن و کربن آلی خاک

جدول ٤- اثر زمان انکوباسیون بر کربن آلی (OC)، میانگین وزنی قطر (MWD) خاکدانه، رس قابل انتشار در آب (WDC)، رطوبت حد سیلان (LL) و شاخص خمیرایی (PI)

زمان (روز)	OC (٪)	MWD (mm)	WDC (گرم رس در ۱۰۰ گرم خاک)	LL (درصد وزنی)	PI (درصد وزنی)
۶۰	۱/۹۰۵ b	۰/۲۸۹ b	۰/۰۴۵۱ a	۴۶/۹۷ a	۱۱/۶۴ a
۱۲۰	۲/۰۱۷ a	۰/۳۴۹ a	۰/۰۳۳۳ a	۴۶/۲۳ a	۱۱/۵۶ a
۱۸۰	۱/۸۰۵ c	۰/۳۵۸ a	۰/۰۲۱۴ b	۴۶/۰۵ b	۹/۸۰۴ b

میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و ۵ درصد (PI) هستند (آزمون دانکن).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲ نشان می‌دهد که اثر زمان انکوباسیون بر MWD در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌ها در جدول ۴ بیانگر آن است که MWD کلیه تیمارها (شاهد و مقادیر ۲۵ تا ۱۰۰ تن در هکتار لجن) در زمان‌های ۱۲۰ و ۱۸۰ روز به طور معنی‌داری بیشتر از زمان ۶۰ روز می‌باشد. در توجیه این پدیده، شاید بتوان چنین گفت که با گذشت زمان به علت ایجاد شرایط رطوبتی و حرارتی مناسب، فعالیت میکروب‌های بومی خاک بالا رفته و در نتیجه ترشحات آنها، خاکدانه‌های پایدار تشکیل شده است. خشک و مرطوب شدن متوالی خاک می تواند یکی دیگر از دلایل خاکدانه‌سازی و در نتیجه افزایش موقتی MWD خاکدانه‌ها باشد (۲۰). نتایج تحقیق بهره‌مند و همکاران (۳) نشان داد که پایداری خاکدانه درآب (WAS) در تیمارهای لجن فاضلاب در زمان ۱۴۸ روز در مقایسه با ۲۳ روز پس از افزودن لجن، به طور معنی‌دار افزایش یافت. پاگلیای و همکاران (۲۹) نیز نتایج مشابهی را در رابطه با تغییرات زمانی تاثیر لجن فاضلاب بر پایداری خاکدانه‌ها در یک خاک لوم شنی گزارش نمودند.

رس قابل انتشار در آب (WDC)

رس قابل انتشار در آب (WDC) از شاخص‌های غیر مستقیم ارزیابی پایداری خاکدانه‌ها بوده و در مطالعات مربوط به فرسایش آبی خاک نیز کاربرد دارد (۲۲). اثر مقدار مصرفی لجن و زمان انکوباسیون بر پارامتر WDC در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها در جدول ۳ نشان می‌دهد که کلیه مقادیر مصرفی لجن، WDC را به طور معنی‌دار ($P<۰/۰۱$) نسبت به شاهد کاهش دادند ولی اختلاف بین آنها معنی‌دار نشد. اگرچه، با افزایش مقدار مصرفی لجن، مقدار WDC هم به طور نسبی کاهش پیدا کرد. علت کاهش WDC در اثر افزودن لجن فاضلاب، افزایش کربن آلی خاک می‌باشد که باعث افزایش چسبندگی ذرات خاک و درنتیجه کاهش پراکندگی ذرات رس گردیده است. جدول ۵ نیز این موضوع را تایید می‌کند که بین کربن آلی (OC) و رس قابل انتشار در آب (WDC)، همبستگی خطی منفی و معنی‌دار ($P<۰/۰۵$ ، $r=-۰/۸۴^{*}$) به دست آمد. نلسون و همکاران (۲۸) نیز گزارش کردند که پراکنش رس تابعی از مقدار و نوع ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)، انتخاب پذیری برای کاتیونها و اندازه ذره بوده و با میزان سدیم خاک همبستگی مثبت و ماده آلی خاک همبستگی منفی دارد. تاجیک و همکاران (۳۶) نیز نتایج مشابهی را در رابطه با ارتباط بین ماده آلی خاک، رس قابل انتشار و نسبت سدیم جذب سطحی شده (SAR) گزارش نمودند.

جدول ۵- روابط بین مقادیر میانگین (n = ۵) کربن آلی (OC) با رس قابل انتشار در آب (WDC)، رطوبت حد سیلان (LL) و حد خمیری (PL) و رابطه بین مقادیر میانگین (n = ۳)WDC و میانگین وزنی قطر (MWD) خاکدانه

معادلات رگرسیونی	ضرایب همبستگی خطی (r)
WDC = - 0.035 OC + 0.01	r = - 0.84*
LL = 2.73 OC + 40.55	r = 0.99***
PL = 3.73 OC + 27.59	r = 0.99***
MWD = - 2.91 WDC + 0.429	r = - 0.92+

***، *، + : به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱ ، ۵ و ۱۰ درصد

مقایسه میانگین‌ها در جدول ۴ نشان می‌دهد که رس قابل انتشار در آب (WDC) با گذشت زمان از ۶۰ روز تا ۱۸۰ روز به دلیل افزایش MWD، روند نزولی به خود گرفته است و این روند بین زمان ۱۸۰ روز و دو زمان قبلی معنی‌دار ($P<۰/۰۱$) گردید. با توجه به جدول ۵ مشاهده می‌شود بین پارامترهای MWD و WDC، همبستگی خطی منفی و معنی‌دار ($P<۰/۱$ و $r=-۰/۹۲^{+}$) وجود دارد. نتایج تحقیق انجام گرفته توسط تاجیک (۴) بر روی ۵۴ نمونه خاک منتخب از مناطق مختلف ایران نیز نشان داد که بین پایداری خاکدانه‌ها در آب (WAS) و رس قابل انتشار (DC)، همبستگی منفی و معنی‌دار ($P<۰/۱$ و $r=-۰/۲۶۹^{+}$) پیدا شد. دی‌بوز و همکاران (۱۵) گزارش کردند که در خاک لوم شنی اصلاح شده با لجن فاضلاب، میزان رس قابل انتشار پس از ۱۱ ماه انکوباسیون، نسبت به زمان شروع انکوباسیون تغییر نیافت ولی در خاک شاهد به علت تخریب ساختمان خاک افزایش پیدا کرد. نامبردگان اشاره کردند که پارامتر WDC در مقایسه با WAS در برابر تغییرات کوتاه مدت ساختمان خاک، حساسیت بیشتری دارد.

اثر لجن فاضلاب و زمان انکوباسیون بر حدود پایایی خاک

رطوبت حد سیلان (LL)

اثر مقدار مصرفی لجن و زمان انکوباسیون بر رطوبت حد سیلان (LL) به ترتیب در سطح احتمال یک و ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها در جدول ۳ نشان می‌دهد که کلیه مقادیر مصرفی لجن به علت افزایش کربن آلی خاک باعث افزایش LL گردیدند. اگرچه این افزایش فقط در تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰ تن در هکتار توانست در مقایسه با شاهد معنی‌دار ($P<۰/۰۱$) گردد. همچنین بیشترین مقدار LL در تیمار ۱۰۰ تن در هکتار مشاهده گردید. با توجه به جدول ۵ نیز مشاهده می‌شود بین پارامترهای کربن آلی (OC) و LL، همبستگی خطی مثبت و معنی‌دار ($P<۰/۰۰۱$, $r=۰/۹۹^{***}$) وجود دارد. همت و همکاران (۱۹) گزارش کردند که

www.SID.ir

Archive of SID

مصرف لجن فاضلاب در مقادیر ۵۰ و ۱۰۰ تن در هکتار از طریق افزایش کربن آلی خاک باعث افزایش معنی‌دار LL در خاک لوم رس‌سیلتی گردید و بین کربن آلی و LL همبستگی خطی مثبت و معنی‌دار به دست آمد. مصدقی و همکاران (۲۷) نیز نتایج مشابهی را در رابطه با اثر کود دامی بر LL در یک خاک لوم رس‌سیلتی به دست آوردند. واقعیت این است که ذرات مواد آلی به علت داشتن حالت کلوئیدی، سطح ویژه بالایی در مقایسه با ذرات خاک داشته و در نتیجه آب بیشتری را به خود جذب می‌کنند و منجر به افزایش حدود پایایی خاک (LL و PL) می‌گردند (۲۱).

جدول ۴ نشان می‌دهد که رطوبت حد سیلان (LL) در زمان ۱۸۰ روز در مقایسه با زمان‌های قبلی به طور معنی‌دار ($P <$ ۰/۰۱) کاهش یافته است. به نظر می‌رسد LL به علت تجزیه تدریجی لجن و کاهش کربن آلی خاک در زمان ۱۸۰ روز (جدول ۴) کاهش یافته است. نتایج آزمایش گلدانی گولسر و همکاران (۱۷) نشان داد که اضافه کردن کاه و کلش برنج به مقدار ۵ درصد وزنی به یک خاک رسی زیر کشت جو، باعث افزایش معنی‌دار رطوبت LL از ۴۰ درصد وزنی در شاهد به ۴۹/۵۳ درصد وزنی در خاک تیمار شده پس از ۶ ماه انکوباسیون گردید.

رطوبت حد خمیری (PL)

اثر مقدار مصرفی لجن بر رطوبت خمیری (PL) در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول۲). با توجه به جدول ۳ مشاهده می‌شود با افزایش مقدار مصرفی لجن به علت افزایش کربن آلی خاک، PL افزایش یافته است ولی این افزایش فقط در مورد تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰ تن در هکتار، اختلاف معنی‌داری ($P <$ ۰/۰۱) با شاهد نشان داد. تیمار ۱۰۰ تن در هکتار لجن به علت داشتن بیشترین کربن آلی، دارای بیشترین PL گردید. جدول ۵ نیز نشان می‌دهد بین کربن آلی (OC) خاک و PL همبستگی خطی مثبت و معنی‌داری ($P <$ ۰/۰۰۱ , $r =$ ۰/۹۹***) وجود دارد. این نتایج با یافته‌های همت و همکاران (۱۹) در مورد تاثیر لجن فاضلاب بر PL در یک خاک لوم رس‌سیلتی مطابقت دارد. نتایج آزمایش مزرعه‌ای بوشان و شارما (۱۴) نشان داد که اضافه کردن بقایای تازه گیاه وحشی مریم‌گلی[1] در مقادیر ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار بر یک خاک لوم رس‌سیلتی به علت افزایش قدرت جذبی آب، باعث افزایش معنی‌دار PL در مقایسه با شاهد گردید. شونینگ و همکاران (۳۴) گزارش کردند که افزودن کود دامی به یک خاک لوم شنی به مدت ۹۰ سال، باعث افزایش کربن آلی به میزان ۲۳ درصد گردیده و در نتیجه PL را از ۱۳/۱ درصد وزنی در شاهد به ۱۵/۹ درصد وزنی در خاک اصلاح شده افزایش داد.

1- Lantana

شاخص خمیرایی (PI)

با توجه به جدول ۲ مشاهده می‌شود مقادیر مصرفی لجن نتوانست شاخص خمیرایی (PI) را به طور معنی‌دار تحت تاثیر قرار دهد. این نتایج با یافته‌های همت و همکاران (۱۹) کاملاً مطابقت دارد. با توجه به جدول ۵ می‌توان چنین استنباط کرد که به علت وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین کربن آلی با LL و PL ($P <$ ۰/۰۰۱ , $r =$ ۰/۹۹***)، با افزایش مقادیر مصرفی لجن و در نتیجه کربن آلی خاک، LL و PL هر دو تقریباً با یک شدت افزایش یافته و باعث گردیدند که اختلاف این دو پارامتر (LL–PL) ثابت بماند. گولسر و همکاران (۱۷) گزارش نمودند که افزودن کاه و کلش برنج به یک خاک رسی رطوبت LL را نسبت به PL به مقدار زیاد افزایش داده و باعث افزایش معنی‌دار PI در مقایسه با شاهد گردید. نتایج تحقیق حسین ملکاوی و همکاران (۲۱) نشان داد که در اثر اضافه کردن ۲۰ درصد کربن آلی به یک خاک رسی ایلایتی، رطوبت PL و LL به ترتیب ۵۰ و ۲۰ درصد افزایش نشان دادند و درنتیجه شاخص خمیرایی ۲۲ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. علت این تناقضات شاید به خاطر اختلاف در خصوصیات ذاتی خاک، مقدار و مینرالوژی رس، نوع و ویژگی مواد آلی مورد استفاده در آزمایش باشد.

جدول ۴ نشان می‌دهد که شاخص خمیرایی در زمان ۱۸۰ روز به طور معنی‌دار ($P <$ ۰/۰۵) در مقایسه با زمان‌های قبلی کاهش یافته است. به علت وابستگی شدید PI به مواد آلی، با کاهش معنی‌دار کربن آلی در ۱۸۰ روز نسبت به زمان‌های قبلی، PI نیز کاهش پیدا کرده است. میرخانی و همکاران (۷) توابع انتقالی را برای برآورد حدود پایایی خاک از روی ویژگی‌های زودیافت در ۳۷ نمونه خاک منتخب از منطقه کرج ارائه کردند. نتایج نشان داد که شاخص خمیرایی (PI) با متغیرهای چگالی ظاهری، درصد رس و کربن آلی خاک، همبستگی معنی‌دار ($R^2_{adj} =$ ۰/۶۲۵) دارد.

نتیجه‌گیری

تاثیر لجن بیولوژیکی پتروشیمی تبریز در ۴ مقدار (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ تن در هکتار) بر شاخص‌های کیفیت فیزیکی خاک منطقه نیمه‌خشک در مدت ۶ ماه مطالعه گردید. کربن آلی خاک، رس قابل انتشار در آب (WDC)، رطوبت حد سیلان (LL) و رطوبت حد خمیری (PL) به طور معنی‌دار تحت تاثیر مقادیر مصرفی لجن قرار گرفتند. بین کربن آلی و WDC همبستگی منفی و معنی‌دار و کربن آلی با LL و PL همبستگی مثبت و معنی‌دار به دست آمد. اثر مقادیر مصرفی لجن بر میانگین وزنی قطر (MWD) خاکدانه‌ها و شاخص خمیرایی (PI) معنی‌دار نشد اما همبستگی منفی و معنی‌دار بین MWD و WDC در سه زمان انکوباسیون (۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ روز) حاصل گردید. بر اساس نتایج تحقیق حاضر، استفاده از لجن

www.SID.ir

Archive of SID

بیولوژیک پتروشیمی تبریز باعث ارتقای برخی شاخص‌های کیفیت فیزیکی خاک منطقه نیمه‌خشک گردید ولی با عنایت به زمان‌بر بودن فرایندهای فیزیکی مثل خاکدانه‌سازی و تشکیل ساختمان خاک توصیه می‌شود به منظور بررسی اثر دقیق لجن مذکور بر شاخص‌های کیفیت فیزیکی خاک مثل MWD، آزمایش دیگری با مدت زمان طولانی (حداقل یک سال) و در مقیاس مزرعه‌ای صورت گیرد.

منابع

۱- اصغری ش.، عبدالهی قراولی ف. و علی اصغرزاده ن. ۱۳۸۹. اصلاح برخی شاخص‌های بیولوژیکی یک خاک نیمه خشک با استفاده از لجن صنعتی. چکیده مقالات چهارمین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست. آبان ماه ۱۳۸۹ . تهران.

۲- بای بوردی م. ۱۳۷۲. فیزیک خاک. انتشارات دانشگاه تهران.

۳- بهره مند م.، افیونی م.، حاج عباسی م. و رضایی نژاد ی. ۱۳۸۱. اثر لجن فاضلاب بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۶، شماره ۴، صفحات ۸-۱.

۴- تاجیک ف. ۱۳۸۳. ارزیابی پایداری خاکدانه‌ها در برخی مناطق ایران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۸، شماره ۱، صفحات ۱۳۴ – ۱۲۵.

۵- خزائی ع.، مصدقی م. و محبوبی ع. ۱۳۸۷. تأثیر شرایط آزمایش، مقدار ماده آلی، رس و کربنات کلسیم خاک بر میانگین وزنی قطر و مقاومت کششی خاکدانه‌ها در برخی از خاکهای استان همدان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۲، شماره ۴۴، صفحات ۱۳۴-۱۲۳.

۶- روان بخش م.، فتوت ا. و حق‌نیا غ. ۱۳۸۸. تأثیر لجن فاضلاب و زمان بر فراهمی و توزیع گونه‌های نیکل و کادمیم در محلول خاکهای آهکی. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۳، شماره ۱، صفحات ۲۴۹-۲۳۹.

۷- میر خانی ر.، سعادت س.، شعبانپور شهرستانی م.، آریا پ. و یگانه م. ۱۳۸۶. برآورد حدود پایداری خاک با استفاده از ویژگی‌های زود یافت. مجله علوم خاک و آب، جلد ۲۱، شماره ۲، صفحات ۲۰۷-۲۰۵.

۸- کسرایی ر.، ساعدی س. و علی‌اصغرزاده ن. ۱۳۸۷. بررسی اثرات بیوشیمیایی کاربرد لجن بیولوژیک کارخانه پتروشیمی تبریز روی یک نمونه از خاکهای منطقه اهر. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۵، شماره ۲، صفحات ۷۵-۶۷.

۹- کسرایی ر. و ساعدی س. ۱۳۸۹. تأثیر لجن فاضلاب مجتمع پتروشیمی تبریز بر رشد گیاه گوجه فرنگی. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۴، شماره ۱، صفحات ۲۰-۱۰.

10- Aggelides S.M., and Londra P.A. 2000. Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. Bioresource Technology. 71:253-259.

11- Asghari Sh., Neyshabouri M.R., Abbasi F., Aliasgharzad N., and oustan S. 2009. The effects of four organic soil conditioners on aggregate stability, pore size distribution, and respiration activity in a sandy loam soil. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 33:47-55.

12- Bastida F., Kandeler E., Moreno J.L., Ros M., Garsia C., and Hernandez T. 2008. Application of fresh and composted organic wastes modifies structure, size and activity of soil microbial community under semiarid climate. Applied Soil Ecology. 40:318-329.

13- Boix-Fayos C., Calvo-Cases A., Imeson A.C., and Soriano-Soto M.D. 2001. Influence of soil properties on the aggregation of some Mediterranean soils and the use of aggregate size and stability as land degradation indicators. Catena .44: 47-67.

14- Bhushan L., and Sharma P.K. 2002. Long-term effects of lantana (*Lantana* spp. L.) residue additions on soil physical properties under rice-wheat cropping I. Soil consistency, surface cracking and clod formation. Soil & Tillage Research. 65: 157-167.

15- Debosz K., Petersen S.O., Kure L.K., and Ambus P. 2002. Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties. Applied Soil Ecology. 19: 237-248.

16- Dexter A.R., and Bird N.R.A. 2001. Methods for predicting the optimum and the range of soil water contents for tillage based on the water retention curve. Soil &Tillage Research. 57: 203-212.

17- Gulser C., Ic S., Candemir F., and Demir Z. 2008. Effects of rice husk application on mechanical properties and cultivation of a clay soil with and without planting. International meeting on soil fertility land management and agroclimatology. Turkey, p: 217-223.

18- Hassan D.G., and Mishra M. 1994. Influence of Cd on carbon and nitrogen mineralization in sewage sludge amended soil. Environmental Pollution. 84: 285-290.

www.SID.ir

Archive of SID

19- Hemmat A., Aghilinategh N., Rezainejad Y., and Sadeghi M. 2010. Long-term impacts of municipal solid waste compost, sewage sludge and farmyard manure application on organic carbon, bulk density and consistency limits of a calcareous soil in central Iran. Soil & Tillage Research. 108:43-50.
20- Hillel D. 1998. Environmental soil physics. Academic Press, New York.
21- Husein Malkawi A.I., Alawneh A.S., and Abu-Safagah O.T. 1999. Effect of organic matter on the physical and physicochemical properties of an illitic soil. Applied clay science. 14: 257-278.
22- Igwe C.A., and Udegbunam O.N. 2008. Soil properties influencing water-dispersible clay and silt in an ultisol in southern Nigeria. International Agrophysics. 22: 319-325.
23- Karimi M., Afuni M., Rezainejad Y., and Schulin R. 2009. Heavy metal uptake by wheat from a sewage sludge-amended calcareous soil. Nutrition Cycle Agroecosystem. 83:51-61.
24- Klute A(ed). 1986. Methods of Soil Analysis. Par 1. Physical and Minrological Methods. 2nd editon. American Society of agronomy, Madison, WI.
25- Kemper A., and Rosenau R.C. 1986. Aggregate stability and size distribution. P. 425. In: Klute, A. (ed). Methods of Soil Analysis. Part 1, 2 nd. Agron.Monog.9. ASA and SSSA.
26- Martens D.A., and Frankenberger Jr.W.T. 1992. Modification of infiltration rates in an organic-amended irrigated soil. Agronomy Journal. 84: 707-717.
27- Mosaddeghi M., Hajabbasi M.A., Hemmat A., and Afyuni M. 2000. Soil compactibility as affected by soil moisture content and farmyard manure in central Iran. Soil & Tillage Research. 55: 87-97.
28- Nelson P.N., Baldock A., Clarke P., Oades J.M., and Churchman G.J. 1999. Dispersed clay and organic matter in soil: their nature and associations. Australian Journal of Soil Research. 37: 289-316.
29- Pagliai M., Guidi G., Lamarka M., Giachetti M., and Lucamante G. 1981. Effects of sewage sludges and compost on soil porosity and aggregation. Journal of Environmental Quality. 10:556-561.
30- Page A.L(ed). 1985. Methods of Soil Analysis. Par 2. Chemical and Microbiological Methods. Agronomy No. 9. American Society of agronomy, Madison, WI.
31- Pojasok T., and Kay B.D. 1990. Assessment of a combination of wet seiving and turbidimetry to characterize the structural stability of moist aggregates. Canadian Journal of Soil Science. 70: 33-42.
32- Reynolds W.D., Bowman B.T., Drury C.F., Tan C.S., and Lu X. 2002. Indicators of soil physical quality: density and storage parameters. Geoderma. 110:131-146.
33- Sanchez-Martin M.J., Garcia-Delgado M., Lorenzo L.F., Rodriguez-Cruz M.S., and Arienzo M. 2007. Heavy metals in sewage sludge amended soils determined by sequential extractions as a function of incubation time of soils. Geoderma. 142: 262-273.
34- Schjonning P., Christensen B.T., and Carstensen B. 1994. Physical and chemical properties of a sandy loam soil receiving manure, mineral fertilizer or no fertilizer for 90 years. European Journal of Soil Science. 45: 257-268.
35- Shirani H., Hajabbasi M.A., Afyuni M., and Hemmat A. 2002. Effect of farmyard and tillage systems on soil physical properties and corn yield in central Iran. Soil & Tillage Research. 68: 101-108.
36- Tajik F., Rahimi H., and Pazira E. 2003. Effects of electrical conductivity and sodium adsorption ratio of water on aggregate stability in soils with different organic matter content. Journal of Agriculture Science and Technology. 5: 67-75.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No.3, Jul-Aug 2011, p. 530-539

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۰، ص. ۵۳۹-۵۳۰

Effects of Tabriz Petrochemical Sewage Sludge on Organic Carbon, Aggregate Stability Indices and Consistency Limits of a Semiarid Soil

Sh. Asghari[1]

Received:7-9-2010
Accepted:6-3-2011

Abstract

One of the methods for improving soil physical quality of arid and semiarid regions is the application of cheap organic conditioners such as sewage sludge. This research was conducted in large pots (50 cm diameter, 25 cm height) to study the effects of Tabriz petrochemical biological sludge at 4 rates (25, 50, 75 and 100 tons/ha) on organic carbon (OC), mean weight diameter (MWD) of aggregates, water-dispersible clay (WDC), liquid limit (LL) and plastic limit (PL) moistures and plasticity index (PI = LL – PL) during time in a semiarid soil. There was also control treatment (without sludge) and all treatments included 3 replications. Incubation of treatments was done in a greenhouse with field capacity moisture content of 0.7 – 0.8 and temperature of 22 ± 4 ˚C for 6 months. All parameters were measured at 60, 120 and 180 days. The experiment was conducted as factorial (5 used rates of sludge (factor A) and 3 incubation times (factor B)) with randomized completely blocks design. Results showed that all used sludge rates significantly ($P < 0.01$) increased OC and decreased WDC as compared with the control. Negative correlation ($r = - 0.84^{*}$) between OC and WDC was significant ($P < 0.05$). Moistures of LL and PL significantly ($P < 0.01$) increased with sludge application only at the rates of 75 and 100 tons/ha. Significant and positive correlation ($r = 0.99^{***}$, $P < 0.001$) was found between OC with LL and PL. The effect of sludge used rates on MWD and PI was not significant. Significant and negative correlation ($r = - 0.92^{***}$, $P < 0.1$) was found between MWD and WDC at 3 incubation times. This research indicated that petrochemical sludge as a cheap organic conditioner improved physical quality of the semiarid soil.

Keywords: Sewage sludge, Semiarid soil, Organic carbon, Aggregate stability, Consistency limit

1- Assistant Professor, Department of Soil Science, Agriculture Faculty, University of Mohaghegh Ardabili
Email: shasghari@uma.ac.ir

www.SID.ir