نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۸، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۳، ص. ۵۷۴-۵۶۵

Journal of Water and Soil
Vol. 28, No. 3, Jul.-Agu. 2014, p. 565-574

ارزیابی تاثیر مواد آلی بر توابع نمره‌دهی کیفیت خاک

حجت امامی[1*]- علیرضا آستارایی[2]- امیر فتوت[3]

تاریخ دریافت:۱۳۹۲/۳/۲۶
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۱۰/۱۶

چکیده

کیفیت خاک اهمیت زیادی در ارزیابی وضعیت حاصلخیزی و فیزیکی خاک دارد و در تعیین آن باید ویژگی‌های فیزیکی، حاصلخیزی و شیمیایی خاک لحاظ شود. این پژوهش به منظور بررسی تاثیر مواد آلی بر مقادیر کمی کیفیت خاک انجام شد. بدین منظور سه سطح (۱۵، ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار) از ترکیبات مختلف ماده آلی شامل کمپوست زباله شهری، لجن فاضلاب، کود گاوی، کاه و کلش گندم به همراه تیمار شاهد در سه تکرار به خاک لومی اضافه شدند و به مدت شش ماه در ۷۰ درصد رطوبت ظرفیت زارعی در گلخانه نگهداری شدند. سپس کیفیت خاک با استفاده از ۱۴ شاخص فیزیکی و شیمیایی و بر اساس تابع نمره‌دهی غیرخطی تعیین شد. نتایج نشان داد که نمره‌ی تیمار شاهد ۵۲/۷ بود و کیفیت خاک در کلاس ۴ یعنی پایین قرار داشت. افزودن مواد آلی مختلف، سبب بهبود کیفیت خاک شد و کلاس کیفیت خاک بین یک تا دو درجه ارتقاء یافت. در بین تیمارهای مورد بررسی بیشترین میزان در بهبود کیفیت خاک در نتیجه‌ی افزودن ۶۰ تن در هکتار لجن فاضلاب و سطوح ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار کمپوست به دست آمد. افزودن سایر تیمارهای مواد آلی نیز باعث افزایش مقادیر کمی کیفیت خاک نسبت به شاهد و ارتقاء کلاس کیفیت خاک به میزان یک درجه شد. در بین شاخص‌های مورد بررسی، عناصر کم‌مصرف آهن، منگنز، روی، تخلخل تهویه‌ای و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها از مهم‌ترین عوامل تضعیف کننده کیفیت خاک در تیمار شاهد بودند، که افزودن کمپوست و لجن فاضلاب سبب افزایش مقادیر و نمره‌ی آن‌ها شد.

واژه‌های کلیدی: کاه و کلش گندم، کمپوست، کود گاوی، کیفیت خاک، لجن فاضلاب

مقدمه

کیفیت خاک یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های تأثیر گذار بر تولید گیاهان و کشاورزی پایدار می‌باشد. کیفیت مطلوب خاک نه تنها در تولید و عملکرد خوب گیاهان، بلکه در حفظ کیفیت محیط زیست و سلامت گیاه، حیوان و انسان نقش اساسی دارد. بخشی از ناپایداری سیستم‌های کشاورزی به دلیل کاهش کیفیت خاک در طول زمان می‌باشد، پس حفظ و نگهداری کیفیت آن استراتژی مهمی برای پیشرفت اقتصادی و بهبود وضعیت کیفیت محیط زیست می‌باشد. بر همین اساس، انتخاب نوع عملیات مدیریتی و بهره برداری از زمین بایستی با در نظر گرفتن حفظ کیفیت خاک انجام گیرد (۲۶).

با توجه به نقش برجسته و مهم خاک در اکوسیستم‌های زراعی، کشاورزی پایدار و حفظ سلامت محیط زیست برای کیفیت خاک یک تعریف کلی به صورت زیر پیشنهاد شده است (۱۲، ۱۳و ۱۹): "کیفیت خاک توانایی دائم یک خاک در انجام وظایف خود به عنوان یک سیستم زنده در داخل اکوسیستم و در کاربری‌های متفاوت است به طوری که خاک علاوه بر حفظ حاصلخیزی و بیولوژیکی بتواند کیفیت آب و هوا را بهبود بخشید و همچنین تامین کننده سلامت انسان، حیوان و گیاه باشد". از این رو، شناخت کافی فرآیندهایی که در یک اکوسیستم پایدار انجام می‌گیرد، بسیار مهم است و قبل از هر چیز باید نوع عملکرد خاک در داخل اکوسیستم مشخص شود، سپس خصوصیاتی از خاک که برای ارزیابی این عملکرد مناسب هستند، شناسایی و معرفی گردند که این عملکردها با توجه به اهداف مدیریتی تعیین می‌شوند (۲۰ و ۲۱). به طور کلی عملکردهای خاک شامل حفظ عملکرد گیاهی، تنوع زیستی خاک و فعالیت بیولوژیک، تنظیم و توزیع جریان آب و املاح، پاک‌سازی و جذب ضایعات شهری، صنعتی و کشاورزی می باشند. بنابراین عملکرد خاک را می‌توان به کمک خصوصیات مختلف فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک تعیین نمود و بر این اساس، اغلب از همین خصوصیات برای ارزیابی کیفیت خاک استفاده می‌شود (۳۲).

یکی از مسائل مهم برای تعیین کیفیت خاک، انتخاب

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استادیار و دانشیاران گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: hemami@um.ac.ir)

شاخص‌هایی است که بیانگر برقراری تعادل مناسب از آب و هوا در ناحیه رشد ریشه باشد. شاخص‌هایی که برای ارزیابی کیفیت خاک استفاده می‌شوند در سیستم‌های کشت، انواع خاک‌ها و کاربری‌های اراضی متفاوت هستند (۲۸). ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک[1] مجموعه‌ای از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، زیستی یا ترکیبی از آنها می‌باشند (۱۸). بعضی از پژوهشگران مجموعه‌های مختلفی از ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک را برای تعیین شاخص کیفیت خاک پیشنهاد (۱۲ و ۴۰) و شاخص کیفیت خاک را بر اساس مجموعه‌ی ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک (TDS[2]) تعیین کرده‌اند. همچنین برخی دیگر از پژوهشگران، تعداد کمتری از ویژگی‌هایی خاک که نماینده بهتری از کیفیت خاک هستند، را به عنوان مجموعه‌ی حداقل ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک (MDS[3]) معرفی کرده‌اند. انتخاب این ویژگی‌ها بر حسب بیشترین همبستگی با شاخص کلی کیفیت خاک و سهولت اندازه‌گیری آنها، صورت گرفته است (۷، ۸ و ۱۶). استفاده از MDS موجب کاهش تعداد ویژگی‌های مورد نظر شده و موجب سهولت و کاهش هزینه‌ی تعیین شاخص کیفیت خاک می‌شود.

محاسبه شاخص کیفیت خاک هدف اصلی در ارزیابی کیفیت خاک است که معمولا به طور غیر مستقیم از حاصل جمع مقادیر ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک و با توجه به وزن اختصاص یافته به هر ویژگی به دست می‌آید (۳۷). مدل‌های کمی زیادی مانند شاخص کیفیت تجمعی (IQI[4]) و شاخص کیفیت نمورو (NQI[5]) برای محاسبه شاخص کیفیت خاک توسعه پیدا کرده است. شاخص کیفیت خاک IQI توسط دوران و پارکین (۱۲) توسعه پیدا کرده است. در این مدل حاصل ضرب مقادیر ویژگی‌های انتخاب شده در وزن ویژگی‌ها با هم جمع می‌شود، این عمل توسط یک معادله ساده صورت گرفته و در قالب یک شاخص ارائه می‌شود. در مدل NQI که اساس آن استفاده از مقادیر میانگین و حداقل ویژگی‌ها است، وزن ویژگی‌های خاک استفاده نمی‌شود (۳۸). نتایج این شاخص بستگی به مقدار حداقل ویژگی‌ها داشته و منعکس کننده قانون حداقل در تولید محصول می‌باشد (۴۵). یکی دیگر از روش‌های تعیین کیفیت خاک روش راهنمای نمره‌دهی دانشگاه کرنل (۱۷) است. در این روش بر اساس اهمیت نسبی هر شاخص نمره‌ای به آن تعلق می‌گیرد. برای تعیین مقادیر کمی کیفیت خاک، پس از تعیین نمره هر شاخص، مجموع نمرات تمامی شاخص‌های مورد بررسی بر تعداد آن‌ها تقسیم می‌شود. در این روش امتیازی که به شاخص‌ها داده می‌شود و همچنین نمره‌ی کیفیت خاک عددی بین صفر تا ۱۰۰ (یا صفر تا ۱) است. در نهایت مجموع امتیازها بیانگر کیفیت خاک به صورت ۸۵٪< خیلی بالا، بین ۸۵-۷۰ درصد بالا، بین ۷۰-۵۵ درصد متوسط، ۵۵-۴۰ درصد پایین و ۴۰> درصد خیلی پایین است.

پرسجونینگ و همکاران (۳۵) تأثیر مثبت کودهای آلی و تنوع کشت محصولات بر وضعیت کیفیت خاک را گزارش نمودند. کشت متراکم و پیوسته و برنگرداندن بقایای گیاهی سبب کاهش مقدار پوشش سطحی شده و از کیفیت و کمیت کربن آلی خاک و به تبع آن کیفیت خاک کاسته می‌شود (۲۵). در زمین‌های کشاورزی وقتی پارامترهای تعیین کننده کیفیت خاک در محدوده بهینه قرار داشته باشند، عملکرد محصول به بیشترین مقدار رسیده و تخریب خاک و محیط زیست کاهش می‌یابد (۴۰).

امروزه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بسیاری از خاک‌ها در مناطق مختلف جهان، به دلایل متعدد برای انجام عملیات کشاورزی نامناسب شده است. از جمله عوامل نامطلوب می توان به کاهش مواد آلی، افزایش مقدار سدیم تبادلی و شور شدن خاک‌ها اشاره نمود. اضافه کردن کمپوست به خاک سبب غنی شدن ریزوسفر از عناصر غذایی کم‌مصرف و پرمصرف می‌شود (۲۴). کاربرد کمپوست زباله شهری در زمین‌های کشاورزی نیز نقش مهمی در تولید محصولات بر اساس اصول کشاورزی پایدار دارد (۳۴). راماداس و پالانیاندی (۳۹) گزارش نمودند کمپوست زباله شهری غنی شده با کودهای شیمیایی در مزرعه قابلیت دسترسی عناصر پرمصرف را توسط محصولات افزایش داده و موجب افزایش حاصلخیزی و قابلیت تولید خاک می‌شود. علاوه‌براین، نقش مثبت کاربرد کمپوست زباله شهری در بسیاری از محصولات زراعی، باغی و مرتعی گزارش شده است (۳۰ و ۳۱). پترسن و همکاران (۳۶) با بررسی تأثیر کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب بر رشد گیاه هیچ محدودیتی را گزارش نکردند. همچنین گزارش شده است که مقادیر بیش از ۴۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری تأثیری در افزایش عملکرد یونجه ندارد (۳۱). در آزمایشی اثرات کمپوست کاه برنج و کود مرغی و بقایای کلزا بر باقلا بررسی شد و مشخص شد که کاربرد کمپوست، عملکرد و اجزای عملکرد و پروتئین پوسته در باقلا را افزایش داد (۲۹). کاوه و همکاران (۳) در بررسی اثرات مختلف کمپوست زباله شهری (صفر، ۲۰، ۴۰ تن در هکتار) بر گیاه دارویی رزماری نشان داده شد که تیمار ۲۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری عملکرد بیشتری را نسبت به شاهد و تیمار ۴۰ تن در هکتار داشت، که دلیل آن را افزایش مقدار نمک در مقادیر بالاتر کمپوست زباله شهری دانستند. ونگ و همکاران (۴۸) با بررسی کاربرد مقادیر صفر، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ تن در هکتار کود دامی کمپوست شده، نشان دادند که با افزایش میزان کود دامی علاوه بر افزایش هدایت الکتریکی خاک و pH خاک میزان عناصر کم-

1- Soil quality indicators
2- Total Data Set
3- Minimum Data Set
4- Integrated Quality Index
5- Nemero Quality Index

مصرف روی، مس و منگنز نیز در خاک زیاد شد ولیکن غلظت این عناصر به حد سمیت نرسید. در این آزمایش بالاترین عملکرد ذرت با ۵۰ تن کود دامی کمپوست شده در هکتار به دست آمد.

با توجه به تخریب روزافزون زمین‌های کشاورزی در ایران و به تبع آن کاهش کیفیت خاک که متأسفانه روز به روز در حال گسترش است، ارزیابی اولیه کیفیت خاک‌هایی که تحت تاثیر مدیریت‌های مختلف می‌باشند، ضروری است. بنابراین لازم است تأثیر مواد اصلاح کننده و به ویژه مواد آلی بر سلامت و کیفیت خاک که در ایران و حتی آسیا کمتر مطالعه شده است، مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به کمبود و یا نبود اطلاعات کافی، این پژوهش با هدف بررسی تاثیر مواد اصلاحی (کمپوست زباله شهری، لجن فاضلاب، کود گاوی و کاه و کلش گندم) بر شاخص‌های کیفیت خاک انجام شد.

مواد و روش‌ها

تیمارهای این مطالعه شامل سه سطح (۱۵، ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار با فرض جرم مخصوص ظاهری ۱/۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب و عمق ۳۰ سانتی‌متری) از ترکیبات مختلف ماده آلی شامل کمپوست زباله شهری مشهد، لجن فاضلاب، کود گاوی و کاه و کلش گندم به همراه تیمار شاهد در سه تکرار بودند. سطوح مختلف تیمارهای مورد مطالعه به خاک مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با بافت لوم اضافه شدند و به مدت شش ماه در شرایط رطوبتی ۷۰ درصد ظرفیت زارعی در گلخانه نگهداری شدند. سپس شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی مؤثر بر کیفیت خاک در هر یک از تیمارها و تکرارهای مربوط به آن‌ها مطابق روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند.

اندازه‌گیری شاخص‌های موثر بر کیفیت خاک

pH خاک در گل اشباع و با استفاده از دستگاه pH متر (مدل Ohmmeter 632) و قابلیت هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع (EC) به وسیلهٔ دستگاه هدایت سنج الکتریکی (مدل Jenway 4310) اندازه گیری شدند (۴۱). نسبت جذب سدیم (SAR) نمونه‌ها، از طریق اندازه‌گیری غلظت سدیم محلول (Na^+) در عصاره اشباع خاک بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر و مجموع غلظت‌های کلسیم و منیزیم ($meqL^{-1}$) با روش تیتراسیون عصاره اشباع با EDTA ۰/۰۱ نرمال تعیین شد (۴۱). همچنین فسفر قابل استفاده (P) به روش اولسن و همکاران (۳۳)، پتاسیم (K) به وسیله‌ی عصاره‌گیری با استات آمونیوم نرمال و خنثی (۲۳) و عناصر کم مصرف (آهن (Fe)، منگنز (Mn)، روی (Zn) و مس (Cu) به روش عصاره‌گیری با DTPA (۲۷) استخراج و با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شدند.

جرم مخصوص ظاهری (Bd) نمونه‌های دست نخورده به روش استوانه (۱۰)، تخلخل تهویه‌ای (AC) خاک دست نخورده از تفاضل رطوبت حجمی اشباع و مکش ۱۰ کیلوپاسکال (۴۷)، ظرفیت آب در دسترس گیاه (PAWC) نیز بر اساس تفاضل رطوبت در مکش‌های ۳۳ و ۱۵۰۰ کیلوپاسکال (۴۷)، تعیین شدند. برای تعیین میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) از روش کمپر و روزنا (۲۲) استفاده شد. شیب منحنی رطوبتی در نقطه عطف (شاخص S_{gi}) بر اساس رابطه پیشنهادی دکستر (۱۱) تعیین شد. برای تعیین شاخص S_{gi} از داده‌های منحنی رطوبتی خاک (مقادیر رطوبت در مکش‌های صفر، ۱۰، ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوپاسکال در نمونه‌های دست‌نخورده و ۳۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ کیلوپاسکال در نمونه‌های دست‌خورده) و برازش آن‌ها بر معادله ون‌گنوختن (۴۶) در نرم‌افزار RETC استفاده شد.

تعین کیفیت خاک به روش نمره‌دهی

برای تعین نمره تعلق یافته به برخی از شاخص‌های مورد استفاده در این پژوهش از روش راهنمای نمره‌دهی دانشگاه کرنل یا نمره دهی غیر خطی (۱۷) استفاده شد. این روش شامل توابع نمره دهی به شکل توابع عضویت فازی است که در آن برای هر ویژگی یک منحنی با محور y در محدوده ۱۰۰-۰ تعریف می‌شود. محور x نشان دهنده محدوده مقادیر متغیر است (۴۴ و ۳۷). شکل‌های معمول توابع عضویت شامل منحنی زنگوله‌ای شکل (مقادیر متوسط، بهتر)، یا منحنی سیگموئیدی بالا رونده (مقادیر زیاد، بهتر) یا منحنی سیگموئیدی پایین رونده (مقادیر کم، بهتر) می‌باشند، که برای کاربری‌های کشاورزی و زیست محیطی مطرح شده است (۷، ۸ و ۱۷).

برای تعین کیفیت خاک، ابتدا نمره هر شاخص بر اساس شکل ۱ مشخص شد و پس از محاسبه مجموع نمرات تمامی شاخص‌های مورد بررسی، نمره‌ی به دست آمده بر تعداد آن‌ها تقسیم شد. نمره‌ی شاخص‌ها و همچنین کیفیت خاک در دامنه‌ی بین ۰ تا ۱۰۰ بود. پس از تعیین نمره‌کیفیت خاک، کلاس بندی آن بر اساس راهنمای کیفیت خاک دانشگاه کرنل (۱۷) و به صورت ۸۵< درصد خیلی بالا، بین ۸۵-۷۰ درصد بالا، بین ۷۰-۵۵ درصد متوسط، ۵۵-۴۰ درصد پایین و ۴۰> درصد خیلی پایین انجام شد.

انتخاب شاخص‌های موثر بر کیفیت خاک نیز بر اساس پژوهش‌هایی که در نقاط مختلف دنیا انجام شده بود، صورت گرفت (۶، ۷، ۸، ۹، ۱۷، ۳۷، ۴۲ و ۴۳). شاخص‌های مورد استفاده در روش نمره‌دهی به همراه نمره‌ی آن‌ها در هر تیمار در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

نمره‌دهی شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی

نمره هر شاخص بر اساس مقادیر مشاهداتی در این پژوهش و

دامنه‌ی بهینه‌ای که در تحقیقات گذشته در نظر گرفته شده بود، تعیین شد. بر این اساس نمودار نمره‌دهی جرم مخصوص ظاهری، pH (۸)، شاخص Sgi (۱۱)، آب قابل استفاده گیاه، تخلخل تهویه‌ای، (۱ و ۴۰)، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (۱، ۱۵ و ۴۳)، هدایت الکتریکی (۵)، نسبت جذب سدیم (۱ و ۲) و عناصر فسفر و پتاسیم و همچنین عناصر کم‌مصرف آهن، روی، منگنز و مس (۴) ترسیم شد، که نتایج آن در شکل ۱ نشان داده شده است. سپس با استفاده از نمودارهای به دست آمده و مقادیر موجود در این پژوهش نمره‌ی هر شاخص تعیین شد.

بر اساس شکل‌های ۱a، ۱c، ۱d، ۱e، ۱m و ۱n با افزایش مقادیر تخلخل تهویه‌ای، شاخص Sgi، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، آب قابل استفاده‌ی گیاه، پتاسیم و فسفر قابل دسترس، نمره‌ی آن‌ها افزایش یافته و در بیشترین مقدار به ۱۰۰ رسیده و پس از آن ثابت باقی مانده است. بالعکس در مورد بعضی دیگر از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مثل جرم مخصوص ظاهری، نسبت جذب سدیم و هدایت الکتریکی در ابتدا که مقادیر کمی دارند نمره آن‌ها ۱۰۰ است و پس از یک حد بحرانی که کاهش عملکرد گیاهان زراعی اتفاق می‌افتد کاهش یافته و در مقادیر خیلی زیاد نمره‌ی این شاخص‌ها به صفر می‌رسد (شکل‌های ۱b، ۱f و ۱i). سایر شاخص‌های مورد بررسی در این پژوهش ازحالت سوم تبعیت نمودند، یعنی مقادیر بهینه شامل مقادیر متوسط آن شاخص است که بر این اساس ویژگی‌های مثل pH و عناصر کم مصرف (روی، مس، آهن و منگنز) در حد متوسط دارای نمره ۱۰۰ هستند و در مقادیر کمتر از حد بحرانی پایینی گیاه با کمبود این عناصر روبرو است و در مقادیر بیشتر از حد بحرانی بالایی گیاه دچار سمیت می‌شود. البته اگرچه نمره صفر که در این پژوهش برای مقادیر خیلی بالا در نظر گرفته شده است و ممکن است مقادیر بیشتر از آن نیز در خاک یافت شود ولی در اکثر خاک‌های آهکی ایران مقادیر بیشتر از آن دیده نمی‌شود و از سوی دیگر مقادیر به دست آمده از این پژوهش کمتر از حد بحرانی بالایی بود، بنابراین تاثیری در نتایج این پژوهش نخواهد داشت. از آنجا که حدود بالا و پایین pH نیز سبب کاهش جذب بیشتر عناصرغذایی مورد نیاز گیاه می‌شوند، بنابراین مقادیر بهینه آن نیز در محدوده pH خنثی واقع خواهد شد. طبق نظر آندریوس و همکاران (۷) نیز نمره ۱۰۰ به مقادیری از شاخص‌ها تعلق می‌گیرد که سبب محدودیت در توابع خاک و فرآیندهایی مثل چرخه‌ی عناصر غذایی، فراهمی آب و تنوع زیستی نشود.

نتایج و بحث

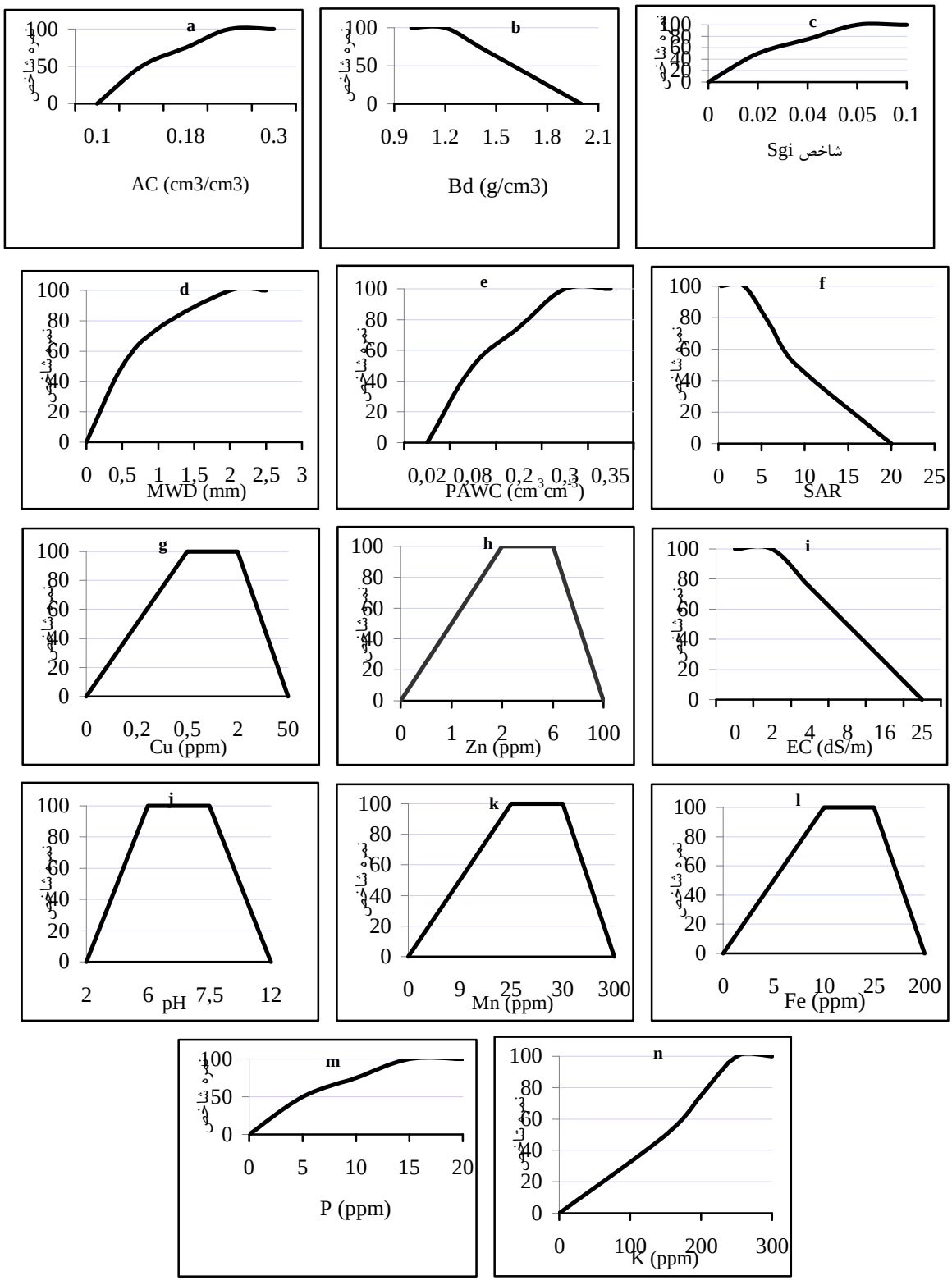
تاثیر مواد اصلاحی بر کیفیت خاک به روش نمره‌دهی

برای ارزیابی کیفیت خاک به روش نمره‌دهی از ۱۴ شاخص مطابق شکل ۱ استفاده شد. نمره‌ی تیمار شاهد ۵۲/۷ بود، که بر اساس طبقه‌بندی دانشگاه کرنل کلاس کیفیت خاک این تیمار در کلاس ۴ یعنی کیفیت پایین قرار دارد. افزودن مواد آلی مختلف به خاک مورد بررسی، سبب بهبود کیفیت خاک شد و کلاس کیفیت خاک نیز بین یک یا دو درجه ارتقاء پیدا نمود (جدول ۱). در بین تیمارهای مورد بررسی بیشترین میزان در بهبود کیفیت خاک در نتیجه‌ی افزودن ۶۰ تن در هکتار لجن فاضلاب (نمره ۷۵) و همچنین ۳۰ (نمره ۷۱/۱) و ۶۰ (۷۱/۵) تن در هکتار کمپوست به دست آمد، که از نظر کمی به ترتیب معادل ۴۲، ۳۵ و ۳۶ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان دادند و به لحاظ کیفی نیز کیفیت خاک به کلاس ۲ یعنی کلاس کیفیت بالا ارتقاء یافت. افزودن سایر تیمارهای مواد آلی نیز باعث افزایش مقادیر کمی کیفیت خاک نسبت به تیمار شاهد شد و کلاس کیفیت خاک را از کلاس ۴ (کیفیت پایین) به کلاس ۳ (کیفیت متوسط) ارتقاء دادند. در این بین کمترین افزایش در مقادیر کمی کیفیت خاک نسبت به شاهد (به ترتیب ۹، ۱۱ و ۱۶ درصد) در اثر اعمال سطوح مختلف کاه و کلش گندم به دست آمد. بعد از تیمارهای کاه و کلش گندم، سطح ۱۵ تن در هکتار کود گاوی، لجن فاضلاب، کمپوست و همچنین سطح ۳۰ تن در هکتار کود گاوی به ترتیب با افزایش ۱۷، ۲۳، ۲۴ و ۲۴ در مقادیر کمی کیفیت خاک نسبت به شاهد، باعث بهبود کیفیت خاک و ارتقاء کلاس کیفیت خاک به میزان یک درجه شدند، به طوری که کیفیت خاک این تیمارها نیز در کلاس ۳ یا متوسط قرار داشت. مشابه تیمارهای ذکر شده، افزایش در مقادیر کمی کیفیت خاک و بهبود کیفیت خاک در تیمارهای ۳۰ تن در هکتار لجن فاضلاب و ۶۰ تن در هکتار کود گاوی نیز مشاهده شد و با اینکه در این تیمارها نمره کیفیت خاک به ترتیب به ۶۶/۹ و ۶۸/۷ رسید و افزایش ۲۷ و ۳۰ درصدی نسبت به شاهد داشت اما در این دو تیمار نیز کیفیت خاک در کلاس ۳ یا متوسط قرار داشت.

بر اساس نتایج به دست آمده می‌توان گفت این روش یک ابزار مفید برای شناختن مناطقی است که باید به صورت هدفمند مدیریت شوند و پس از شناختن محدودیت مورد نظر می‌توان مدیریت صحیحی را در این مناطق اعمال کرد. بعد از شناخت محدودیت‌ها می‌توان روش‌های مدیریتی که در کوتاه مدت و بلند مدت جهت اصلاح شاخص مورد نظر استفاده شوند را به کار برد (۹).

بررسی‌های بیشتر نشان داد که در تیمار شاهد که هیچ نوع کود آلی دریافت نکرده بود، هم شاخص‌های فیزیکی و هم شاخص‌های شیمیایی علل کیفیت پایین خاک بودند، به طوری‌که در بین شاخص‌های شیمیایی عناصر کم مصرف (آهن، منگنز و روی) و در بین شاخص‌های فیزیکی تخلخل تهویه‌ای و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها مهم‌ترین عوامل محدود کننده کیفیت خاک بودند که نمره تعلق یافته به این شاخص‌ها بین صفر تا ۳۴ بود. همچنین شاخص‌های دیگری مثل نسبت جذب سدیم، پتاسیم، فسفر و تا حدی آب قابل استفاده گیاه و جرم مخصوص ظاهری خاک که نمره تعلق

یافته به آنها به ترتیب معادل ۵۳، ۵۶، ۵۸، ۶۴ و ۶۹ بود، از نظر ایجـاد محدودیت و تضعیف کیفیت خاک در درجه دوم اهمیـت قـرار داشـتند (جدول ۱).



شکل ۱- توابع نمره‌دهی شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی

جدول ۱- ارزیابی کیفیت خاک به روش نمره‌دهی در اثر افزایش مواد اصلاحی

شاخص‌های ارزیابی	نمره شاخص در هر تیمار											
	شاهد	لجن فاضلاب*			کمپوست*			کود گاوی*			کاه و کلش گندم*	
		۱۵	۳۰	۶۰	۱۵	۳۰	۶۰	۱۵	۳۰	۶۰	۱۵	۳۰	۶۰
MDW	۳۴	۶۶	۷۰	۷۴	۶۵	۶۷/۵	۶۹	۵۵	۵۶	۵۹	۴۳	۴۵	۴۸
PAWC	۶۴	۷۶	۸۲	۸۶	۷۱	۷۳	۷۵	۷۳	۷۶	۸۱	۶۷	۶۷/۵	۷۰
AC	۰	۲	۸	۲۰	۰	۴	۱۲	۱۰	۲۵	۴۴	۰	۰	۰
S_{gi}	۷۹	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۶	۸۶	۹۰
SAR	۵۳	۶۲	۶۰	۵۹	۴۸	۵۱	۵۰	۴۸	۴۹	۴۵	۶۳	۶۴	۵۵
Bd	۶۹	۸۴	۸۷	۹۳	۷۷	۸۲	۸۶	۸۵	۹۱	۹۷	۷۴	۷۶	۸۰
EC	۹۹	۸۴	۸۳	۸۲	۷۹	۷۸	۶۷	۷۷	۶۸	۶۵	۹۴	۹۳	۹۰
pH	۹۶	۹۵	۹۴	۹۴	۹۷	۹۷	۹۷	۹۶	۹۸	۹۶	۹۶	۹۱	۹۷
Fe	۴	۳۸	۴۶	۶۰	۵۱	۶۶	۷۲	۸	۹	۲۱	۶	۶	۷
Mn	۸	۱۵	۱۷	۱۸	۲۸	۳۳	۴۱	۱۷/۵	۲۲	۲۷	۹/۵	۱۰	۱۳
Zn	۱۸	۳۳	۳۳	۴۳	۳۹	۸۷	۸۶	۱۸	۲۳	۲۷	۱۸	۱۸	۲۰
Cu	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
K	۵۶	۵۵	۵۷	۶۷	۵۷/۵	۶۳	۹۵	۷۶	۱۰۰	۱۰۰	۶۷	۸۲	۱۰۰
P	۵۸	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۸	۸۳	۸۷
نمره کیفیت	۵۲/۷	۶۵	۶۶/۹	۷۱/۱	۶۵/۲	۷۱/۵	۷۵	۶۱/۷	۶۵/۵	۶۸/۷	۵۷/۳	۵۸/۷	۶۱/۲

*- مقادیر ارائه شده برای تمامی تیمارها بر حسب تن در هکتار است.

کمپوست زباله شهری و سطوح بالای لجن فاضلاب، مقادیر آهن و روی و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها که از مهم‌ترین عوامل تضعیف کننده کیفیت خاک در تیمار شاهد بودند، را به میزان قابل توجهی افزایش دادند. مطابق جدول ۱ با اینکه مقدار منگنز قابل دسترس گیاه و تخلخل تهویه‌ای در این تیمارها افزایش یافت، ولی با توجه به تابع نمره‌دهی این شاخص‌ها (شکل ۱k و ۱a)، تیمارهای مذکور تاثیر قابل توجهی در نمره این شاخص‌ها نداشتند. بالعکس نمره تعلق یافته به همه‌ی تیمارهای مواد آلی به علت افزایش میزان فسفر قابل دسترس و کاهش جرم مخصوص ظاهری نسبت به شاهد به طور قابل توجهی افزایش یافت (جدول ۱).

سطوح مختلف کود گاوی، کاه و کلش گندم و سطوح بالای کمپوست نقش زیادی در افزایش پتاسیم خاک و نمره آن داشتند که دلالت بر تامین پتاسیم خاک در صورت اضافه نمودن آن‌ها به خاک دارد (جدول ۱). عناصر کم‌مصرف آهن، منگنز و روی و نمره آن‌ها در تیمارهای مختلف کاه و کلش گندم نسبت به شاهد افزایش ناچیزی داشتند، اما مقادیر و نمره متعلق به آن‌ها در سایر تیمارهای آلی و به ویژه کمپوست و لجن فاضلاب افزایش خیلی زیادی داشت. البته مقادیر آهن و روی و نمره آن‌ها در سطوح پایین کود گاوی تغییر چندانی پیدا نکرد (جدول ۱).

نمره متعلق به آب قابل استفاده گیاه و جرم مخصوص ظاهری در نتیجه‌ی کاربرد مواد آلی افزایش یافت، ولی میزان افزایش در آب قابل استفاده گیاه و نمره‌ی آن در تیمارهای لجن فاضلای و کود گاوی بیشتر و در تیمارهای کمپوست و کاه و کلش کمتر بود. نمره تعلق یافته به جرم مخصوص ظاهری نیز در تیمار کود گاوی بیشترین افزایش را نشان داد و پس از آن در تیمارهای لجن فاضلاب، کمپوست و کاه و کلش گندم افزایش قابل توجهی نسبت به شاهد داشت.

گلور و همکاران (۱۴) اثرات سیستم کشت سیب سنتی، آلی و تلفیقی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی و به کارگیری شاخص اصلاح شده کیفیت خاک ارزیابی نمودند و افزایش پایداری خاکدانه‌ها، زی‌توده‌ی میکروبی، و فراوانی کرم‌های خاکی را ناشی از بهبود کیفیت خاک در مدیریتی تلفیقی نسبت به سیستم سنتی عنوان کردند. سیستم مدیریت آلی باعث کمتر شدن جرم مخصوص ظاهری، و به طور کلی بهبود ویژگی‌های زیستی خاک نسبت به مدیریت سنتی شد. همچنین تنها برخی از ویژگی‌ها در سیستم آلی و تلفیقی دارای تفاوت‌های معنی‌داری بودند. مقدار شاخص کیفیت خاک در سیستم مدیریت تلفیقی ۰/۹۲ (از ۱) بود که به طور معنی‌داری بیشتر از مقادیر به دست آمده از سیستم مدیریت سنتی (۰/۷۸) بود. مقدار شاخص کیفیت خاک در سیستم مدیریت آلی ۰/۸۸ بود که تفاوت معنی‌داری با دو سیستم دیگر نداشت (۱۴).

آندریوس و همکاران (۷ و ۸) با تاثیر عملیات مدیریتی مختلف مثل بقایای گیاهی، کمپوست و کودهای دامی در دشت مرکزی

کالیفرنیا بر شاخص‌های کیفیت خاک دریافتند که عملیات مدیریتی تعدادی به طور معنی‌داری برخی از ویژگی‌های خاک مثل مواد آلی، نیتروژن کل، کربن و نیتروژن زی‌توده‌ی میکروبی، پتاسیم تبادلی، فسفر قابل جذب و آهن، منگنز و روی قابل دسترس را تغییر دادند. همچنین شاخص کیفیت خاک در مزارعی که کود آلی دریافت کرده بودند به طورمعنی‌داری بیشتر از سیستم کشت سنتی بود، که مشابه با نتایج این پژوهش است. یانگ و همکاران (۴۹) با استفاده از تجزیه‌ی مولفه‌های اصلی، کیفیت خاک را در سیستم کشت آلی بر اساس تابع نمره‌دهی نرمال شده ارزیابی کردند و دریافتند که نمره‌ی نرمال شده در سیستم کشت آلی برای پارامتر pH برابر با ۸۵ بود، که در محدوده‌ی بهینه قرار داشت، در حالی‌که برای EC، ۳۰ و برای ارتوفسفات ۱۵ بود.

شوکلا و همکاران (۴۲) ویژگی‌های جرم مخصوص ظاهری، تخلخل کل، نگهداشت رطوبت خاک، تخلخل تهویه‌ای، آب قابل استفاده گیاه، هدایت هیدرولیکی اشباع، خاکدانه‌های پایدار در آب، میانگین وزنی و هندسی قطر خاکدانه‌ها، توزیع اندازه ذرات خاک، کربن و نیتروژن کل، EC، pH، سرعت نفوذ آب در زمان‌های ۵ و ۳ دقیقه و نفوذ تجمعی در زمان ۳ ساعت را برای تعیین کیفیت خاک به کمک تجزیه‌ی عامل بررسی نمودند و تخلخل خاک را در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری و خاکدانه‌سازی در عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری مهم‌ترین عامل کیفیت خاک گزارش نمودند. امیرنژاد و همکاران (۶) از شاخص‌های فیزیکی شامل جرم مخصوص ظاهری، هدایت هیدرولیکی اشباع، ظرفیت آب قابل استفاده گیاه، کربن آلی خاک و تخلخل غیرموئینه برای ارزیابی سلامت خاک برای دو کاربری گندم و برنج استفاده کردند و دریافتند که شاخص سلامت فیزیکی خاک در مزرعه زیر کشت برنج در حد متوسط و خوب بود، اما به خاطر مقادیر بالای جرم مخصوص ظاهری، مقادیر کم هدایت هیدرولیکی اشباع، تخلخل غیرموئینه و ظرفیت آب در دسترس گیاه برای کشت گندم نامناسب بود.

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از این پژوهش نیز نشان داد که ترکیبات مختلف مواد آلی به ویژه سطوح بالای لجن فاضلاب و کمپوست نقش زیادی در بهبود کیفیت خاک داشتند. بنابراین با توجه به فقر ماده آلی در نواحی خشک و نیمه خشک ایران و کیفیت پایین خاک در این مناطق افزودن ترکیبات مختلف مواد آلی ضروری به نظر می‌رسد. پژوهش انجام شده در ایران نیز بیانگر این موضوع می‌باشد، به عنوان مثال امامی (۱) عنوان کرده است که ۳۷/۸۶ درصد از خاک‌های دشت کرج در صورتی برای کشاورزی پایدار خواهند ماند که از روش‌های مدیریتی مناسب مثل برگرداندن بقایای گیاهی، کاهش عملیات خاک‌ورزی و شیوه‌های نوین آبیاری استفاده شود. از آنجا که جنبه‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی خاک در این پژوهش در تعیین کیفیت خاک لحاظ شدند، بنابراین برای دست یابی به کشاورزی پایدار، حفظ حاصلخیزی و بهبود شرایط فیزیکی خاک می‌توان از نتایج این پژوهش بهره برد. البته در صورت استفاده بعضی از این منابع آلی بایستی به سمیت احتمالی عناصر سنگین در درازمدت توجه شود.

سپاسگزاری

هزینه‌های انجام این طرح توسط معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح تحقیقاتی مصوب شماره ۲/۱۸۱۹۴ مورخ ۱۳۹۰/۵/۲۶ تامین شده است که بدین وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه فردوسی مشهد سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

۱- امامی ح. ۱۳۹۱. بررسی وضعیت پایداری خاک‌های دشت کرج در کاربری کشاورزی. مجله پژوهش‌های خاک. ۲۶ الف: ۲۴۵-۲۵۴.
۲- علیزاده ا. ۱۳۸۰. رابطه آب، خاک و گیاه. انتشارات دانشگاه امام رضا. چاپ دوم. مشهد.
۳- کاوه س.، فکری م.، محمودآبادی م. و برومند ن. ۱۳۸۹. بررسی اثر مقادیر مختلف کمپوست زباله شهری و کود گاوی بر مقدار وزن خشک و عناصر سنگین در گیاه رزماری (*Rosmarinus offcinalist* L.). فصل نامه‌ی داروهای گیاهی، ۳: ۱۱-۱۸.
۴- ملکوتی م.ج. و طهرانی م.م. ۱۳۷۸. نقش ریزمغذیها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی (عناصر خرد با تاثیر کلان). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران.
۵- نیشابوری م.ر. و ریحانی تبار ع. ۱۳۸۹. تفسیر نتایج آزمون خاک (این همه اعداد و ارقام چه معنی دارند؟). انتشارات دانشگاه تبریز. تبریز.
6- Amirnejad A.A., Kalpana K., Pramila A., Debashis C., Sanatan P. and Raj Bala M. 2011. Assesment and mapping of spatial variation of soil physical health in a farm. Geoderma, 160: 292-303.
7- Andrews S.S., Karlen D.L. and Mitchell J.P. 2002 . A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in northern California. Agriculture, Ecosystems and Environment, 90:25-24.
8- Andrews S.S., Mitchell J.P., Mancinelli R., Karlen D.L., Hartz T.K., Horwath W.R., Pettygrove G.S., Scow K.M.,

and Munk D.S. 2002 . On-farm assessment of soil quality in California's central valley. Agronomy, 94:12–23.
9- Andrews S.S., Douglas L., Karlen D.L. and Cambardella C.A. 2004. The soil management assesment framework: A quantitative soil quality evaluation method. Soil Scienece Society of America Journal. 68: 1945-1962.
10- Black G.R. and Hartge K.H. 1986. Bulk density. p. 363-375. In: Klute, A. (ed.), Methods of Soil Analysis. Part a: Physical and Mineralogical Methods. Agronomy Monograph No. 9. American Society of Agronomy. Soil Science Society of America, Madison, WI.
11- Dexter A.R. 2004. Soil physical quality Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effect on root growth. Geoderma. 120:201- 214.
12- Doran J.W. and Parkin T.B.1994. Defining and assessing soil quality. Pages 3-21 in J. W. Doran et al., (eds.) Defining soil quality for a sustainable environment. Soil Science Society of America Special Publication no. 35, Madison, WI.
13- Doran J.W. and Parkin T.B. 1996. Quantitative indicators of soil quality: A minimum data set. p. 25-37. In: Doran, J.W., and Jones, A.J., (eds.) Methods for Assessing Soil Quality. Soil Science Society of America.Special Publication, No. 49, Madison, Wisconsin, USA.
14- Glover J.D., Reganold J.P. and Andrews P.K. 2000. Systematic method for rating soil quality of conventional, organic, and integrated apple orchards in Washington State. Agriculture, Ecosystems and Environment, 80: 29–45.
15- Gomez A.A., Kelly D.E.S., Syers J.K. and Coughlan K.J. 1996. Measuring sustainability of agricultural systems at the farm level. p. 401–410. In: Doran, J.W. and Jones, A.J. (eds) Methods for Assessing Soil Quality Soil Science Society of America, Inc. Madison, WI.
16- Govaerts B., Sayre K.D. and Deckers J. 2006. A minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize cropping in the highlands of Mexico. Soil and tillage research, 87:163–174.
17- Gugino B.K., Idowu O.J., Schindelbeck R.R., Van Es H.M., Wolfe D.W., Moebius-Clune B.N., Thies J.E. and Abawi G.S. 2009. Cornell Soil Health Assessment Training Manual. Second Edition. Cornell Soil Health Assessment Training Manual**.** **(**https://www.nysaes.cornell.edu/store/catalog/).
18- Herrick J.E., Brown J.R., Tugel A.J., Shave P.L. and Havstad K.M. 2002. Application of soil quality to monitoring and management: paradigms from rangeland ecology. Agronomy, 94: 3–11.
19- Karlen D.L., Andrews S.S. and Doran J.W. 2001. Soil quality: Current concepts and applications. Advances in Agronomy, 74: 1-40.
20- Karlen D.L., Ditzier C.A. and Andrews S.S. 2003. Soil quality: why and how? Geoderma,114: 145-156.
21- Karlen D.L., Rosek M.J., Gardner J.C., Allan D.L., Alms M.J., Bezdicek D.F., Flock M., Huggins D.R., Miller B.S. and Staben M.L. 1999. Conservation research program effects on soil quality indicators. Journal of Soil and Water Conservation, 54(1): 439-444.
22- Kemper W.D. and Rosenau R.C. 1986. Aggregate stability and size distribution. p. 425–442. In: Klute, A. (ed.), Methods of Soil Analysis. Part a: Physical and Mineralogical Methods. Agronomy Monograph No. 9. American Society of Agronomy. Soil Science Society of America, Madison, WI.
23- Knudsen D., Peterson G.A. and Pratt P.F. 1982. Lithium, sodium and potassium. p. 225-246. In:A.L.Page (ed) Methods of Soil Analysis. Part 2. Am. Soc. Agron. Madison, WI.
24- Lakhdar A., Hafsi C., Rabhi M., Debez A., Montemurro F., Abdelly C., Jedidi N. and Ouerghi Z. 2008. Application of municipal solid waste compost reduces the negative effects of salinewater in Hordeum maritimum L., Bioresource Technology, 99: 7160–7167.
25- Lal R., Kimble J. and Follett R.F. 1997. Pedospheric processes and the carbon cycle. p. 1–8. In: Lal, R., W.H. Blum, C.Valentine, B.A. (eds.) Stewart. Methods for Assessment of Soil Degradation. CRC Press, Boca Raton.
26- Lal R., Mokma D. and Lowery B. 1999. Relation between soil quality and erosion, In: Lal, R.,(eds.). Soil Quality and Soil Erosion, 39-56, Soil and Water Conservation Society and CRC Press, Boca Raton.
27- Lindsay W.L. and Norvell W.A. 1978. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of Amrica Journal, 42: 421-448.
28- MacEwan R.J., Carter M.R. Eds. 1996. Soil Quality is in the hands of the land manager. Proceedings of an international symposium, 'Advances in soil quality for land management: science, practice and policy', 17-19 April, Ballarat. Centre for Environmental Management, University of Ballarat. Ballarat, Australia.
29- Magdi T., Abdelhamid H., Takatsugu F. and Shinya O. 2004. Composting of rice straw with oilseed rape cake and poultry manure and its effects on faba bean (*Vicia faba* L.) growth and soil properties. Bioresource Technology, 93: 183–189.
30- Marcote I., Hernandez T., Garcia C. and Polo A. 2001. Influence of one or two successive annual application of organic fertilizers on the enzyme activity of a soil under barley cultivation. Bioresource Technology, 79: 147-154.
31- Mbarki S., Labidi N., Mahmoudi H., Jdidi N. and Abdelly C. 2008. Contrasting effects of municipal compost on alfalfa growth in clay and in sandy soils: N, P, K, content and heavy metal toxicity. Bioresource Technology, 99(15): 6745-6750.
32- Norton B.J., Sandor J.A. and White C.S. 2003. Hillslope soils and organic matter dynamics within native American agroecosystem of the Colorado Plateau. Soil Science Society of America Journal, 67: 225-234.

33- Olsen S.R.C., Cole V., Watanable F.S. and Dean L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate, USDA. Cir. 939. Us. Govern. Printing Office, Washington, DC.
34- Perez D.V., Alcantara S., Ribeiro C.C., Pereira R.E., Fontes G.C., Wasserman M.A., Venezuela T.C., Meneguelli N.A., De Macedo J.R. and Barradas C.A.A. 2007. Composted municipal waste effects on chemical properties of a Brazilian soil. Bioresource Technology, 98: 525-533.
35- Per-Schjønning S.E., Munkholm, L.J., and Debosz, K. 2002. Soil quality aspects of humid sandy loams as influenced by organic and conventional long term management. Agriculture, Ecosystems and Environment, 88: 195–214.
36- Petersen S.O., Henriksen K., Mortensen G.K., Krogh P.H., Brandt K.K., Sorensen J., Madsen T., Petersen J. and Gron C. 2003. Recycling of sewage sludge and house hold compost to arable land: Fate and effects of organic contaminants, and impact on soil fertility. Soil and tillage research, 72: 139-152.
37- Qi Y., Jeremy L.D., Huang B., Zhao Y., Sun W. and Gu Z. 2009. Evaluating soil quality indices in an agricultural region of Jiangsu Province, China. Geoderma, 149:325-334.
38- Qin M.Z. and Zhao J. 2000. Strategies for sustainable use and characteristics of soil quality changes in urban-rural marginal area: a case study of Kaifeng. Acta, 55:545–554.
39- Ramadass K. and Palaniyandi S. 2007. Effect of enriched municipal solid waste compost application on soil available macronutrients in the rice field. Archives. Agronmical Soil Science, 53: 497-506.
40- Reynolds W.D., Drury C.F., Tan C.S., Fox C.A., and Yang X.M. 2009. Use of indicators and pore volume-function characteristics to quantify soil physical quality. Geoderma, 152:252-263.
41- Richards L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soil. USDA .Agriculture. Hand Book. No. 60.
42- Shukla M.K., Lal R. and Ebinger M. 2006. Determining soil quality indicators by factor analysis. Soil and tillage research, 87: 194-204.
43- Singh M.J. and Khera K.L. 2009. Physical indicators of soil quality in relation to soil erodibility under different land uses. Arid Land Res. & Manage. 23:152-167.
44- Torbert H.A., Krueger E. and Kurtene D. 2008. Soil quality assessment using fuzzy modeling. Inter. Agrophysics. 22:365-370.
45- Van der Ploeg R.R., Böhm W. and Kirkham M.B. 1999. On the origin of the theory of mineral nutrition of plants and the law of the minimum. Soil Science Society of Amrica Journal, 63:1055–1062.
46- Van Genuchten M.Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 44:892–898.
47- White R.E. 2006. Principles and Practice of Soil Science, 4th edition. Blackwell Publishing, Oxford, UK. 106p.
48- Wong J.W.C., Ma K.K., Fang K.M. and Cheung C. 1999. Utilization of a manure compost for organic farming in Hong kong. Bioresour. Technology, 67: 43-46.
49- Yang J.E., Kim S.C., Ok Y.S., Lee H.S., Kuk Kim D. and Kim K.H. 2010. Determining minimum data set for soil quality assessment of organic farming system in Korea. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. 1 – 6 August, Brisbane, Australia.

Journal of Water and Soil
Vol. 28, No. 3, Jul.-Agu. 2014, p. 565-574

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۸، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۳، ص. ۵۷۴-۵۶۵

Evaluating The Effect of Organic Matter on Soil Quality Score Functions

H. Emami[1*]- A.R. Astaraei[3]- A. Fotovat[3]

Received:16-06-2013
Accepted:06-01-2014

Abstract

Soil quality is important for evaluating the soil fertility and physical condition. Soil physical, fertility and chemical indicators should be regarded for determining the soil quality. This research was conducted to study the effect of organic matter on quantitative value of soil quality. Three levels (15, 30, and 60 ton/ha) of different organic compounds including municipal waste compost, sewage sludge, cattle manure, and wheat straw together with control treatment in three replications were applied to a loamy soil. The treated soils were kept for 6 months at 70% of field capacity moisture in greenhouse conditions. Then, soil quality was determined based on non-linear score function using 14 physical and chemical indicators. The results showed that the score of control treatment was 52.7 belonging to class 4, i.e. low quality. Addition of different organic matter improved the soil quality score and soil quality class increased one to 2 degrees. Among the studied treatments, the highest score of soil quality was obtained in 60 ton/ha sewage sludge and 30 and 60 ton/ha compost. Also, the addition of other organic treatments increased the quantitative soil quality score in relation to control, and soil quality class increased one degree. Among the studied indicators, iron (Fe), manganese (Mn), zinc (Zn) micro-nutrients, aeration porosity (AC), and mean weight diameter of aggregates (MWD) were the important limiting indictors in degrading the soil quality in control treatment, and applying the compost and sewage sludge increased their amounts and scores.

Keywords: Cattle manure, Compost, Sewage sludge, Soil quality, Wheat straw

1,2,3- Assistant Professor and Associate Professors of Soil Science Deptartnent, Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad, Respectively
(*- Corresponding Author Email: hemami@um.ac.ir)