نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۵، آذر - دی ۱۳۹۰، ص. ۱۲۰۵-۱۱۹۷

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No. 5, Nov-Des 2011, p. 1197-1205

تعیین مهم‌ترین ویژگی‌های موثر بر شاخص‌های کیفیت خاک در بخشی از زمین‌های کشاورزی و مرتعی جنوب مشهد

حسین شهاب آرخازلو[1*]- حجت امامی[2]- غلامحسین حق نیا[3]- علیرضا کریمی[4]

تاریخ دریافت:۹۰/۳/۹
تاریخ پذیرش:۹۰/۷/۱۹

چکیده

یکی از مسائل مورد توجه در مدیریت پایدار خاک‌ها به منظور تولید بهینه کشاورزی و حفظ منابع طبیعی، ارزیابی کیفیت خاک است. استفاده از شاخص‌های کیفیت خاک ابزار مفیدی برای تعیین و مقایسه کیفیت خاک‌ها است. در این پژوهش با استفاده از روش تجزیه مولفه‌های اصلی (PCA)، از میان ۱۸ ویژگی مورد بررسی خاک یا کل ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک (TDS)، ۶ ویژگی به‌عنوان مهم‌ترین یا حداقل ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک (MDS) تعیین شدند. سپس کیفیت خاک‌های کشاورزی و مراتع منطقه‌ی دهسرخ واقع در جنوب شهر مشهد، با استفاده از دو مدل شاخص تجمعی کیفیت خاک (IQI) و شاخص کیفیت خاک نمورو (NQI) و هر کدام در دو مجموعه‌ی ویژگی‌های خاک TDS و MDS ارزیابی شد. نتایج نشان داد که به‌طور کلی خاک‌های منطقه از نظر شاخص‌های مورد مطالعه دارای محدودیت زیادی بودند و همبستگی معنی‌داری بین IQI_{TDS} و IQI_{MDS} و بین NQI_{TDS} و NQI_{MDS} وجود داشت. این امر نشان می‌دهد که مجموعه‌ی MDS تعیین شده به خوبی می‌تواند نماینده‌ی مناسبی از TDS باشد. افزون بر این مقایسه شاخص‌های کیفیت خاک در زمین‌های کشاورزی و مرتع نشان داد که، استفاده از مجموعه‌ی TDS در تعیین تاثیر کاربری زمین بر شاخص‌های کیفیت خاک کارایی بیشتری دارد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه مولفه‌های اصلی، شاخص تجمعی کیفیت خاک، شاخص نمورو

مقدمه

آگاهی از چگونگی کیفیت خاک در عرصه‌های کشاورزی و منابع طبیعی برای مدیریت بهینه زمین‌ها و رسیدن به حداکثر بهره‌وری اقتصادی ضروری است. در کشورهای در حال توسعه به علت آسیب-پذیری خاک‌های کشاورزی از نظر زیست محیطی، توجه به کیفیت خاک دارای اهمیت اقتصادی می‌باشد (۳۱). در این راستا به منظور دستیابی به مدیریت پایدار خاک و پیش بینی خطرات تخریب خاک، تعیین روشی مناسب برای ارزیابی کیفیت خاک دارای اهمیت می‌باشد (۳۴). این هدف را می‌توان به طور قابل اطمینان و دقیق از طریق تعیین و تکامل شاخص‌های کیفیت خاک به دست آورد.

انجام ارزیابی جامع از کیفیت خاک به شرایط و ظرفیت کل اجزای محیط دربرگیرنده خاک، اقلیم و ویژگی‌های زیستی آن مربوط می‌شود (۲۶). با تکمیل روش‌های ارزیابی کیفیت خاک توانایی لازم برای ارائه راهکارهای محلی مناسب به منظور بهبود عملیات کشاورزی به‌دست می‌آید (۵). ارزیابی کیفیت خاک در سال‌های اخیر پیشرفت قابل توجهی کرده است. در مقیاس جهانی به سبب اهمیت تغییرات محیط زیست، بهبود روش‌های ارزیابی کیفیت خاک برای توسعه کشاورزی پایدار و نیز تشخیص پایداری مدیریت خاک و سیستم کاربری زمین ضروری است (۳۲). از این رو به دست آوردن روش‌ها و شاخص‌های مناسب ارزیابی کیفیت خاک به علت تاثیر مهم آن بر نتیجه گیری و قضاوت نهایی در مورد وضعیت کیفیت و مدیریت خاک، از جمله مهم‌ترین مسائل مورد توجه است (۵).

بیشتر روش‌های ارزیابی کیفیت خاک پس از انتشار سیستم طبقه‌بندی قابلیت اراضی در سال ۱۹۶۱ به وسیله سرویس حفاظت خاک آمریکا (۱۶) توسعه پیدا کرد، از جمله این روش‌ها می‌توان به کارت و کیت بررسی کیفیت خاک (۵)، روش‌های تعیین شاخص کیفیت خاک (۷ و ۸) و روش‌های کریجینگ چند متغیره (۱۸) اشاره نمود. در بین این روش‌ها، امروزه شاخص‌های کیفیت خاک متداول-ترین روش است (۱)، که برتری آن قابلیت استفاده آسان، انعطاف پذیری و کمی بودن است. شاخص‌های کیفیت خاک به نوع عملیات

۱،۲،۳و۴- به ترتیب دانشجوی دکتری، استادیار، استاد و استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: hose_shohab@yahoo.com)

مدیریتی خاک نیز بستگی دارد زیرا در این شاخص‌ها از مشخصات محلی خاک که در اثر فعالیت‌های بشر در طول زمان تغییر می‌کنند، استفاده می‌شود (۳۲).

شاخص کیفیت خاک باید در بر گیرنده شیوه‌های تعریف شده‌ای برای گزینش، نمره‌دهی و وزن‌دهی ویژگی‌های خاک بوده و نیز مدل جامعی که امکان مقایسه‌ی خاک‌های مناطق مختلف را به صورت علمی فراهم کند، داشته باشد (۳۴). لذا باید ۱) ویژگی‌هایی موثر بر کیفیت خاک، انتخاب شوند، ۲) به ویژگی‌های منتخب خاک وزن داده شود و ۳) اعتبار سنجی شاخص با استفاده از یک مدل انجام شود.

ویژگی‌های موثر بر شاخص‌های کیفیت خاک[1] به صورت فرآیند-ها و ویژگی‌هایی از خاک تعریف می‌شوند که به تغییر کاربری خاک حساس باشند (۲ و ۷)، این ویژگی‌ها برای انجام یک ارزیابی ساده و کاربردی کیفیت خاک، اهمیت دارند (۹). ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک می‌توانند مجموعه‌ای از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، زیستی یا ترکیبی از آنها باشند (۲ و ۱۳). پژوهشگران متعدد، مجموعه‌های مختلفی از ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک را برای تعیین شاخص کیفیت خاک پیشنهاد (۸، ۱۴ و ۲۱)، و شاخص کیفیت خاک را بر اساس مجموعه‌ی کل ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک (TDS^{2}) تعیین کرده‌اند. همچنین پژوهشگران تعداد محدودتری از ویژگی‌هایی خاک را که نماینده بهتری از کیفیت خاک بودند، به‌عنوان مجموعه‌ی حداقل ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک (MDS^{3}) پیشنهاد کرده‌اند. انتخاب این ویژگی‌ها بر حسب بیشترین همبستگی با کل کیفیت خاک (شاخص کلی) و سهولت اندازه‌گیری آنها، صورت گرفته است (۱ و ۱۱). این موضوع تعداد ویژگی‌های مورد نظر را کاهش داده و موجب سهولت و کاهش هزینه‌ی تعیین شاخص کیفیت خاک می-شود.

محاسبه شاخص کیفیت خاک 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 (۳۴). این نگرش به سبب برتری آن در تشخیص پیچیدگی‌های سیستم خاک در وضعیت طبیعی و کشاورزی به طور گسترده استفاده شده است (۶، ۱۷ و ۲۷). 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 وپارکین (۸) پیشنهاد شده 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 (۱۲ و ۲۰)، که اساس آن استفاده از مقادیر میانگین و حداقل ویژگی‌ها است، وزن ویژگی‌های خاک استفاده نمی‌شود. نتایج این شاخص بستگی به مقدار حداقل ویژگی‌ها داشته و منعکس کننده قانون حداقل در تولید محصول می‌باشد (۲۹).

در این مقاله به‌عنوان یک مطالعه موردی، کیفیت خاک منطقه‌ی دهسرخ واقع در ۴۰ کیلومتری جنوب شهرستان مشهد با دو مدل تعیین شاخص کیفیت خاک IQI و NQI، تعیین شد. به‌طورکلی هدف این مطالعه: ۱) ارزیابی کیفیت خاک منطقه دهسرخ ۲) تعیین حداقل ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک (MDS) در منطقه مورد مطالعه ۳) تعیین کارایی مجموعه‌ی MDS به دست آمده در نشان دادن مجموعه‌ی TDS مورد نظر و ۴) بررسی تاثیر نوع کاربری زمین بر شاخص‌های کیفیت خاک است.

مواد وروش‌ها

منطقه مورد مطالعه: در این پژوهش تعداد ۶۰ نمونه دست نخورده و دست خورده خاک سطحی (عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متر) از منطقه‌ای به وسعت ۱۸۰۰ هکتار در ۴۰ کیلومتری جنوب شهرستان مشهد تهیه شد که در حد فاصل طول جغرافیایی "۵۲/۱۷ ، '۳۱، °۵۹ و "۵۱/۵۹، '۳۶، °۵۹ شرقی و عرض جغرافیایی "۵۲/۲۳، '۰۰، °۳۶ و "۲۷/۲۱، '۵۷، °۳۶ شمالی قرار دارد. منطقه دارای اقلیم خشک تا نیمه خشک با میانگین دمای سالیانه‌ی ۱۴ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالیانه ۲۵۰ میلی‌متر است. از نظر رده بندی خاک در راسته Haplocalcid قرار می‌گیرد. ۷۰ درصد سطح منطقه دارای زمین‌های کشاورزی زیر کشت دیم غلات بود که تعداد ۴۱ نمونه خاک از این زمین‌ها تهیه شد و ۳۰ درصد باقی مانده مراتع با پوشش گیاهی ضعیف بودند که ۱۹ نمونه خاک از آنها تهیه شد. الگوی نمونه‌برداری به صورت تصادفی و نمونه‌برداری مرکب بود که متوسط فاصله بین نمونه‌ها ۴۰۰ متر بود.

انتخاب، نمره دهی و وزن دهی ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک

انتخاب ویژگی‌هایی از خاک که به بهترین شکل نشان دهنده وضعیت کیفیت خاک است، اهمیتی کلیدی در ارزیابی کیفیت خاک دارد. ویژگی‌های انتخاب شده باید محدوده‌ی گسترده‌ای از مشخصات خاک را پوشش دهد و با این حال هر یک به طور مستقیم بر کیفیت خاک اثر داشته باشد (۳۲). در این پژوهش ۱۸ ویژگی فیزیکی و شیمیایی خاک که در منابع مختلف به‌عنوان ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک معرفی شده‌اند (۲۱، ۲۸ و ۳۴)، به‌عنوان TDS در نظر گرفته شد و در ۶۰ نمونه خاک مورد مطالعه با روش‌های معمول

1 - Soil quality indicators
2 - Total data set
3 - Minimum data set
4 - Integrated quality index
5 - Nemero quality index

آزمایشگاهی اندازه‌گیری شدند (جدول ۱).

برای گزینش مجموعه‌ی حداقل ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک (MDS[1])، به علت قابلیت روش تجزیه مولفه‌های اصلی (PCA[2]) در انتخاب MDS (۸)، از این روش استفاده شد. این کار با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (۲۳) انجام شد. روش PCA برای کاهش حجم داده‌ها، به صورت انتخاب ویژگی‌هایی که بیشترین تاثیر را بر کیفیت خاک منطقه دارند، از میان کل ویژگی‌های مورد بررسی خاک استفاده شد (۳۴).

طبق روشی که توسط اندروس و همکاران (۱) و گوارتز و همکاران (۱۱) برای انتخاب MDS ارائه شده است، مولفه‌های اصلی با ارزش ویژه[3] بزرگتر از ۱ به‌عنوان MDS انتخاب می‌شوند.

با توجه به اینکه ویژگی‌های مورد بررسی دارای واحدهای گوناگونی می‌باشند، به منظور اینکه بتوان آنها را در قالب یک شاخص کلی درآورد ویژگی‌ها را باید بی‌واحد کرد. برای این منظور از توابع عضویت فازی استفاده می‌شود (۲۸ و ۳۴)، به این ترتیب که محدوده‌ای از مقادیر ویژگی مورد نظر که از نظر کیفیت خاک مطلوب‌ترین مقدار می‌باشد مقدار عضویت ۱ و محدوده‌ای که کمترین کیفیت را دارد مقدار صفر می‌گیرند.

به این ترتیب تابعی به دست می‌آید که با استفاده از آن مقادیر ویژگی مورد نظر را بین صفر (کمترین مطلوبیت برای کیفیت خاک) و ۱ (بیشترین مطلوبیت برای کیفیت خاک) نمره دهی می‌کنیم (۳۴). با استفاده از این روش ویژگی‌های مورد بررسی برای هر نمونه خاک نمره‌دهی شدند.

در ادامه سهم هر ویژگی (COM[4]) به وسیله‌ی روش تجزیه عامل (FA[5]) و در دو مجموعه‌ی کل ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک (TDS) و حداقل ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک (MDS)، محاسبه شد (۲۴ و ۲۷). انجام تجزیه عامل (FA) و محاسبه مقدار سهم ویژگی‌ها نیز به وسیله‌ی نرم‌افزار آماری SAS انجام شد (۲۳). سپس نسبت مقدار سهم هر ویژگی به مجموع مقادیر سهم کل ویژگی‌ها در هر مجموعه، به‌عنوان وزن هر ویژگی برای محاسبه شاخص کیفیت خاک در نظر گرفته شد (۳۴).

محاسبه شاخص‌های کیفیت خاک

بعد از اینکه وزن ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک تعیین شد، شاخص‌های کیفیت برای هر نمونه خاک، با استفاده از معادله شاخص تجمعی کیفیت خاک (IQI) (معادله ۱) (۸) و معادله شاخص کیفیت خاک نمورو (NQI) (معادله ۲) محاسبه شدند.

$$IQI = \sum_{i=1}^{n} W_i N_i \qquad (۱)$$

در این معادله W_i وزن تعلق یافته به هر ویژگی خاک، N_i مقدار تعلق یافته به هر ویژگی و n تعداد ویژگی‌های مورد نظر است.

$$NQI = \sqrt{\frac{p_{ave}^2 + p_{\min}^2}{2}} \times \frac{n-1}{n} \qquad (۲)$$

در این معادله p_{ave} میانگین مقادیر ویژگی‌های انتخاب شده برای هر نمونه خاک، $p_{\min}$ حداقل نمره موجود در بین ویژگی‌های انتخاب شده برای هر نمونه و n تعداد ویژگی‌های مورد نظر برای محاسبه شاخص است.

هر کدام از این شاخص‌ها برای هر نمونه خاک با استفاده از دو مجموعه ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک شامل TDS و MDS تعیین شدند. در نتیجه برای هر نمونه، چهار شاخص کلی کیفیت خاک شامل IQI_{TDS}، IQI_{MDS}، NQI_{TDS}، NQI_{MDS} به دست آمد. در ادامه مقایسه‌ی میانگین (t-test) شاخص‌ها بین دو دسته نمونه خاک زمین‌های کشاورزی (۴۱ نمونه) و مرتع (۱۹ نمونه) به روش آماری مقایسه‌های جفت نشده، صورت گرفت. همچنین همبستگی بین شاخص‌هایی که با استفاده از مجموعه‌ی کل ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک (TDS) به دست آمده‌اند با شاخص‌هایی که با استفاده از حداقل ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک (MDS) به دست آمده‌اند، در خاک زمین‌های کشاورزی، مرتع و کل نمونه‌های منطقه مورد مطالعه بررسی شد. این کار به منظور تعیین کارایی MDS معرفی شده در نشان دادن کل ویژگی‌ها (TDS) انجام شد. آنالیزهای مربوط به مقایسه‌های میانگین و همبستگی با استفاده از نرم افزار آماری JMP4 (۲۲) صورت گرفت.

نتایج و بحث

به‌طورکلی کلاس بافت نمونه‌های خاک از شنی تا لوم رسی و درصد کربن آلی از ۰/۲ تا ۲/۲ درصد متغییر بود. ویژگی‌های مورد بررسی خاک به همراه ارزش ویژه به دست آمده از طریق تجزیه مولفه‌های اصلی در جدول ۱ ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود ۶ ویژگی درصد کربن آلی، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD)، درصد خاکدانه‌های پایدار در آب (WSA)، درصد آهک معادل، فاکتور فرسایش‌پذیری خاک معادله جهانی فرسایش خاک (فاکتور K) و شاخص پایداری خاکدانه‌ها (SI) دارای ارزش ویژه بزرگتر از یک بوده و بیش از ۹۵ درصد تغییرات را نشان می‌دهند، لذا این ۶ معیار به‌عنوان مجموعه حداقل ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک (MDS) در نظر گرفته شدند. مقادیر سهم و وزن اختصاص یافته به هر ویژگی خاک در دو مجموعه‌ی TDS و MDS نیز در جدول ۲ ارائه شده است.

1 - Minimum data set
2 - Principle component analysis
3 - eigen values
4 - Communality
5 - Factor analysis

جدول۱- ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک مورد بررسی و ارزش ویژه‌ی به دست آمده از آنالیز تجزیه مولفه‌های اصلی (PCA) ویژگی‌ها

ویژگی مورد نظر	ارزش ویژه به دست آمده از PCA	منبع روش مورد استفاده برای اندازه گیری
میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD)	۶۷/۳۵	۱۵
نسبت جذب سدیم (SAR)	۰/۰۰۱۱	۱۹
pH	۰/۰۰۲۴	۱۹
EC	۰/۰۴۵۲	۱۹
درصد آهک معادل	۱۱/۸۷	۱۹
جرم مخصوص ظاهری	۰/۰۱۳۷	۲۱
درصد رس	۰/۸۲	۱۰
درصد شن	۰/۰۷۳۲	۱۰
درصد سیلت	۰/۴۷۶	۱۰
درصد کربن آلی	۲۵۸/۶	۳۰
شاخص پایداری خاکدانه‌ها (SI)	۴/۳	۲۱
ظرفیت زراعی نسبی RFC	۰/۰۱۹۶	۲۱
ظرفیت آب در دسترس گیاه (PAWC)	۰/۰۰۷۲	۲۱
تخلخل هوایی AC	۰/۰۰۰۱	۲۱
شیب منحنی رطوبتی در نقطه عطف (S_{gi})	۰	۲۱
تخلخل کل	۰/۰۱۰۱	۲۱
فاکتور فرسایش‌پذیری معادله جهانی فرسایش (K)	۱۸	۳۳
درصد خاکدانه‌های پایدار در آب (WSA)	۵۱۵/۹	۲۵

*: ویژگی‌های دارای ارزش ویژه‌ی بزرگتر از ۱ به صورت پر رنگ نشان داده شده و به‌عنوان مجموعه‌ی MDS در نظر گرفته شده‌اند.

جدول۲- وزن ویژگی‌های کیفیت خاک در دو مجموعه TDS و MDS با استفاده از تجزیه عامل (FA)

ویژگی	TDS		MDS		ویژگی	TDS		MDS	
	COM	وزن	COM	وزن		COM	وزن	COM	وزن
MWD	۱۷۷/۴	۰/۲۰۳	۳۶	۰/۰۹۲	٪ رس	۲/۵۷	۰/۰۰۳		
SAR	۰/۰۰۰۹۷	۰			٪ شن	۰/۱۲	۰/۰۰۰۱۴		
pH	۰/۰۰۲۲۷	۰			٪سیلت	۰/۳	۰/۰۰۰۳۵		
EC	۰/۰۶۴	۰			SI	۱۸/۰۱۵	۰/۰۲	۲/۲	۰/۰۰۵۶
$\%CaCO_3$	۲۰/۴۴	۰/۰۲۴	۱/۵	۰/۰۰۳۹	RFC	۰/۰۳	۰		
BD	۰/۰۱۱۵۹	۰			PAWC	۰۰۴۹	۰		
%OC	۲۶۲/۱	۰/۳	۸۹	۰/۲۲۷	AC	۰/۰۰۰۷	۰		
S_{gi}	۰	۰			K	۱۲۱/۶	۰/۱۴	۱۲۱	۰/۳۰۸
تخلخل	۰/۰۰۹۱۹	۰			WSA	۲۶۹/۱۲	۰/۳۱	۱۴۴	۰/۳۶۶

*: ویژگی‌های موجود در مجموعه MDS به صورت پر رنگ نشان داده شده. Com : سهم ویژگی

رابطه خطی شاخص‌های کیفیت خاک IQI و NQI که با دو مجموعه از ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک (MDS وTDS) به دست آمده‌اند، برای دو کاربری متفاوت زمین و کل نمونه‌های مورد بررسی، در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. همچنین نتایج آنالیز همبستگی شاخص‌های کیفیت خاک که با استفاده از دو مجموعه ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک (MDS و TDS) محاسبه شدند در جدول ۳ آمده است. مشاهده می‌شود که به‌طورکلی در هر سه مجموعه نمونه‌ها، همبستگی شاخص IQI_{TDS} و IQI_{MDS} بیشتر از همبستگی بین NQI_{TDS} و NQI_{MDS} می‌باشد. با این وجود در مورد هر دو شاخص و در هر سه مجموعه نمونه‌ها، همبستگی بین IQI و NQI به دست آمده با TDS و MDS معنی‌دار می‌باشد. یان بینگ و همکاران (۳۴) نیز همبستگی معنی‌دار بین TDS و MDS مشاهده کردند. آنها R^2=۰/۶۵۲ بین IQI_{TDS} و IQI_{MDS} و R^2=۰/۵۷ بین NQI_{TDS} و NQI_{MDS} را گزارش کردند.

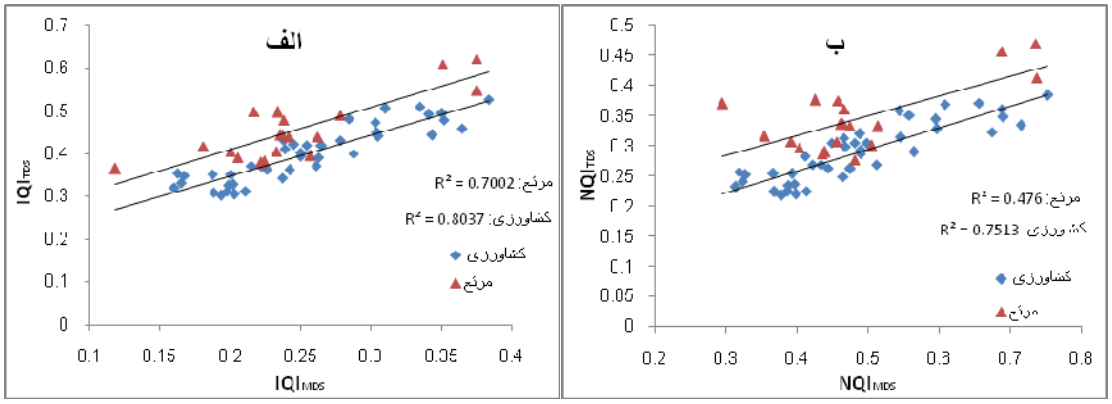
با توجه به همبستگی‌های معنی‌دار موجود، می‌توان نتیجه گرفت که با استفاده از مجموعه حداقل ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک (MDS)، می توان به صورت قابل قبولی شاخص‌های کیفیت خاک IQI و NQI را محاسبه نمود و شاخص‌های IQI و NQI محاسبه شده با استفاده از مجموعه‌ی کل ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک (TDS) برتری چندانی نسبت به MDS ندارند. بنابراین با استفاده از مجموعه‌ی MDS که تعداد محدودتری از ویژگی‌های خاک را شامل می‌شوند، می‌توان با اطمینان قابل قبولی شاخص‌های کیفیت خاک را تعیین کرد. همان‌طور که گفته شده، مجموعه‌ی MDS شامل ۶ ویژگی خاک می‌شوند در حالی که در مجموعه‌ی TDS، ۱۸ ویژگی خاک در نظر گرفته شده است، در نتیجه تعیین کیفیت خاک با استفاده از مجموعه‌ی MDS موجب صرفه‌جویی در هزینه و زمان لازم برای تعیین کیفیت خاک می‌شود.

همچنین مشاهده می‌شود که همبستگی بین TDS و MDS در مورد هر دو شاخص کیفیت خاک (IQI و NQI)، در نمونه خاک زمین‌های کشاورزی بیشتر از مرتع است. در نتیجه مجموعه‌ی MDS در زمین‌های کشاورزی بهتر از زمین‌های مرتع بیانگر TDS است. هر چند با توجه به معنی‌دار بودن همبستگی، در مورد زمین‌های مرتع نیز کارایی قابل قبولی دارد.

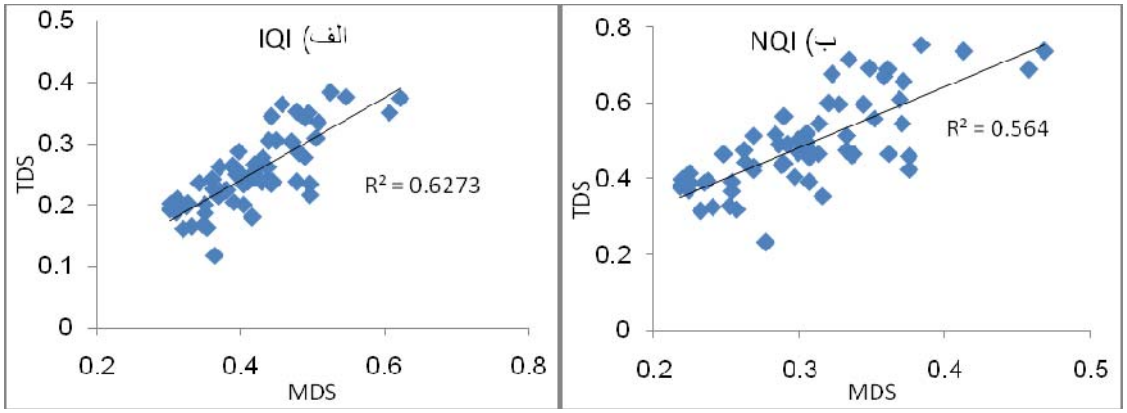
جدول ۳- همبستگی بین شاخص‌های کیفیت خاک محاسبه شده با استفاده از دو مجموعه ویژگی‌های متفاوت (MDS و TDS)

مجموعه نمونه‌ها	IQI	NQI
کشاورزی	۰/۹۰**	۰/۸۷**
مرتع	۰/۸۴**	۰/۶۹**
کل نمونه‌ها	۰/۷۹**	۰/۷۵**

**: همبستگی معنی‌دار در سطح یک درصد



شکل۱- رابطه خطی الف) IQI_{TDS} و IQI_{MDS} ب) NQI_{TDS} و NQI_{MDS} در نمونه خاک‌های زمین‌های کشاورزی و مرتع



شکل۲- رابطه خطی الف) IQI_{TDS} و IQI_{MDS} ب) $NIQI_{TDS}$ و NQI_{MDS} در کل نمونه خاک‌ها

مقدار میانگین شاخص‌های کیفیت خاک IQI_{TDS}، IQI_{MDS}، NQI_{TDS} و NQI_{MDS} در کل خاک‌های منطقه مورد مطالعه و دو کاربری کشاورزی و مرتع در جدول ۵ ارائه شده است. مطالعات نشان می‌دهد که شاخص IQI_{TDS} بهترین ترکیب برای ارزیابی کیفیت خاک می‌باشد (۷ و ۳۴). بر این اساس یان بینگ و همکاران (۳۴)، چهار درجه کیفیت خاک تعیین کردند که در این درجه‌بندی خاک‌های درجه I مناسب برای رشد گیاه، درجه‌ی II مناسب برای رشد گیاه لیکن با مقداری محدودیت، درجه III دارای محدودیت بیشتری نسبت به درجه II و درجه IV دارای محدودیت زیاد برای رشد گیاه است(جدول ۴). طبق این درجه بندی ۰/۵۶ >IQITDS، ۰/۵۸> IQIMDS، ۰/۳۵> NQITDS و ۰/۶> NQIMDS در محدوده‌ی درجه‌ی IV قرار می‌گیرد (جدول ۴). با توجه به جدول ۵ مشاهده می‌شود که خاک‌های منطقه‌ی ده‌سرخ از نظر هر چهار شاخص در محدوده‌ی خاک‌های با کیفیت پایین قرار می‌گیرند.

به منظور تعیین تاثیر کاربری زمین بر کیفیت خاک‌های منطقه، بین شاخص‌های کیفیت خاک زمین‌های کشاورزی و مرتع مقایسه میانگین (t-test) به صورت مقایسه‌های جفت نشده صورت گرفت (جدول ۵). همان گونه که در جدول شماره ۵ مشاهده می‌شود، شاخص‌های NQI_{MDS} و IQI_{MDS} که با استفاده از حداقل ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک (MDS) تعیین شده‌اند، اختلاف معنی‌داری را بین کیفیت خاک دو کاربری زمین نشان نمی‌دهد. در حالی که وقتی این شاخص‌ها با استفاده از کل ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک (TDS) تعیین می‌شوند اختلاف معنی‌دار بین کیفیت خاک زمین‌های کشاورزی و مرتع مشاهده می‌شود.

مطالعات مختلف نشان داده‌اند که عملیات کشاورزی می‌تواند تاثیر مخربی بر کیفیت خاک‌ها داشته باشد (۳ و ۴). از این رو وجود اختلاف معنی‌دار بین دو کاربری زمین در شاخص‌های کیفیت خاکی که از مجموعه‌ی کل ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک (TDS) استفاده کرده‌اند، نشان می‌دهد که مجموعه‌ی TDS حساسیت بیشتری نسبت به نوع کاربری زمین داشته و به گونه‌ی موثرتری اختلاف کیفیت خاک بین کاربری‌های کشاورزی و مرتع را نشان می‌دهد.

این پژوهش نشان می‌دهد که هر چند استفاده از مجموعه‌ی TDS در تعیین شاخص‌های کیفیت خاک نتایج دقیق‌تری دارد، لیکن با استفاده از مجموعه‌ی MDS نیز می‌توان شاخص‌های کیفیت خاک منطقه‌ی مورد مطالعه را با دقت قابل قبولی تعیین کرد و از این راه حجم و هزینه‌ی کار را کاهش داد. با این وجود استفاده از شاخص‌های NQI_{MDS} و IQI_{MDS} نمی‌تواند به خوبی اختلاف کیفیت خاک بین کاربری‌های مرتع و کشاورزی را نشان دهد، لذا در مواردی که هدف بررسی تاثیر تغییر کاربری زمین بر شاخص‌های کیفیت خاک است توصیه می‌شود که شاخص‌های کیفیت خاک را با استفاده از مجموعه TDS محاسبه شود.

جدول ٤- دامنه امتیازات برای چهار درجه شاخص‌های کیفیت خاک (٣٤)

درجه	دامنه امتیازات			
	IQI_{TDS}	IQI_{MDS}	NQI_{TDS}	NQI_{MDS}
I	>۰/۷۶	> ۰/۷۸	> ۰/۵۵	> ۰/۸۰
II	۰/۷۶ – ۰/۶۶	۰/۷۸ – ۰/۶۸	۰/۵۵ – ۰/۴۵	۰/۸۰ – ۰/۷۰
III	۰/٦٦ – ۰/۵۶	۰/۶۸ – ۰/۵۸	۰/۴۵ – ۰/۳۵	۰/۷۰ – ۰/۶۰
IV	<۰/۵۶	<۰/۵۸	<۰/۳۵	<۰/۶۰

جدول ۵- مقادیر میانگین شاخص‌های کیفیت خاک در نمونه خاک‌های کشاورزی، مرتع و کل نمونه‌ها

کاربری زمین	شاخص کیفیت خاک			
	IQI_{TDS}	IQI_{MDS}	NQI_{TDS}	NQI_{MDS}
کشاورزی	۰/۴**	۰/۲۵$^{n.s}$	۰/۲۹**	۰/۴۹$^{n.s}$
مرتع	۰/۴۶**	۰/۲۵$^{n.s}$	۰/۳۴**	۰/۴۸$^{n.s}$
کل نمونه‌ها	۰/۴۲	۰/۲۵	۰/۳۱	۰/۴۹

**: تفاوت میانگین معنی‌دار در سطح یک درصد، n.s: عدم وجود تفاوت معنی‌دار

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی شش ویژگی درصد آهک، فاکتور فرسایش پذیری

خاک، درصد کربن آلی، MWD، WSA و SI بیشترین تاثیر را بر کیفیت خاک‌های منطقه دەسرخ داشت. محاسبه شاخص‌های IQI و NQI نشان داد که کیفیت خاک منطقه پایین می‌باشد لذا لازم است عملیات مدیریتی مناسب به منظور افزایش کیفیت خاک اجرا شود.

مدیریت خاک بایستی به گونه‌ای انجام شود که ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک، به ویژه مجموعه‌ی MDS که بیشترین تاثیر را بر شاخص‌های کیفیت خاک دارند، به محدوده‌ی بهینه‌شان نزدیک کند.

منابع

1- Andrews S.S., Mitchell J.P., Mancinelli R., Karlen K.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. Agron, 94: 12–23.
2- Aparicio V., Costa J.L. 2007. Soil quality indicators under continuous cropping systems in the Argentinean pampas. Soil Tillage Res, 96: 155–165.
3- Castro Filho C., Muzilli O., and Podanoschi A.L. 1998. Estabilidade de agregados e sua relação com o teor de carbono orgˆanico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. R Bras. Ci. Solo, 22: 527–538.
4- Celik I. 2005. Land-use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean highland of Turkey. Soil & Tillage Research, 83: 270–277.
5- Ditzler C.A., and Tugel A.J. 2002. Soil quality field tools of USDANRCS soil quality institute. Agron, 94: 33–38.
6- Dobermann A., and Oberthur T. 1997. Fuzzy mapping of soil fertility a case study on irrigated riceland in the Philippines. Geoderma, 77: 317–339.
7- Doran J.W., and Jones A.J. (Eds.). 1996. Methods for Assessing Soil Quality. Soil Science Society of America Special Publication, vol. 49. Soil Science Society of America, Madison, WI.
8- Doran J.W., and Parkin B.T. 1994. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., Stewart, B.A. (Eds.), Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America, Inc., Madison, WI, USA, pp. 3–21. Special Publication. Number 35.
9- Dumanski J., and Pieri C. 2000. Land quality indicators: research plan. Agric. Ecosyst. Environ, 81: 93–102.
10- Gee G.W., and Bauder J.M. 1986. Partical-size analysis. *In* Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods. Agronomy Monograph No. 9 (2nd edition), American Society of Agronomy, Madison, WI. Pp 383-411.
11- 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 Tillage Res, 87: 163–174.
12- Han W.J., and Wu Q.T. 1994. A primary approach on the quantitative assessment of soil quality. Chinese J. Soil Sci, 25: 245–247.
13- 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. Agron, 94: 3–11.
14- Karlen D.L., Gardner J.C., and Rosek M.J. 1998. A soil quality framework for evaluating the impact of CRP. J. Prod. Agric. 11: 56–60.
15- Kemper W.D., and Rosenau R.C. 1986. Aggregate stability and size distribution. In: Klute A (ed). Methods of Soil Analysis. Part a: Physical and Mineralogical Methods. American Society of Agronomy. Soil Science Society of America, Madison, WI. Pp 425–442.
16- Klingebiel A.A., and Montgomery P.H. 1961. Land capability classification. USDA Handbook, vol. 210. United States Department of Agriculture, Washington, DC.
17- McBratney A.B., and Odeh I.O.A. 1997. Application of fuzzy sets in soil science: fuzzy logic, fuzzy measurements and fuzzy decisions. Geoderma, 77: 85–113.
18- Nazzareno D., and Michele C. 2004. Multivariate indicator kriging approach using a GIS to classify soil degradation for Mediterranean agricultural lands. Ecol. Ind. 177–187.
19- Page A.L., Miller R.H., and Keeney D.R. 1982. Methods of Soil Analysis, part2, chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy,Inc. Soil Science Society of Aamerica, Madison, WI.
20- 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 Geogr. Sin, 55: 545–554.
21- 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.
22- SAS Institute Inc. 2000. JMP Design of Experiments, Version 4. Cary, NC, USA.
23- SAS Institute. 1989. 4th ed. SAS/STAT User's Guide, Version 6,vols. 1 and 2, 4th ed., SAS Institute, Cary, NC.
24- Shukla M.K., Lal R., and Ebinger M. 2006. Determining soil quality indicators by factor analysis. Soil Tillage Res, 87: 194–204.

25- Singh M.J., and Khera K.L. 2009. Physical Indicators of Soil Quality in Relation to Soil Erodibility Under Different Land Uses. Arid Land Research and Management, 23: 152–167.
26- Stamatiadis S., Doran J.W., and Kettler T. 1999. Field and laboratory evaluation of soil quality changes resulting from injection of liquid sewage sludge. Appl. Soil Ecol, 12: 263–272.
27- Sun B., Zhou S.L., and Zhao Q.G. 2003. Evaluation of spatial and temporal changes of soil quality based on geostatistical analysis in the hill region of subtropical China. Geoderma, 115: 85–99.
28- Torbert H.A., Krueger E., and Kurtene D. 2008. Soil quality assessment using fuzzy modeling. International Agrophysics, 22: 365-370.
29- 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 Sci. Soc. Am. J, 63: 1055–1062.
30- Walkley A., and Black I.A. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci, 37: 29-37.
31- Wander M.M., Walter G.L., Nissen T.M., Billero G.A., Andrews S.S., and Cavanaugh-Grant D.A. 2002. Soil quality: science and process. Agron, 94: 23–32.
32- Wang X.J., and Gong Z.T. 1998. Assessment and analysis of soil quality changes after eleven years of reclamation in subtropical China. Geoderma, 81: 339–355.
33- Wischmeier W.H., and Mannering J.R. 1969. Relation of soil properties to its erodibility. Soil Sci Soc Am Jo, 33: 131–137.
34- Yanbing, Q., Darilek J.L., Biao H., Yongcun Z., Sun W. and Gu Z. 2009. Evaluating soil quality indices in an agricultural region of Jiangsu Province, China. Geoderma, 149: 325-334.

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No. 5, Nov-Des 2011, p. 1197-1205

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۵، آذر - دی ۱۳۹۰، ص. ۱۲۰۵-۱۱۹۷

Determining most Important Properties for Soil Quality Indices of Agriculture and Range Lands in a some Parts of Southern Mashhad

H. Shahab[1*]- H. Emami[2]- Gh. Haghnia[3]- A. Karimi[4]

Received:30-5-2011
Accepted:11-10-2011

Abstract

Soil quality evaluation is an essential issue in soil management for agriculture and natural resource protection. Soil quality indices are useful tools for determination and comparison of soils quality. Using of principle component analysis in this study we selected 6 important properties as a soil quality minimum data set (MDS) among 18 soil properties (TDS). Then, soil quality of agriculture and pasture lands in DehSorkh region in south of Mashhad city was evaluated by Integrated quality index (IQI) and Nemero quality index (NQI) in two collections of soil properties include MDS and TDS. The results showed that soils of the region had low quality in respect to studied indices and was significant correlation between IQI_{TDS} - IQI_{MDS} and between NQI_{TDS} - NQI_{MDS}. Generally those results show that determined MDS can be a suitable representative of TDS. In addition, comparison of soil quality indices between agriculture and pasture soils showed that efficiency of TDS collection in determining land use effect on soil quality indices was better than that of MDS.

Keywords: Integrated quality index, Nemero quality index, Principle component analysis

1,2,3,4- PhD Student, Assistant Professor, Professor and Assistant Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Respectively
(*- Corresponding Author Email: hose_shohab@yahoo.com)