نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 30، شماره 4، مهر – آبان 1395، ص. 1243-1232

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 4, Sept.-Oct. 2016, p. 1232-1243

تعیین حداقل مجموعه داده جهت ارزیابی کیفیت خاک مطالعه موردی حوضه آبخیز دریاچه چغاخور

پروانه محقق[1*] - مهدی نادری خوراسگانی[2] - جهانگرد محمدی[3]

تاریخ دریافت: 1394/05/25
تاریخ پذیرش: 1394/07/20

چکیده

سوءمدیریت منابع طبیعی در بسیاری از مناطق ایران منجر به کاهش کیفیت خاک و افزایش آسیب‌پذیری در برابر فرسایش شده است. برای داشتن کیفیت خاک پایدار ارزیابی شاخص‌های مؤثر بر آن ضروری است. اندازه‌گیری همه شاخص‌های کیفیت خاک طاقت‌فرسا و متضمن هزینه است، بنابراین بسیاری از محققین ارزیابی را بر معدودی از شاخص‌ها متمرکز کرده‌اند. هدف این تحقیق تعیین حداقل شاخص‌های مؤثر برای تعیین کیفیت خاک در حوضه آبخیز دریاچه چغاخور با مساحت 12000 هکتار در استان چهارمحال و بختیاری می‌باشد. برای نیل به این هدف روش ابر مکعب لاتین با استفاده از نقشه‌های شیب، کاربری و زمین‌شناسی مورد استفاده قرار گرفت و 125 نمونه مرکب از سطح خاک‌ها (20-0 سانتی‌متر) برداشته شد. پس از تیمارهای اولیه 27 خصوصیت فیزیکی و شیمیایی به روش‌های مناسب اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد روند تغییر مقادیر کربن آلی، کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های بزرگ، نسبت کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های بزرگ به کوچک، وزن مخصوص ظاهری، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، ظرفیت نگه‌داری آب، گنجایش هوایی، شاخص دکستر و غلظت‌های فسفر، آهن و مس در کاربری‌ها به ترتیب عبارتست از باغات> اراضی کشاورزی> مراتع خوب> کشت دیم> مراتع ضعیف. در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی 8 مؤلفه با ارزش‌های ویژه بالاتر از 1 انتخاب شدند و بردارهای پر اهمیت در مؤلفه‌ها بر اساس معیار انتخاب (SC)، انتخاب شدند. آنالیز تشخیص (Dicriminant Analysis) برای مهم‌ترین شاخص کیفیت خاک انجام شد. نتایج مشخص کردند مهم ترین مؤلفه، شماره یک با مشخصه غالب مس می‌باشد. همچنین حداقل مجموعه داده مؤثر بر کیفیت خاک در منطقه به ترتیب غلظت روی، نسبت کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های بزرگ به کوچک، درصد رس، مس، منگنز و فسفر بودند که غالباً به نظام مدیریت خاک وابسته می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: آنالیز تشخیص، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، مدیریت اراضی

مقدمه

امروزه امنیت منابع خاک و آب با خطرات زیادی روبرو است. دلیل اساسی این امر رشد سریع جمعیت و افزایش نیازهای جوامع بشری می‌باشد که منجر به تشدید اقداماتی همچون بهره‌برداری بی‌رویه و نادرست از منابع طبیعی تجدیدشونده، کشاورزی با نهاده‌های بیشتر، تغییر کاربری اراضی و استفاده از اراضی حاشیه‌ای و جنگل‌تراشی شده است (7، 18 و 32). به طوری‌که آمار تغییر کاربری اراضی در برخی حوضه‌های آبخیز کشور همانند حوضه‌ی آبخیز کارون شمالی واقع در استان چهارمحال و بختیاری در یک دوره 42 ساله (1376- 1334) حاکی از افزایش 119/8، 125 و 392/5 درصدی کاربری‌هایی نظیر کشت دیم، کشت همراه با جنگل و کشاورزی آبی و کاهش 55، 35/6 و 89/6 درصدی کاربری‌های مرتع، مرتع مشجر و جنگل می باشد (8). تغییر کاربری اراضی و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع نه تنها مشکلات و عدم تعادل در ابعاد مختلف زندگی بشر ایجاد می‌کند بلکه سبب ناپایداری اکوسیستم و تخریب محیط زیست می‌گردد. از جمله اثرات ناپایداری اکوسیستم، تخریب خاک است که به معنی کاهش موقت یا دائمی ظرفیت تولید خاک می‌باشد (24 و 28). نخستین تغییرات خاک در فرایند تخریب، تغییر در شاخص‌های کیفیت پویای آن می‌باشد. کیفیت خاک طبق تعریف دوران و پارکین (6) عملکرد خاک در انجام وظایف خود به عنوان یک سیستم زنده در داخل اکوسیستم و تحت کاربری‌های متفاوت است به گونه‌ای که علاوه بر حفظ تولید بیولوژیک بتواند کیفیت آب و هوا را بهبود بخشد و نیز تأمین کننده سلامت انسان، گیاه و حیوان باشد. مدیریت ویژه مکانی مستلزم شناخت تغییرپذیری ویژگی‌های کیفیت خاک در جهت مصرف بهینه نهاده‌ها می‌باشد (25). شناسایی فاکتورهای خاکی به عنوان مبنای تصمیم‌های مدیریتی اغلب به دلیل اثرات متقابلی که بین آن‌ها

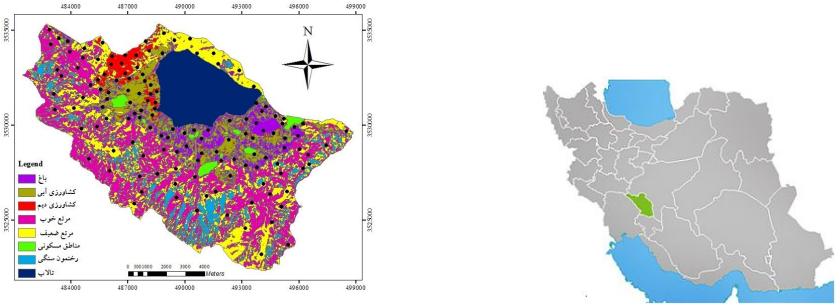
1، 2 و 3- به ترتیب دکتری، دانشیار و استاد گروه علوم مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
(*- نویسنده مسئول: Email: mohaghegh2002@gmail.com)

وجود دارد و کیفیت پویای خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد، فرآیند پیچیده‌ای است. در مطالعات تعیین کیفیت خاک هر کدام از شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌توانند مورد استفاده قرار گیرد اما همیشه یک مجموعه کامل از داده‌ها در تجزیه و تحلیل‌ها بکار نمی‌رود زیرا زمانی‌که تعداد زیادی متغیر را اندازه می‌گیریم، علاوه بر این‌که یکسری مشکلات عملی بوجود می‌آید، تعداد روابط نیز بیش از حد تصور خواهد بود. لذا نیاز به تکنیک‌هایی است که تعداد داده‌ها را کاهش دهد (7، 9 و 35). از جمله این روش‌ها تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (Principle component analysis, PCA) می‌باشد. هدف اصلی این روش کاهش تعداد متغیرها به یک مجموعه کوچکتر است به نحوی که این مجموعه کوچک بیشتر تغییرات موجود در داده‌ها را توجیه کند و اطلاعات موجود در متغیرها نیز حفظ شود (15). تجزیه به مؤلفه‌های اصلی توسط محققان مختلف در توصیف تغییرپذیری ویژگی‌های خاک بکار رفته است. یاو و همکاران (34) با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی تغییرپذیری مکانی 17 ویژگی خاک را مورد بررسی قرار دادند و از بین آن‌ها پنج ویژگی کلر، سدیم، پتاسیم، هدایت الکتریکی و مواد آلی را به عنوان مهم‌ترین شاخص‌های مؤثر بر کیفیت خاک در اراضی کشاورزی مناطق شور چین اعلام کردند. شوکلا و همکاران (26) در توصیف تغییرپذیری 14 ویژگی مختلف خاک‌های اوهایو آمریکا از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده کرده و تغییرات عملکرد ذرت در این مناطق را به تغییرات ویژگی‌های خاک نسبت دادند. اوالز و کالینز (21) نیز با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان دادند که درصد شن کل، شن ریز، رس و کربن آلی به عنوان مهم‌ترین ویژگی‌های خاک، بخش اعظمی از تغییرات کیفیت پویای خاک را در سطح مزرعه توجیه می‌نمایند.

حوضه آبخیز دریاچه چغاخور با وسعت 12000 هکتار یکی از مناطق مهم استان چهارمحال و بختیاری از نظر کشاورزی، مباحث زیست محیطی و اکوتوریسم است که در مرکز آن، تالاب بین المللی چغاخور واقع شده است که هر ساله زیستگاه 27 گونه پرندگان آبزی و کنار آبزی می‌باشد. طبق آمار و اطلاعات سازمان مدیریت آبخیزداری استان چهارمحال و بختیاری (14) این حوضه به شدت در معرض خطر فرسایش و تخریب قرار دارد و علت این امر را به موقعیت جغرافیایی، شیب تند منابع اراضی، حساسیت سازندهای زمین‌شناسی و نیز چرای بی‌رویه دام، تغییر کاربری اراضی (تبدیل مراتع به دیم‌زارها و اراضی کشاورزی کم بازده) و قطع درختان و گونه‌های مرتعی جهت سوخت، نسبت داده‌اند. مطالعات زیادی جهت تعیین کیفیت خاک در کاربری‌های گوناگون صورت گرفته است ولی کمتر از بیست درصد از کل این مقالات در خصوص انتخاب بهینه‌ترین شاخص‌های مؤثر بر کیفیت خاک بوده است (35). شناسایی حداقل شاخص‌های مناسب جهت بررسی کیفیت خاک می‌تواند در تفسیر کیفیت پویای خاک و پس از آن مدیریت پایدار اراضی با کمترین هزینه و حداقل زمان مؤثر باشد. این مطالعه با هدف شناسایی حداقل داده‌های مورد نیاز جهت تعیین کیفیت خاک و ایجاد رابطه و مدل بین ویژگی‌های خاک و کیفیت پویای آن با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه تشخیص گام به گام در حوضه آبخیز چغاخور استان چهارمحال و بختیاری پایه‌ریزی شد.

مواد و روش‌ها

حوضه آبخیز چغاخور با مساحت 12000 هکتار در شهرستان بروجن و بخش بلداجی و در استان چهارمحال و بختیاری بین عرض جغرافیایی ´50 °31 و ´57 °31 شمالی و طول جغرافیایی ´48 °50 و ´59 °50 شرقی واقع شده است (شکل 1). طبق آمار ایستگاه کلیماتولوژی آورگان واقع در حوضه، حداکثر مطلق دما در مرداد ماه به 34 درجه و حداقل مطلق دما نیز در دی ماه به 19/5- درجه سانتی‌گراد می‌رسد. متوسط دمای سالانه منطقه برابر 10/8 درجه سانتی‌گراد می‌باشد. میانگین بارش سالیانه در ایستگاه آورگان 660 میلی‌متر است (13). رژیم رطوبتی خاک‌ها زریک (Xeric) و رژیم حرارتی آن‌ها مزیک (Mesic) می‌باشد. بر اساس کلید رده‌بندی (Soil Taxonomy,2003) خاک‌های منطقه عمدتاً در رده‌های انتی‌سول، اینسپتی‌سول و مالی‌سول قرار دارند. بیشترین سطح شیب منطقه نیز در کلاس شیب 5 تا 15 درصد واقع شده است (14).



شکل 1- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان چهارمحال و بختیاری و کشور

Figure 1- Position of study area in Chaharmahal va Bakhtiari province and country

نمونه‌برداری و آنالیزهای آزمایشگاهی

نقشه کاربری اراضی حوضه با استفاده از تصاویر ماهواره Landsat سنجنده +ETM مسیر (Path) 164 و ردیف (Row) 38 در شهریور ماه سال 1392، نقشه‌ی توپوگرافی و همچنین به کمک اطلاعات موجود در پروژه‌های سازمان منابع طبیعی در سال‌های 1380 و 1384 تفکیک شدند. پنج کاربری غالب عبارتند از مرتع خوب و دست‌نخورده با پوشش گیاهی بالاتر از 20 درصد، مرتع ضعیف با پوشش گیاهی کمتر از 10 درصد، مزارع کشت دیم، باغات و کشت آبی. جهت تعیین مناسب‌ترین تعداد و مکان نمونه‌ها از نقشه‌های توپوگرافی (نقشه شیب)، زمین‌شناسی و کاربری اراضی و ابر مکعب لاتین (Latin Hypercube Sampling) استفاده شد. در هر کاربری 25 نمونه و کلاً تعداد 125 نمونه خاک مرکب از لایه سطحی (20- 0 سانتی‌متر) برداشته شد. الگوی نمونه‌برداری در مکان تعیین شده به شکل علامت (+) و یک نمونه از مرکز و 4 نمونه در چهار جهت اصلی جغرافیایی به فاصله 30 متر از مرکز به مقدار دو کیلوگرم برداشته شدند. نمونه‌های برداشته شده مخلوط شدند و به مقدار لازم از مخلوط آن‌ها جهت انجام آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی مورد استفاده قرار گرفت.

مطالعات آزمایشگاهی

نمونه‌های خاک در آزمایشگاه هوا خشک، با چکش پلاستیکی کوبیده و از الک 2 میلی‌متری عبور داده شدند. واکنش خاک (pH) و هدایت الکتریکی خاک (EC) در عصاره 1 به 5 خاک به آب، کربن آلی خاک (OC) به روش والکلی و بلک (27)، نیتروژن کل بر اساس روش کلدال، فسفر قابل جذب به روش اولسن (17) و فلزات سنگین شامل روی (Zn)، کادمیوم (Cd)، مس (Cu)، آهن (Fe)، سرب (Pb)، منگنز (Mn) و کبالت (Co) پس از هضم نمونه‌های خاک با استفاده از محلول Aqua Regia (ترکیب اسید کلریدریک و اسیدنیتریک با نسبت 3 به 1) و بوسیله دستگاه جذب اتمی مدل GBC 923 plus اندازه‌گیری شدند (19). مواد آلی ذره‌ای (Particulate Organic Matter, POM) در دو بخش خاکدانه‌های ریز (کوچکتر از 0/25 میلی‌متر) (POMmic) و درشت (بزرگتر از 0/25 میلی‌متر) (POMmac) اندازه‌گیری شد. برای این کار نیز ابتدا به 10 گرم از هر دو بخش خاکدانه‌های ریز و درشت، 30 میلی‌لیتر محلول هگزامتافسفات سدیم اضافه شد و به مدت 16 ساعت تکان داده شدند. سپس این سوسپانسیون روی الک 53 میکرومتر ریخته و با آب مقطر شسته شد تا هنگامی که آب خروجی شفاف شد. مواد باقی‌مانده روی الک (POM + sand در خاکدانه‌های ریز و درشت) در آون (دمای 55 درجه سانتی‌گراد) خشک شدند. اندازه‌گیری POM به روش کاهش از طریق سوزاندن (Loss on ignition) انجام شد. به این صورت که ابتدا POM + sand خشک توزین و برای مدت 4 ساعت در دمای 450 درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس از تفاوت وزن قبل و بعد از سوزاندن مقدار POM محاسبه شد (19). بافت خاک به روش پیپت، وزن مخصوص ظاهری خاک با استفاده از استوانه‌های فلزی اندازه‌گیری شدند (19). میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها به روش الک مرطوب و با کمک مجموعه الک‌های 2، 1، 0/5، 0/25 و 0/05 میلی‌متر و معادله (1) محاسبه شد (2).

$$MWD = \sum_{i=1}^{n} x_i w_i \quad (1)$$

که در این معادله، Xi میانگین قطر خاکدانه‌های روی الک i و Wi نسبت وزنی همان خاکدانه‌هاست.

همچنین پس از مطالعه منحنی‌های رطوبتی در هر کاربری و برازش مدل‌های منحنی رطوبتی بوسیله‌ی نرم‌افزار RETC (25) تابع ون‌گنوختن به شکل زیر (معادله 2) بر داده‌های مکش-رطوبت برازش داده شد.

$$(\frac{(\theta-\theta r)}{(\theta s-\theta r)})=\left[1+(\frac{h}{hg})^{n}\right]^{-(m)}, m=1-\frac{1}{n} \quad (2)$$

که در آن: θ_s رطوبت اشباع خاک، θ رطوبت خاک، θ_r رطوبت باقیمانده خاک و h مکش ماتریک بر حسب سانتی‌متر است. در این تابع n، m و h_g ضرایب تجربی هستند که شکل منحنی رطوبتی را تعیین می‌کنند. پس از تعیین پارامترهای تابع ون گنوختن، شاخص دکستر (S) از طریق معادله (3) برای نمونه‌های خاک هر منطقه استخراج شد (5):

$$S=\left|-n(\Theta_s-\Theta_r).\left[\frac{2n-1}{n-1}\right]^{\frac{1}{n}-2}\right| \quad (3)$$

تخلخل خاک و تخلخل موثر(Φ_{eff}) نیز به ترتیب از روابط (4) و (5) استخراج شدند (23).

$$f=1-\frac{BD}{PD} \quad (4)$$

در رابطه فوق f تخلخل خاک، BD وزن مخصوص ظاهری و PD وزن مخصوص حقیقی خاک است.

$$\Phi_{eff}=f-\Theta_{FC} \quad (5)$$

در این معادله Φ_{eff} تخلخل موثر، f تخلخل خاک و Θ_{FC} رطوبت حجمی در نقطه‌ی گنجایش زراعی است. شاخص تخلخل درشت (Macro Pore) حجم منافذ درشت خاک (قطر بزرگ‌تر از 0/3 میلی-متر) است و از تفاضل رطوبت نقطه‌ی اشباع و رطوبت حجمی خاک در مکش 10 سانتی‌متر به دست می‌آید. شاخص‌های گنجایش هوایی (Air Content) از تفاضل رطوبت خاک در نقطه‌ی گنجایش زراعی و اشباع، آب قابل استفاده‌ی گیاه (Available Water Content) از تفاضل رطوبت در نقاط گنجایش زراعی و پژمردگی دائم به دست

می‌آید و شاخص گنجایش نسبی آب (Relative Water Content) نسبت رطوبت گنجایش زراعی به رطوبت اشباع می‌باشد (23).

تحلیل‌های آماری

به منظور بررسی چگونگی توزیع داده‌ها و دستیابی به خلاصه‌ای از اطلاعات آماری هر خصوصیت، توزیع فراوانی با کمک ویژگی‌های آن شامل میانگین، میانه، حداقل، حداکثر، انحراف معیار، ضریب تغییرات، چولگی و کشیدگی محاسبه شد. مقایسه میانگین‌ها در سطح 1 درصد و 5 درصد و با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. به منظور بررسی آزمون نرمال بودن متغیرها، آزمون کولموگروف- اسمیرونوف استفاده شد. جهت تعیین و تشخیص مناسب بودن داده‌ها برای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی از ضریب KMO (Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling) استفاده شد که مقدار آن همواره بین صفر و یک است. در صورتی که مقدار این ضریب کمتر از 0/5 باشد، داده-ها برای تحلیل عاملی مناسب نخواهند بود و اگر مقدار آن بین 0/5 تا 0/69 باشد می‌توان با احتیاط بیشتر به تجزیه مؤلفه‌های اصلی پرداخت. اگر ضریب KMO بزرگتر از 0/7 باشد، همبستگی‌های موجود در بین داده‌ها برای تجزیه مؤلفه‌های اصلی مناسب خواهد بود (16).

برای اطمینان از وجود همبستگی بین متغیرهای ورودی یا مستقل همچنین از آزمون بارتلت (Bartletts test) استفاده شد. این آزمون می‌تواند رابطه بین تعداد متغیرها و تعداد مشاهده‌ها را ارزشیابی کند. معنی‌دار بودن این آزمون بیانگر حداقل شرایط لازم برای اجرای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی است (16).

برای تعیین رابطه بین ویژگی‌های خاک و کیفیت پویای خاک در منطقه و در واقع مدل‌سازی و ایجاد معادله خطی که بتوان از آن برای پیش‌بینی کیفیت خاک استفاده کرد، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (Principal Component Analysis, PCA) و تجزیه تشخیص گام به گام (Stepwise discriminant analysis) استفاده شد. در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، بیشترین ارزش ویژه (Eigenvalue) متعلق به مؤلفه نخست (PCA1) می‌باشد و به تدریج با افزایش رده مؤلفه‌ها این مقدار کاهش می‌یابد. لازم به ذکر است در این روش هر مؤلفه مستقل از مؤلفه‌های دیگر است (34). هر مؤلفه ترکیبی خطی از متغیرهاست که می‌توان آن را به صورت معادله شماره 6 نمایش داد (16).

$$PC = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \ldots + a_{ij}X_j \qquad (6)$$

در این رابطه PC مؤلفه اصلی، aij ضریب یا بردار ویژه (Eigen vector) و Xj متغیر مورد نظر می‌باشد (21). جهت انتخاب تعداد مؤلفه‌های مؤثر، مؤلفه‌هایی انتخاب شدند که مقدار ارزش ویژه (Eigenvalue) آن‌ها از یک بیشتر باشد. جهت تفسیر خصوصیات مؤثر در یک مؤلفه که بیشترین تغییرات را کنترل می‌کند از شاخص انتخاب ذیل استفاده شد (4).

$$SC = \frac{0.5}{(PCeigenvalue)^{0.5}} \qquad (7)$$

در این معادله، SC شاخص انتخاب (Selection criterion)، PC مؤلفه اصلی و Eigenvalue همان ارزش ویژه می‌باشد. از آن‌جائی که واحدهای متغیرهای مورد بررسی همسان نبودند برای محاسبه مؤلفه‌های اصلی از ماتریس همبستگی (Correlation matrix) استفاده شد (4).

نتایج و بحث

توصیف آماری متغیرها

ویژگی‌ها خاک‌های منطقه در جدول 1 خلاصه شده است. بطور کلی در بین متغیرهای مورد مطالعه، گنجایش نسبی آب (RWC) کمترین ضریب تغییرات (12 درصد) و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) بیشترین ضریب تغییرات (87/3 درصد) را داشت. بر مبنای طبقه‌بندی ارائه شده توسط ویلدینگ (33) چنانچه ضریب تغییرات کمتر از 15 درصد باشد تغییرپذیری کم، بین 15 تا 35 درصد تغییرپذیری متوسط و چنانچه بیشتر از 35 درصد گردد، تغییرپذیری زیاد می‌باشد. بر این اساس به غیر از مشخصه‌های گنجایش آب قابل استفاده، وزن مخصوص ظاهری، تخلخل و غلظت کبالت، دیگر متغیرها تغییرپذیری زیادی داشتند. اثرات متقابل بین مواد مادری، توپوگرافی، پوشش گیاهی، شخم، کوددهی، تاریخچه کشت و کار و غیره می‌تواند منجر به تغییرات ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شود (22). آزمون نرمال بودن داده‌ها بوسیله آزمون کولموگروف- اسمیرونوف نشان داد که تمامی متغیرها از توزیع نرمال برخوردار هستند. بعلاوه مقدار چولگی در تمامی متغیرها بین 1- و 1+ می‌باشد و نتایج آزمون نرمال را تأئید می‌نماید (جدول 1).

از طرفی نزدیک بودن مقادیر میانگین هر متغیر با مقدار میانه دلیل دیگری بر این ادعاست (10). روابط همبستگی بین داده‌ها در جدول 2 ارائه شده است، همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد از بین 364 جفت مقایسه تعداد 253 مقایسه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار هستند که این مسئله احتمال کاهش داده‌ها برای انجام تجزیه مؤلفه اصلی را در جلوگیری از همبستگی‌های موازی بین داده-ها توجیه می‌نماید. در این جدول همبستگی بالایی بین کربن آلی و اجزای آن با غلظت برخی عناصر همانند آهن، نیتروژن، روی، فسفر و مس وجود دارد و این نشان می‌دهد مقدار این عناصر می‌تواند بوسیله ماده آلی کنترل شود.

جدول 1- توصیف آماری متغیرهای خاک منطقه مورد مطالعه

Table 1- Statistics description of soil parameters in study area

ویژگی Variable	واحد تغییر Unit	ضریب کشیدگی Skewness	ضریب چولگی Kurtosis	انحراف معیار Standard deviation	ضریب تغییرات Coefficient of variance	حداکثر Maximum	حداقل Minimum	میانه Median	میانگین Mean
شن Sand	(%)	0.579	0.205	11.500	132.3	62	6	37	35.980
سیلت Silt	(%)	0.449	0.216	7.344	53.9	54	22	37.4	38.760
رس Clay	(%)	0.803	0.396	13.210	174.6	58	3	22	25.022
وزن مخصوص ظاهری ρ_b	($mg\ m^{-3}$)	1.143	0.164	0.359	25.7	2.11	0.800	1.330	1.390
تخلخل Porosity	--	-1.143	-0.164	0.135	28.7	0.71	0.211	0.463	0.470
کربن آلی o.c	(%)	-0.043	0.825	0.743	58.9	3.98	0.214	1.020	1.260
کربن آلی POC mac خاکدانه درشت	($g\ kg^{-1}$)	-0.271	0.901	0.685	87.1	2.33	0.004	0.630	0.750
POC mic کربن آلی خاکدانه ریز	($g\ kg^{-1}$)	1.224	0.819	0.111	53.3	0.59	0.030	0.190	0.200
poc mac/mic کربن آلی خاکدانه درشت به ریز	--	0.709	0.591	1.011	47.1	15.91	0.071	2.050	2.140
MWD میانگین وزنی قطر خاکدانه ها	(mm)	1.188	0.361	0.801	87.3	3.69	0.125	0.580	0.711
MacPore خلل و فرج درشت	($cm^3\ cm^{-3}$)	-0.661	0.568	0.004	56.2	0.18	0	0.007	0.008
AC ظرفیت هوایی	--	0.585	0.224	0.055	52.5	0.24	0.021	0.090	0.106
AWC آب قابل دسترس	($cm^3\ cm^{-3}$)	9.393	0.273	0.020	19.3	0.21	0.100	0.100	0.105
RWC گنجایش نسبی آب	($cm^3\ cm^{-3}$)	-0.029	-0.737	0.095	12.1	0.99	0.590	0.813	0.791
تخلخل مؤثر Φeff	($cm^3\ cm^{-3}$)	-0.377	0.531	0.056	47.1	0.25	0.011	0.112	0.119
S شاخص دکستر	(cm^{-1})	-0.321	0.733	0.021	50.2	0.09	0.011	0.039	0.041
شوری EC	($dS\ m^{-1}$)	0.161	0.801	0.169	60.3	0.71	0.211	0.250	0.280
اسیدیته pH	--	0.262	-1.050	0.256	0.066	0.794	6.830	7.540	7.460
نیتروژن N	(%)	-0.714	0.689	0.709	84.9	2.91	0.100	0.660	0.835
فسفر P	($mgkg^{-1}$)	-0.832	0.543	30.221	58.1	118	8.770	48.300	51.781
آهن Fe	(%)	0.172	0.546	2.321	36.3	12.11	2.040	6.210	6.430
منگنز Mn	($mgkg^{-1}$)	-0.031	0.835	10.181	26.7	62.18	19.700	35.500	38.120
روی Zn	($mgkg^{-1}$)	-0.167	0.833	15.810	55.6	68.11	6.300	26.402	28.390
کادمیوم Cd	($mgkg^{-1}$)	18.911	0.492	0.036	83.7	0.29	0.007	0.029	0.043
سرب Pb	($mgkg^{-1}$)	-1.077	0.305	0.162	45.7	0.69	0.100	0.320	0.350
مس Cu	($mgkg^{-1}$)	-0.988	0.585	64.200	58.4	232.00	23.010	88.001	99.920
کبالت Co	($mgkg^{-1}$)	-0.588	-0.606	9.701	27.6	9.09	2.001	6.600	6.220

همچنین همبستگی بالای مقدار ماده آلی با برخی شاخص‌های کیفیت فیزیکی خاک همانند میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، گنجایش هوایی، گنجایش نسبی آب خاک و شاخص دکستر هم می‌تواند اثر ماده آلی در بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک و نگه‌داری آب در خاک، جهت کاربرد مدیریت‌های بهینه مصرف آب را نمایان سازد.

اثر تغییر کاربری اراضی بر ویژگی‌های خاک

تغییر کاربری اراضی مرتعی اثر مشخصی بر کربن آلی (OC) و اجزای آن داشته است، به طوری‌که در زمین‌های زراعی و باغات مقدار کربن آلی افزایش معنی‌داری ($p<0/05$) نسبت به مرتع با پوشش خوب داشت ولی در کشت دیم و مرتع ضعیف، کربن آلی کمتر از مرتع خوب بود. افزایش کربن آلی را شاید بتوان به اضافه کردن کودهای آلی در باغات و زمین‌های زراعی در منطقه نسبت داد و کاهش مواد آلی در اراضی دیم و مرتع ضعیف احتمالاً متأثر از کمبود بقایای گیاهی، بر هم خوردن خاک، تسریع تجزیه بیولوژیک مواد آلی، تشدید فرسایش خاک و به دنبال آن هدر رفت مواد آلی همراه با رواناب می‌باشد (2). کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های بزرگتر از 0/25 میلی‌متر (POCmac) و نسبت کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های

بزرگ به کوچک (POCmac/mic)، به ترتیب در باغات، زمین‌های زراعی، مرتع خوب (بالاتر از 20 درصد)، کشت دیم و مرتع ضعیف روند کاهشی نشان داد. این در حالی است که مقدار کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های کوچکتر از 0/25 میلی‌متر (POCmic) در مرتع قوی و زمین‌های زراعی به طور معنی‌داری بیشتر از باغ، مرتع ضعیف و کشت دیم بود (جدول 3). POC جزء مواد آلی خاک است که کمتر دچار تجزیه شده است (6 و 17). به نظر کیبنا و همکاران (18) با کاهش اندازه خاکدانه‌ها درجه تجزیه مواد آلی افزایش می‌یابد. همچنین ایماز و همکاران (14) گزارش کردند مواد آلی تازه بیشتر در خاکدانه‌های درشت یافت می‌شود و مواد آلی موجود در خاکدانه‌های ریز شامل مواد آلی تجزیه شده‌ای است که باعث پایداری خاکدانه‌های ریز می‌گردد. بر این اساس، در بین اجزای POC، POCmac نسبت به POCmic دارای مواد آلی تازه‌تری بوده و کمتر دچار تجزیه و تخریب شده است. با توجه به بیشتر بودن نسبت POCmac/mic در خاک‌های تحت کشت باغ و کشت آبی می‌توان نتیجه گرفت که مواد آلی این خاک‌ها نسبت به مرتع خوب، دیم و مرتع ضعیف، تازه‌تر و ناپایدارتر می‌باشد و با توجه به نقش بسزای کربن آلی در ارتقای کیفیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، می‌توان گفت احداث باغات و زمین‌های زراعی در این منطقه باعث بهبود کیفیت خاک شده است. غلظت برخی عناصر همانند فسفر، آهن و مس همچنین وزن مخصوص ظاهری، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD)، آب قابل استفاده (AWC)، گنجایش هوایی (air content) و شاخص دکستر (*S*) نیز روندی تقریباً شبیه به مقدار کربن آلی را نشان دادند به طوری‌که در باغات و زمین‌های زراعی نسبت به مرتع خوب، دیم و مرتع ضعیف شرایط مطلوب‌تری مشاهده شد (جدول 3). در تشکیل و پایداری خاکدانه‌ها و بهبود ظرفیت نگه‌داری آب در خاک عواملی همانند مواد آلی، کاتیون‌ها (کلسیم) و زمان نقش دارند.

جدول 3- مقایسه میانگین‌های ویژگی‌های خاک تحت کاربری‌های گوناگون

Table 3- Average comparisons of soil properties in different land uses

ویژگی Properties	واحد تغییر Unit	نوع کاربری Kind of land use				
		باغ rchard	کشت آبی Irrigated area	کشت دیم Dry farming	مرتع ضعیف Weak rangeland	مرتع خوب Good range land
شن Sand	(%)	21.3 c *	29.200b	41.200a	44.700a	43.400a
سیلت Silt	(%)	37.0ab	35.500b	40.600a	39.500ab	40.900a
رس Clay	(%)	41.60a	34.800b	17.500c	15.600c	15.300c
وزن مخصوص ظاهری ρ_b	(mg m^{-3})	0.97d	1.130c	1.750a	1.770a	1.310b
تخلخل Porosity	----	0.63a	0.570b	0.330d	0.330d	0.500c
کربن آلی o.c	(%)	2.45a	1.850b	0.440d	0.530d	1.040c
کربن آلی خاکدانه درشت POC mac	(g kg^{-1})	1.80a	0.820b	0.100c	0.230c	0.760b
کربن آلی خاکدانه ریز POC mic	(g kg^{-1})	0.15b	0.270a	0.120b	0.160b	0.300a
کربن آلی خاکدانه درشت به ریز poc mac/mic	--	12.4a	3.350b	0.890d	1.480d	2.580c
میانگین وزنی قطر خاکدانه ها MWD	(mm)	2.20a	1.100b	0.170c	0.410d	0.640c
خلل و فرج درشت MacPore	(cm^3 cm^{-3})	0.01c	0.011a	0.008abc	0.005c	0.009ab
ظرفیت هوایی AC	--	0.10b	0.200a	0.080bc	0.058c	0.080bc
آب قابل دسترس AWC	(cm^3 cm^{-3})	0.11b	0.122a	0.087c	0.097c	0.102bc
گنجایش نسبی آب RWC	(cm^3 cm^{-3})	0.82ab	0.640c	0.830ab	0.880a	0.809b
تخلخل مؤثر Φeff	(cm^3 cm^{-3})	0.08c	0.190a	0.093c	0.091c	0.015b
شاخص دکستر S	(cm^{-1})	0.05b	0.078a	0.031cd	0.025d	0.039c
شوری EC	(dS m^{-1})	7.05b	7.570a	7.600a	7.520a	7.540a
اسیدیته pH	--	0.62a	0.280b	0.0210c	0.210c	0.220c
نیتروژن N	(%)	1.65a	1.740a	0.650b	0.260c	0.350c
فسفر P	(mgkg^{-1})	71.3b	92.200a	16.300e	35.480d	45.500c
آهن Fe	(%)	9.91a	7.010b	3.405e	5.320d	6.380c
منگنز Mn	(mgkg^{-1})	38.9b	33.300c	55.400a	30.200d	32.700a
روی Zn	(mgkg^{-1})	31.9b	53.050a	27.010c	14.110d	15.790d
کادمیوم Cd	(mgkg^{-1})	0.02d	0.057b	0.079a	0.027cd	0.035c
سرب Pb	(mgkg^{-1})	0c	0c	0c	0.130b	0.210a
مس Cu	(mgkg^{-1})	139 b	216 a	70.900 c	46.100 d	76.400 c
کبالت Co	(mgkg^{-1})	7.910 a	3.490 d	5.490 c	6.850 b	6.930 b

* حروف یکسان در هر ردیف به مفهوم عدم وجود تفاوت معنی‌دار و حروف غیر یکسان به معنی تفاوت معنی‌دار در سطح 0/05 می‌باشد

* the same letter in each row showed that there are not significantly different (P<0.05) and the diffetent letters showed that there are significantly differents

هر چه فعالیت این عوامل محدودتر شود و یا عواملی سبب کاهش آن‌ها گردد، خاک‌دانه سازی و به دنبال آن بهبود وضعیت فیزیکی خاک نیز کاهش می‌یابد (23). به نظر می‌رسد در باغات و زمین‌های کشاورزی به سبب تراکم پوشش‌گیاهی، مواد آلی خاک بالا و افزایش فعالیت عوامل خاک‌دانه‌ساز (جانداران خاک، نفوذ ریشه گیاهان و ترشح مواد چسب مانند از ریشه گیاهان و ریز جانداران خاک‌زی) ساختمان خاک بهبود یافته است. وانگ و همکاران (32) در مقایسه غلظت عناصر غذایی در کاربری مرتع و دیم گزارش کردند، تغییر کاربری اراضی مرتع به دیم با انتقال خاک سطحی غنی از مواد آلی و شستشوی برخی عناصر غذایی همراه با فرسایش تشدیدی منجر به کاهش غلظت عناصر غذایی ضروری شده است. از طرفی شوکلا و همکاران (25) گزارش کردند حذف پوشش گیاهی و به هم خوردن خاک سطحی با تأثیری که بر رطوبت و دمای خاک دارد، سبب تجزیه بیولوژیک مواد آلی، افزایش معدنی شدن برخی عناصر همانند نیتروژن و در نهایت کاهش نیتروژن خاک می‌شود. وانگ و همکاران (32) نیز با مقایسه‌ای که بر کیفیت خاک مناطق زراعی و مرتعی داشتند، اثر کشت و کار بر کیفیت خاک را مثبت اعلام کردند به گونه‌ای که در زمین‌های زراعی مقدار ماده آلی، غلظت فسفر، ظرفیت تبادل کاتیونی افزایش معنی‌داری نشان داده بود.

تجزیه داده‌ها به مؤلفه‌های اصلی

جهت اطمینان از وجود همبستگی بین متغیرهای ورودی برای انجام تجزیه به مؤلفه‌های اصلی از آزمون KMO استفاده شد و مقدار KMO برابر با 0/866 بود. همچنین مقدار آزمون بارتلت برای ماتریس همبستگی داده‌ها برابر با 726 بود که در سطح 0/01 معنی-دار می‌باشد. بنابراین داده‌ها برای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مناسب می‌باشند (16). با در نظر گرفتن ارزش ویژه بالاتر از یک، از بین 27 مؤلفه اصلی که به تعداد متغیرهای مورد بررسی در این مطالعه بودند، هشت مؤلفه اصلی مورد استفاده قرار گرفت (جدول 4). همانطور که نتایج نشان می‌دهد هشت مؤلفه 99/9 درصد تغییرات را توجیه کرده‌اند. همان‌گونه که در جدول 4 مشاهده می‌گردد، اولین و هشتمین مؤلفه به ترتیب بیشترین (5053/3) و کمترین (0/03) ارزش ویژه را دارا می‌باشند. برای تعیین متغیرهای مؤثر در یک مؤلفه از شاخص معیار انتخاب (SC) استفاده شد (جدول 4). با در نظر گرفتن معیار انتخاب محاسبه شده برای هر مؤلفه، متغیرهایی که قدر مطلق بردار ویژه آنها بالاتر از معیار انتخاب بودند به عنوان متغیرهای تاثیرگذار در آن مؤلفه انتخاب شدند. به عنوان مثال مقدار معیار انتخاب برای مؤلفه اول برابر 0/007 بود (جدول 5) و بردار ویژه برای متغیرهای درصد شن، سیلت، رس، کربن آلی، نسبت کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های بزرگ به کوچک و مقادیر نیتروژن، فسفر، آهن، منگنز، روی، مس و کبالت بیش از 0/007 بود لذا متغیرهای مذکور از بین 27 متغیر موجود در مؤلفه به عنوان متغیرهای مؤثر معرفی شدند (جدول 5). شکل شماره 2 رابطه بین ویژگی‌های خاک را در صفحه حاصل از مؤلفه‌های 1 و 2 نمایش می‌دهد. در این صفحه ویژگی‌های خاک با مقادیر بردار ویژه بزرگتر، در فواصل دورتری نسبت به مرکز مختصات حاصل از برخورد مؤلفه‌ها قرار گرفتند. طبق نمودار در مولفه اول، نسبت مواد آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های بزرگ به کوچک، هدایت الکتریکی، کربن آلی، کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های بزرگ، غلظت آهن، میانگین قطر وزنی خاکدانه‌ها و تخلخل بیشترین وزن با مقادیر مثبت را داشتند. در مؤلفه دوم متغیرهای گنجایش هوایی، غلظت روی و مس، شاخص دکستر و غلظت فسفر و نیتروژن خاک بیشترین وزن با مقادیر مثبت را نشان دادند. این در حالی است که متغیرهای سیلت، شن، وزن مخصوص ظاهری و گنجایش نسبی آب بیشترین وزن با مقادیر منفی را در هر دو مؤلفه اول و دوم داشتند (شکل 2).

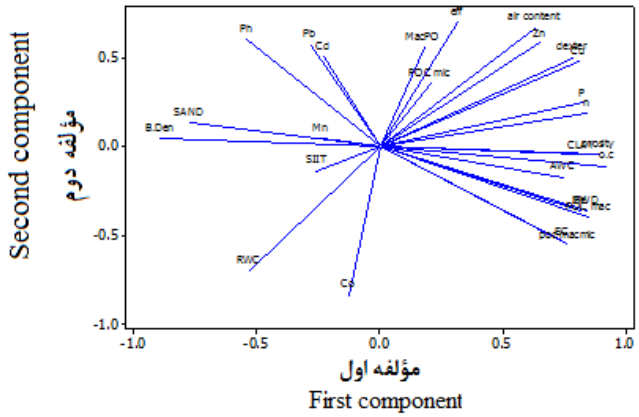
جدول 4- تعداد مؤلفه‌ها، ارزش ویژه (Eigen value)، معیار انتخاب (Selection criterion, SC) و درصد ارزش ویژه تجمعی
Table 4- Number of component, Eigen value, Selection criterion and percentage of cumulative Eigen value

مؤلفه اصلی (PC)	SC	ارزش ویژه Eigen value	درصد ارزش ویژه تجمعی(%) Cumulative Eigen value (%)
PC1	0.007	505.3	87.5
PC2	0.027	335.5	93.3
PC3	0.039	156.6	96.0
PC4	0.051	93.2	97.6
PC5	0.058	74.0	98.9
PC6	0.073	46.7	99.9
PC7	0.164	9.2	99.9
PC8	0.435	1.3	99.9

جدول 5- مقادیر بردار ویژه برای پارامترهای انتخاب شده در PCA

Table 5- Eigen value for selected parameters in PCA

متغیر Variable	مؤلفه‌های اصلی							
	مؤلفه اول PC1	مؤلفه دوم PC2	مؤلفه سوم PC3	مؤلفه چهارم PC4	مؤلفه پنجم PC5	مؤلفه ششم PC6	مؤلفه هفتم PC7	مؤلفه هشتم PC8
شن Sand	-0.100		-0.620	0.176	-0.477	0.124	0.177	0.517
سیلت Silt	-0.029	-0.053	-0.051	-0.081	0.797			0.535
رس Clay	0.129	0.086	0.680	0.085	0.379	-0.106		0.521
کربن آلی O.C	0.008							
poc mac/mic	0.025	0.072	0.204	-0.064		0.148	0.811	
نیتروژن N	0.008							
فسفر P	0.358	0.85	-0.073	0.284	0.095	0.18		
آهن Fe	0.017	0.057	0.055				0.360	
منگنز Mn	-0.026	-0.320	0.248	0.590		0.60		
روی Zn	0.187	-0.150		0.680	0.07	-0.66	0.171	
مس Cu	0.890	-0.340	0.148	-0.206		0.11		
کبالت Co	-0.012		0.048				0.295	



شکل 2- وزن خصوصیات خاک برای دو مؤلفه اول

Figure 2- Weight of parameters in two components

اگر تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای هشت مؤلفه انتخاب شده بر اساس ارزش ویژه بالاتر از یک به عنوان متغیرهای مستقل در تجزیه تشخیص به روش گام به گام مورد بررسی قرار گیرد معادله 8 به دست می‌آید که ضریب همبستگی (R^2) آن 73 درصد می‌باشد. بر اساس معادله 8، مؤلفه (1) دارای بیشترین ضریب تشخیص (Discriminant coefficient) می‌باشد. بنابراین بیشترین تغییرات کیفیت خاک منطقه چغاخور را مؤلفه (1) می‌تواند توجیه کند.

از آن‌جائی‌که این مؤلفه خود متأثر از متغیرهایی همچون شن، سیلت، رس، کربن آلی، نسبت کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های بزرگ به کوچک، نیتروژن، فسفر، آهن، منگنز، روی، مس و کبالت می‌باشد و متغیر مس بیشترین بردار ویژه را در این مؤلفه به خود اختصاص داده است. جهت تعیین حداقل و بهینه‌ترین شاخص‌های کیفیت خاک در این مؤلفه نیز از روش تجزیه تشخیص گام به گام استفاده شد و معادله شماره 9 با ضریب تبیین 81 درصد به دست آمد:

معادله 9 می‌تواند به عنوان شاخص کیفیت خاک معرفی شود. بررسی معادله و نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که معیارهای جداسازی کاربری‌های عمده در حوضه مورد مطالعه عمدتاً فاکتورهای حاصلخیزی و اجزای بافت خاک بودند که اکثر آن‌ها تابع مدیریت اراضی هستند. طبق معادله (9) از بین 27 شاخص اندازه‌گیری شده در منطقه مورد مطالعه، غلظت روی بیشترین تأثیر را

بر کیفیت خاک دارد و بعد از آن نسبت مواد آلی ذره‌ای در خاکدانه-های درشت به خاکدانه‌های کوچک، درصد رس، غلظت مس، منگنز و فسفر به ترتیب دارای اهمیت می‌باشند. در همین رابطه شوکلا و همکاران (25) مواد آلی و میانگین وزنی خاکدانه‌ها را به عنوان مهم-ترین شاخص‌ها برای بررسی کیفیت خاک تحت شرایط مدیریتی مختلف پیشنهاد کردند. گاورتز و همکاران (11) نیز شاخص‌هایی همانند نسبت سیلت به رس، درصد خاکدانه‌های پایداری در آب، وزن مخصوص ظاهری خاک، نسبت جذب سدیم، ظرفیت کاتیون تبادلی، مواد آلی و غلظت نیتروژن خاک را به عنوان حداقل داده جهت مطالعه کیفیت خاک معرفی نمودند. شوکلا و همکاران (26) در زمین‌هایی با مدیریت شخم متفاوت، جهت تعیین حداقل ویژگی‌های خاک که بر کیفیت آن مؤثر می‌باشند از روش تجزیه به عامل‌ها (Factor analysis) استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد، کربن آلی خاک می‌تواند در بررسی کیفیت خاک نقش مهمی ایفا کند.

$$Y1= 1/306\ (PC1)+0/722\ \ (PC3)+0/114\ (PC4) – 0/921\ (PC7) \qquad R^2 =0/73 \qquad (8)$$

$$Y2= -0/36\ (Sand)-0/62(silt)+0/88(clay)+0/97(POCmac/mic)+0/485(P)+0/732(Mn)+ 1/07(Zn)+0/549(Cu) \qquad R^2=0/81 \qquad (9)$$

نتیجه‌گیری

مدیریت منابع طبیعی دیر تجدیدشونده و استفاده پایدار از آن‌ها، بایستی متناسب با شرایط فیزیکی و شیمیایی منابع باشد تا بتواند علاوه بر تولید پایدار حداقل آثار نامطلوب زیست‌محیطی را در پی داشته باشد. بر اساس این پژوهش تغییر کاربری اراضی مرتعی به دیم و همچنین تخریب مراتع و تضعیف پوشش گیاهی در برخی موارد موجب کاهش شدید شاخص‌های کیفیت خاک و آماده‌سازی این اراضی برای فرسایش شده است. به طوری‌که بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک به ترتیب در باغات، زمین‌های زراعی، مرتع خوب، دیم‌زار و مرتع ضعیف روند کاهشی از لحاظ شاخص‌های کیفیت خاک همانند وزن مخصوص ظاهری، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، آب قابل استفاده، گنجایش هوایی، شاخص دکستر، کربن آلی، کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های بزرگتر از 0/25 میلی‌متر و نسبت کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های بزرگ به کوچک، غلظت فسفر، آهن و مس نشان دادند. مسلماً این امر در دراز مدت سبب کاهش در میزان تولید بالقوه و بالفعل خاک و یا کاهش در بهره‌دهی خاک، افزایش هزینه‌های کشاورزی، تخریب خاک و خارج شدن برخی زمین‌ها از چرخه تولید خواهد شد. در این مطالعه همچنین با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و روش تجزیه تشخیص گام به گام، شاخص‌های حاصلخیزی خاک همانند غلظت روی، نسبت مواد آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های درشت به خاکدانه‌های کوچک، درصد رس، غلظت مس، منگنز و فسفر به عنوان حداقل داده‌های مؤثر بر کیفیت خاک در منطقه معرفی شدند. انجام چنین مطالعاتی در خصوص تعیین حداقل و یا بهینه‌ترین ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت خاک در موقعیت‌های گوناگون می‌تواند، راهنمایی برای تعیین کیفیت خاک هر منطقه با کمترین هزینه و حداقل زمان باشد.

منابع

1- Ayoubi Sh., Khormali F., Sharawat K.L., and Rodrigues de Lima A.C. 2011. Assessing of Land use Change on soil quality indicators in Loessial soil in Golestan Province, Iran. Journal of Agriculture Science Technique, 13: 727-742.

2- Bini D., Alcantara C., Banhos K., Kishino N., Andrade G., Zangaro W., and Nogueira M. 2013. Effects of land use on soil organic carbon and microbial processes associated with soil health in southern Brazil. European Journal of Soil Biology, 55: 117-123.

3- Cambardella C.A., and Elliott E.T. 1993. Carbon and nitrogen distributions in aggregates from cultivated and grassland soils. Soil Science Society and American Journal, 57: 1071-1076.

4- Cox M.S., Gerard P.D., Wardlaw M.C., and Abshire M.J. 2003. Variability of selected soil properties and their relationships with soybean yield. Soil Science Society and American Journal, 67: 1296-1302.

5- Dexter A.R. 2006. Applications of S-theory in tillage research. p. 429–442. Proceedings of the 17th Triennial Conference, August 3- 28. 2006. Kiel, Germany.

6- Doran J.W., and Parkin T.B. 1996. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. p. 25-37. In: J.W. Doran and A.J. Jones (ed.), Methods for assessing soil quality. Soil Science Society of America, Special Publication.

7- Emami H., Neyshabouri M.R., and Shorafa M. 2012. Relationships between Some Soil Quality Indicators in Different Agricultural Soils from Varamin, Iran. Agriculture science and technology. 14: 951-959.

8- Fathallahi H., and Jalaliyan A. 2000. The effect of land use changes during different years on sediment yield, physical properties and soil erodibility in the Bazoft Wwatershed. pp 62-53.
9- Fox G.A., and Metla R. 2005. Soil property analysis using principle component analysis, soil line and regression models. Soil Science Society and American Journal, 69: 1782-1788.
10- Godwin R. J., and Miller P.C.H. 2003. A review of the technologies for mapping within- field variability, Biosystem Engineering, 84: 393-407.
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 and Tillage Research, 81: 163–174.
12- Imaz M.J., Virto I., Bescansa P., Enrique A., Fernandez-ugalde O., and Karlen D.L. 2010. Soil quality indicator response to tillage and residue management on semi-arid Mediterranean cropland. Soil and Tillage Research, 107: 17–25.
13- Information of meteorology department in Chaharmahal va Bakhtiari province. 2012.
14- Information of natural resource and watershed organization in Chaharmahal va Bakhtiari province. 2012.
15- Jiang P., and Telen K.D. 2004. Effect of soil and topographic properties on crop yield in a north central corn-soybean cropping system. Agronomy Journal, 96: 252-258.
16- Jolliffe I.T. 1986. Principle component analysis. Springer-Verlag.
17- Khaledian Y., Kiani F., and Ebrahimi S. 2012. The effect of land use change on soil and water quality in northern Iran. Journal of mountain science. 9: 798-816.
18- Kibena I., Nhapi W., and Gumindoga C. 2014. Assessing the relationship between water quality parameters and changes in land use patterns in the Upper Manyame River, Zimbabwe. Original Research Article Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C. 67–69: 153-163.
19- Miller R.H., and Keeney D.R. 1992. Methods of Soil Analysis, In: I,II. Physical, Chemical and mineralogical properties. SSSA Pub., Madison.
20- Olsen S.R., and Sommers L.E. 1982. Phosphorus. p. 403- 430. In: A. L. Page (ed.). Methods of soil analysis, Part 2. 2nd ed. Am. Sco. Agron. Madison, WI, USA.
21- Ovalles F.A., and Collins M.E. 1988. Variability of northwest Florida soils by principle component analysis. Soil Science Society and American Journal, 52: 1430-1435.
22- Podmanicky L., Balázs K., Belényesi M., Centeri C., Kristóf D., and Kohlheb N. 2011. Modeling soil quality changes in Europe. An impact assessment of soil quality in Europe. Ecological Indicators, 11(1): 4-15.
23- 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.
24- Singh M.J., and Khera K.L. 2009. Physical indicators of soil quality in relation to soil erodibility under different land uses. Arid Land and Management. 23: 152–159.
25- Shukla M.K., Lal R., and Ebinger M. 2004. Soil quality indicators for the North Appalachian experimental watersheds in Coshocton, Ohio. Soil Science, 169:195–205.
26- Shukla M.K., Lal R., and Ebinger M. 2006. Determining soil quality indicators by factor analysis. Soil and Tillage Research, 87: 194–204.
27- SPSS for windows. 1999. Release. 7 (Nov 141996), Copyright SPSS, Inc.
28- Vaezi A.R., and Bahram H.A. 2014. Relationship between Soil Productivity and Erodibility in Rainfed Wheat Lands in Northwestern Iran. Journal of Agriculture Science Technique. 16: 1455-1466.
29- Van Genuchten M.T., Leij F.J., and Yates S.R. 1991. The RETC Code for Quantifying the Hydraulic Functions of Unsaturated Soils, Version 6.0. EPA Report 600/2-91/065, U.S. Salinity Laboratory, USDA-ARS, Riverside, California.
30- Van Genuchten M.T. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of saturated soils. Soil Science Society of America Journal 44: 892-898.
31- 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 Science, 37: 29-37.
32- Wang Q., Liu J., Wang Y., Guan J., Liu Q., and Lv D. 2012. Land use effects on soil quality along a native wetland to cropland chronosequence Journal of Soil Biology, 53: 114-120.
33- Wilding L. 1985. Spatial variability. Its documentation, accommodation, and implication to soil surveys. In: D. R. Nielson and Bouma J. (ed). Soil Variability, Pudo, Wagenigen, the Netherlands.
34- Yao R.J., Yang J.S., Zhao X.F., Li X.M., Liu M.X. 2013. Determining minimum data set for soil quality assessment of typical salt-affected farmland in the coastal reclamation area Soil and Tillage Research, 128: 137–148.
35- Yemefack M., Jetten V.G., and Rossiter D.G. 2006. Developing a minimum data set for characterizing soil dynamics in shifting cultivation systems. Soil and Tillage Research, 86: 84–98.

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 4, Sept.-Oct. 2016, p. 1232-1243

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 30، شماره 4، مهر – آبان 1395، ص. 1243-1232

Determination of Minimum Data Set for Assessment of Soil Quality: A Case Study in Choghakhur Lake Basin

P. Mohaghegh[1]*- M. Naderi[2]- J. Mohammadi[3]

Received: 16-08-2015
Accepted: 12-10-2015

Introduction: The mismanagement of natural resources has led to low soil quality and high vulnerability to soil erosion in most parts of Iran. To have a sustainable soil quality, the assessment of effective soil quality indicators are required. The soil quality is defined as the capacity of a soil to function within natural and/or managed ecosystem boundaries. Among approaches which are suggested for soil quality assessment like soil card design, test kits, geostatistical methods and soil quality indices (SQIs), SQIs are formed by combination of soil indicators which resulted from integration evaluation of soil physical, chemical and/or biological properties and processes complement by existing/measureable data, sensitive to land use changes, management practices and human activities and could be applied in different ecosystems. As the measurement and monitoring of all soil quality indicators is laborious and costly, many researchers focused on limited soil quality indicators. There are many methods for identification and determination of minimum data set that influence on soil quality such as linear and multiple regression analysis, pedotransfer functions, scoring functions, principle component analysis and discriminant analysis. Among these methods, principle component analysis is commonly used because it is able to group related soil properties into small set of independent factors and to reduce redundant information in original data set. The objective of this research was to investigate the effects of land use change on soil quality indicators and also the determination of minimum effective soil quality indicators for assessment of soil quality in Choghakhor Lake basin, Chaharmahal and Bakhtiari province, Iran.

Materials and Methods: To meet the goal, Latin hypercube sampling method was applied by using slope, land use and geological maps and 125 composite soil samples were collected from soil surface (0-20 cm). After pretreatments, 27 physical and chemical soil properties like clay, sand and silt content, bulk density (ρ_b), porosity, organic carbon (OC), particulate organic carbon in macro aggregate (POC_{mac}), particulate organic carbon in micro aggregates (POC_{mic}), proportion of particulate organic carbon in macro aggregates to micro aggregates ($POC_{mac/mic}$), mean weight diameter (MWD), macro porosity (Mac pore), air content, available water content (AWC), relative water content (RWC), effective porosity (Φ_{eff}), Dexter index (*S*), porosity, acidity (pH), electrical conductivity (EC), Nitrogen (N), Phosphorous (P), Iron (Fe), manganese (Mn), Zinc (Zn), Cadmium (Cd), lead (Pb), Copper (Cu) and Cobalt (Co) were measured using appropriate methods.

Results and Discussion: The impact of different land use types on soil quality was evaluated by measuring several soil properties that are sensitive to stress or disturbance and comparison of them. The results showed that measured values of OC, POC_{mac}, POC_{mic}, $POC_{mac/mic}$, P, Fe, Zn, Mn, Cu, ρ_b, MWD, AWC, air content and *S* were in order orchards > crop land > good rangelands > dry lands > weak rangelands. In this region, land use changes have different effects on soil quality. The alternation of good pasture lands to orchard and crop lands caused to enhancement of soil quality parameters. The variation of good pasture to dry land and degradation of good pasture in this area led to decreasing of soil quality. The principle component analysis (PCA) was employed as a data reduction tool to select the most appropriate indicators of site potential for the study area from the list of indicators. Based on PCA, 8 components with eigenvalues ≥ 1 were selected that explained 99.96 percent of variance. The prominent eigenvectors in components were selected using Selection Criterion (SC). The results revealed that the most important component, was the first component with the most dominant measured soil property of Cu. 12 soil quality parameters base on SC were determined in the first component. Stepwise discriminate analysis also was applied for determination significant soil quality indicators from 12 soil parameters. Our result showed that the minimum data set influencing on soil quality were Zn followed by $POC_{mac/mic}$, clay %, Cu, Mn and P, respectively.

Conclusion: The results suggested that the permanent crop management (Orchard and crop land) had generally a positive impact on soil quality, while dry land and degradation of good pasture had a negative impact

1, 2 and 3- Ph.D. Graduated, Associated Professor and Professor of Soil Science and Engineering, Agriculture Faculty, Shahrekord University, Respectively
(*- Corresponding Author Email: mohaghegh2002@gmail.com)

on soil quality. Our study suggested that the PCA method and stepwise discriminant analysis for determination of minimum data set can be used in Chughakhur lake basin. In this study from27 of physical and chemical soil properties, the fertility factors such as the content of Zn, Cu, Mn and P and the proportion of particle organic carbon in macro aggregate to micro aggregate and also soil texture components can be used to the minimum data set that evaluates soil quality. These parameters mostly depend on soil management system.

Keywords: Chughakhur Lake, Discriminant analysis, Principle component analysis, Soil quality