

تأثیر کاربری‌های کشاورزی، باغ و جنگل بر شاخص کیفیت خاک در استان آذربایجان غربی

میرحسین رسولی صدقیانی^{1*}، فاطمه شیخلو²

تاریخ دریافت: 93/03/10 تاریخ پذیرش: 94/11/12

¹ - دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

² - دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: m.rsadaghiani@urmia.ac.ir

چکیده

کاربری اراضی تأثیر چشمگیری بر ویژگی‌های خاک‌ها داشته و آگاهی از این ویژگی‌های برای حفظ پایداری زیست‌بوم و افزایش بهره‌وری خاک ضروری است. در این تحقیق اثر کاربری زراعی، باغ سیب و جنگل بلوط (باسابقه بیش از 30 سال) بر خواص شیمیایی برخی خاک‌ها در استان آذربایجان غربی مورد بررسی قرار گرفت. برای انجام این مطالعه، در مجموع 75 نمونه خاک در کاربری‌های مختلف به صورت کاملاً تصادفی از عمق سطحی 0-20 سانتی‌متری برداشت و برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک‌ها اندازه‌گیری و شاخص کیفیت خاک (SQI) در کاربری‌های مختلف تعیین گردید. نتایج نشان داد که میزان مواد آلی (2/8%) و نیتروژن کل خاک (0/20%) در کاربری جنگل بیشتر از دو کاربری باغ و زراعت بود. فسفر قابل‌استفاده در خاک کاربری باغ (16/2 میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیشتر از خاک کاربری زراعی (12/6 میلی‌گرم بر کیلوگرم) و آن نیز بیشتر از خاک کاربری جنگل (10/6 میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود که می‌تواند نشان‌دهنده مصرف مقادیر بالای کودهای فسفاته در کاربری باغ نسبت به بقیه کاربری‌ها باشد. مقادیر واکنش خاک، هدایت الکتریکی و میزان کربنات کلسیم معادل در خاک کاربری جنگل نسبت به مقادیر آن‌ها در خاک کاربری‌های زراعی و باغی کمتر بودند. نتایج ارزیابی شاخص کیفیت خاک (SQI) نشان داد شاخص‌های مواد آلی، pH و فسفر قابل‌استفاده به‌عنوان MDS، بالاترین تأثیر را در ارزیابی کیفیت خاک‌های مورد مطالعه داشتند. شاخص کیفیت خاک در خاک‌های جنگلی (1/4) به‌طور معنی‌داری بالاتر از کاربری باغی (1/3) و زراعی (1/2) بود. چنین استنباط می‌گردد تأثیر کاربری‌های مورد مطالعه بر ویژگی‌های کیفی خاک می‌تواند به‌واسطه میزان ورودی مواد آلی و فعالیت‌های کشت و کار تشدید گردد.

واژه‌های کلیدی: باغ، جنگل، زراعی، شاخص کیفیت خاک، کاربری اراضی

Effects of Agronomic, Orchard and Forest Land Uses on Soil Quality Index (SQI) in West Azerbaijan Province

MH Rasouli-Sadaghiani ^{*1}, F Sheikhlou ²

Received: 31 May 2014

Accepted: 01 February 2016

¹- Assoc. Prof., Dept. of Soil Sci., Urmia University, Iran

²- Former M.Sc. Student, Dept. of Soil Sci., Urmia University, Iran

* Corresponding Author, Email: m.rsadaghiani@urmia.ac.ir

Abstract

Land use has considerable effect on soil properties and awareness of these properties is necessary to preserve ecosystem stability and increase the soil productivity. In this study, the effects of agronomic (alfalfa and wheat), orchard (apple) and forest (chestnut) land uses (over 30 years) on soil chemical properties in West Azerbaijan province were evaluated. About 75 soil samples were randomly collected from surface soil of each land use for the depth of 0-20 cm and some of their chemical properties as well as the soil quality index (SQI) of the soil of each land use were determined. Results showed that the soil organic carbon (2.8%) and total nitrogen (0.20%) in forest land use were significantly higher than those in the other land uses. Available phosphorous in the soil of the apple orchards (16.2 mg kg⁻¹) was higher than those in the soils of the agronomic (12.6 mg kg⁻¹) and forest (10.6 mg kg⁻¹) land which can be attributed to the high phosphorous fertilizer application in the orchards. The amounts of pH, EC and CaCO₃ in soil of the forest land use were less than those in soils of the other land uses. Assessment of soil quality index (SQI) showed that organic carbon, pH and available phosphorous as minimum data set (MDS) had the highest effect on quality of studied soils. Soil quality index in the forest land use (1.4) was significantly higher than those in the orchard (1.3) and agronomic (1.2) land uses. It is concluded that the land use effects on the soil qualitative propertise can be intensified with the organic matter input rates and tillage activities.

Keywords: Agronomic, Forest, Land use, Orchard, Soil quality index

مقدمه

به‌عنوان یک سیستم حیاتی زنده در داخل اکوسیستم و تحت بهره‌برداری‌های متفاوت است را به ترتیبی که علاوه بر حفظ حاصلخیزی بیولوژیکی، بتواند کیفیت آب‌وهوا را بهبود بخشیده و همچنین تأمین‌کننده سلامت انسان، حیوان و گیاه باشد (دوران و پارکین 1994)، کیفیت خاک می‌گویند. نوع کاربری اراضی، عموماً ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و لذا کیفیت آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کیفیت خاک دارای دو جنبه

دیر زمانی است که بشر از اکوسیستم‌های طبیعی بهره‌برداری می‌نماید و همواره به‌دنبال تداوم و افزونی بهره‌وری بوده است. اما بهره‌برداری‌های نابخردانه در قرن‌های اخیر و بروز فاجعه‌های عظیم زیست‌محیطی، انسان قرن حاضر را وادار به درک بهتر و عمیق‌تر روابط اجزای اکوسیستم‌ها و شاخص‌های ظرفیت اکوسیستم‌ها در مقابله با اختلالات زیست‌محیطی نموده است. توانایی دائم یک خاک در انجام وظایف خود

آلی، تخلخل کل، ازت کل و پایداری خاکدانه‌های خاک و افزایش جرم مخصوص ظاهری شده، همچنین تغییر مقدار ماده آلی، تغییر در فعالیت‌های آنزیمی در داخل پروفیل خاک را به دنبال داشته است. در اکوسیستم‌های کشاورزی بقایایی که تجزیه می‌شوند، برگ، ساقه و ریشه گیاهان زراعی هستند که بعد از جمع‌آوری محصول در خاک باقی‌مانده‌اند. ممکن است بقایای گیاهی سالانه به چند مگاگرم در هکتار برسند که با گذشت زمان به طور کامل وارد خاک می‌شوند. ریشه‌ها به دلیل موقعیت‌شان نسبت به تجزیه بسیار حساس‌تر هستند. حتی در طی رشد نیز ریشه‌ها موادی را ترشح و یکسری مواد سلولی را آزاد می‌کنند که همانند بقایای ریشه که بعد از برداشت محصول باقی می‌ماند، به عنوان منبع کربنی برای جمعیت‌های میکروبی مطرح است. در اکوسیستم‌های طبیعی، بقایای گیاهی که دستخوش تجزیه می‌شوند، عمدتاً از علفزارهای بومی و پوشش جنگلی هستند. در یک علفزار بومی، بقایای گیاهی در طی سالیان متمادی در سطح زمین تجمع پیدا می‌کنند. به علاوه، سالیانه بقایای زیرسطحی قابل‌توجهی از سیستم‌های ریشه‌ای به جا گذاشته می‌شود که این بقایای گیاهی ممکن است در طی دوره‌های ناشی از سرما یا خشکی با فعالیت میکروبی پایین حاصل شده باشند. در اکوسیستم‌های جنگلی نیز لاشبرگ‌ها و دیگر بقایای گیاهی به سطح خاک می‌افتند و لایه‌هایی را تشکیل می‌دهند که بعداً در آن‌ها تجزیه رخ می‌دهد. معمولاً محققان رابطه خطی مثبتی بین مقدار ماده آلی خاک و کیفیت خاک در نظر می‌گیرند. درحالی‌که این رابطه کاملاً خطی نبوده و در برخی شرایط حتی ممکن است تأثیر منفی داشته باشد. به عنوان نمونه اگر عملکردهای زیست‌محیطی خاک در نظر گرفته شود، افزایش بیش‌ازحد کودهای آلی حتی می‌تواند آلودگی زیست‌محیطی ازت را به همراه داشته باشد. البته گفته می‌شود که وابستگی تولید به مقدار ماده آلی خاک با افزایش نهاده‌هایی مانند کود و سم کاهش می‌یابد.

هست: کیفیت ذاتی¹ که توانایی طبیعی خاک در انجام وظایف خود (تولید بیولوژیک، بهبود کیفیت آب‌وهوا و تأمین سلامت گیاه، انسان و حیوان) را نشان می‌دهد و به خاک‌سازی و عوامل مؤثر بر آن بستگی داشته و تحت تأثیر مدیریت خاک قرار نمی‌گیرد و کیفیت پویای خاک² که وابسته به نوع مدیریت خاک است (کارتنر و گریگوریچ 1997). کیفیت خاک را به طور مستقیم نمی‌توان اندازه‌گیری کرد، بلکه بسته به مقیاس و اهداف پژوهش با اندازه‌گیری چند شاخص قابل ارزیابی است. پیرس و همکاران (1983) شاخص میزان ماده آلی را معمول‌ترین شاخص تخمین کیفیت خاک می‌دانند.

فعالیت‌های کشاورزی به‌ویژه خاک‌ورزی شدید و بی‌رویه در کاربری‌های زراعی و باغ، شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک را تغییر و موجب تحریک و افزایش فعالیت‌های میکروبی و تجزیه بیشتر بقایای گیاهی می‌گردد (سیکس و همکاران 2000). عملیات شخم در کشاورزی سنتی، فعالیت‌های میکروبی را با تخریب خاکدانه‌ها و تأمین اکسیژن لازم برای تجزیه بیولوژیکی مواد آلی تشدید می‌کند (کندی و پاپندیک 1995). جهت حفظ حاصلخیزی و افزایش بهره‌وری خاک در کشاورزی پایدار، آگاهی از تأثیر کاربری اراضی بر خصوصیات مختلف خاک ضروری است. در مطالعه‌ای کیزیلکایا و دنگی (2010) اثرات کاربری اراضی و پوشش زمین بر روی برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و فعالیت آنزیمی خاک را مطالعه نمودند. در این تحقیق ویژگی‌های چهار پدون مختلف که در سه نوع کاربری جنگل طبیعی، مرتع و مزارع کشت‌شده قرار داشتند، موردبررسی قرار گرفت. ویژگی‌های موردبررسی شامل برخی آنزیم‌های برون‌سلولی، مواد آلی، جرم مخصوص ظاهری، تخلخل کل، آهک، EC، pH، هدایت هیدرولیکی و پایداری خاکدانه بودند. نوع کاربری و عملیات خاک‌ورزی متوالی منجر به کاهش معنی‌دار ماده

¹ Inherent Soil Quality

² Dynamic Soil Quality

به دلیل فرسایش و تخریب اراضی به صورت گان، آبشویی و رواناب در CO₂ افزایش می‌یابد و موجب کاهش ذخیره کربن آلی و نیتروژن خاک می‌گردد (کارتنر 2002).

مراحل آماده‌سازی خاک، شخم، کوددهی، ورود ماشین‌آلات کشاورزی، همه محیط خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهند و باعث کاهش تدریجی کیفیت خاک می‌گردند. بدیهی است که بایستی تغییرات کیفیت خاک ناشی از تفاوت در نوع کاربری اراضی به طور دقیق اندازه‌گیری و سپس راهکارهای مناسب برای حفظ پایداری اکوسیستم‌ها مطالعه و انواع مدیریت‌های خاکی با کمترین آشفتگی و اختلال معرفی شوند. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر نوع کاربری (زراعی، باغ و جنگل) بر برخی خواص کیفی خاک‌های استان آذربایجان غربی با استفاده از شاخص SQI³ انجام گردید.

مواد و روش‌ها

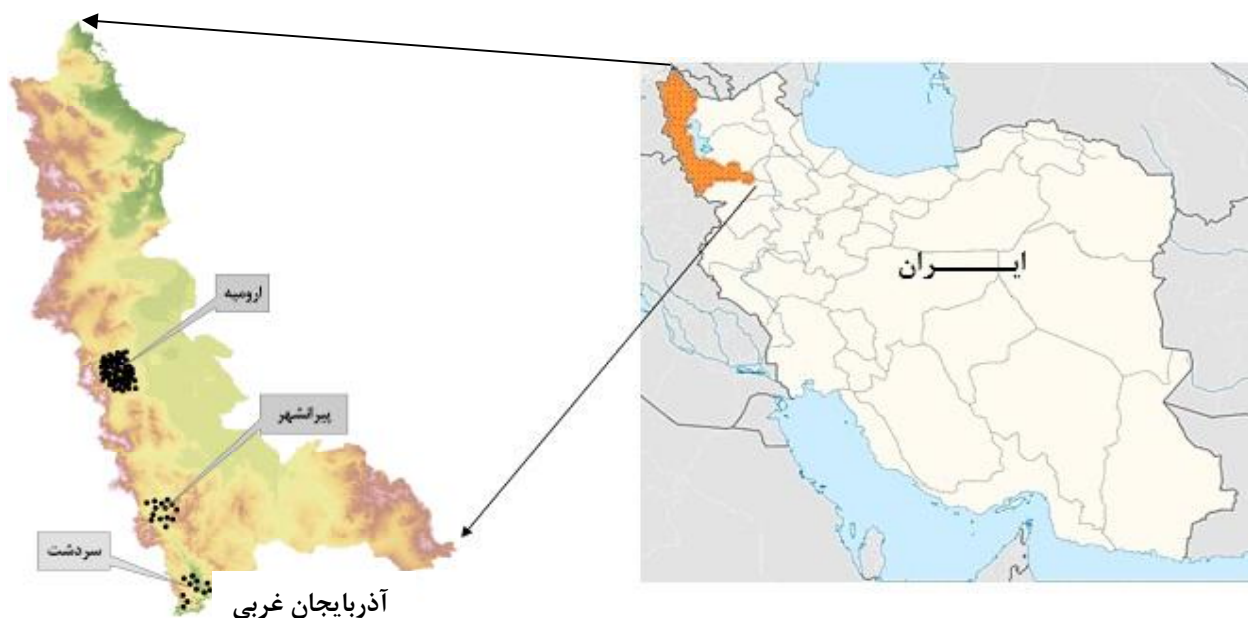
برای انجام این تحقیق تعداد 25 نمونه سطحی (0 تا 20 سانتی‌متری) از خاک‌های کاربری باغ‌های سیب (*Malus domestica*)، 25 نمونه از کاربری زراعی گندم (*Triticum aestivum*) و یا یونجه (*Medicago sativa*) و 25 نمونه از خاک‌های جنگل‌های بلوط (*Quercus persica*) از عمق مشابه در استان آذربایجان غربی برداشت گردید (شکل 1) و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد. از نظر اقلیمی منطقه مورد مطالعه به ترتیب دارای رژیم رطوبتی زریک و رژیم حرارتی مزیک بوده (بنایی 1998) و از نظر زمین‌شناسی مناطق نمونه‌برداری شده بر روی رسوبات کواترنری واقع گردیده‌اند (سلطانی سیسی 2005). نمونه‌ها پس از هواخشک شدن از الک 2mm عبور داده شدند. برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک‌ها مانند pH خاک در عصاره گل اشباع توسط pH متر (مکالین 1982)، کربن آلی با روش والکی و بلک (نلسون و سامر 1982)، کربنات کلسیم معادل (CCE) به روش

به طوری که در سیستم‌های زراعی پیشرفته این رابطه بسیار ضعیف است (گرگوریچ و همکاران 1994). ولی با این حال یافته‌های جدید نشان می‌دهند که بیشینه تولید گیاهان اصلاح‌شده و پر محصول در خاک‌هایی با مواد آلی بالا اتفاق می‌افتد، چرا که در این شرایط راندمان استفاده از نهاده‌ها، بخصوص کود شیمیایی افزایش می‌یابد (کریستنن و جانسون 1997). یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان پائین بودن مقدار ماده آلی آن‌ها است (رئیسی 2006). پایین بودن ماده آلی خاک از یک طرف و تنش‌های خشکی (کلیر و همکاران 2004) از طرف دیگر باعث بروز مشکلات فیزیکی، شیمیایی، تغذیه‌ای و به‌ویژه بیولوژیک در خاک‌های این مناطق گردیده است که به تدریج کاهش حاصلخیزی و کیفیت آن‌ها را به دنبال دارد (رئیسی 2006). نتایج مطالعات شوکلا و لال (2005) نشان داد که بیشترین ذخیره کربن آلی مربوط به خاک‌های جنگلی هست. این نتایج اثبات می‌نماید که کاربری اراضی و انواع فرسایش تأثیر به‌سزایی بر ذخیره کربن آلی خاک دارد. بدین ترتیب لازم است به منظور انتخاب راهکارهای مدیریت پایدار اراضی، رابطه مواد آلی و فرسایش را تحت تأثیر کاربری اراضی و سیستم مدیریت مختلف مورد بررسی قرار داد. کاهن و همکاران (2009) نتیجه گرفتند که فرسایش تأثیر قابل‌توجهی بر هدررفت کربن در اراضی کشاورزی و در نتیجه بر کاهش ذخیره کربن و نیتروژن و در نهایت تأثیر در چرخه کربن دارد. یمر و همکاران (2006) در اتیوپی نشان دادند ذخیره کربن آلی و نیتروژن خاک به طور قوی تحت تأثیر توپوگرافی و پوشش گیاهی قرار دارد. لتنس و همکاران (2005) میزان ذخیره کربن آلی در اراضی جنگلی، چمنزار و اراضی کشاورزی در بلژیک را به ترتیب 6/6، 4/4 و 3/6 کیلوگرم در مترمربع گزارش نمودند. هدرروی کربن آلی و نیتروژن از خاک‌های کشاورزی و مراتع که تحت فشار مضاعف جهت تولید محصولات می‌باشند،

¹ Soil quality index

هدایت الکتریکی خاک (EC) در عصاره گل اشباع با دستگاه هدایت‌سنج اندازه‌گیری شدند.

تیتراسیون (نلسون و سامر 1982)، فسفر قابل‌جذب به‌روش Olsen (اولسن و سامر 1982). نیتروژن کل خاک به‌روش کج‌دال (برگستروم و همکاران 1998) و



شکل 1- موقعیت مکان‌های نمونه‌برداری در استان آذربایجان غربی.

PC خاص تنها متغیرهای با وزن بالا برای MDS باقی ماندند. بعد از تعیین MDS، وزندهی هر یک از مؤلفه‌های اصلی انتخاب‌شده انجام شد. برای وزندهی، سهم PC حاوی آن ویژگی در تبیین واریانس بر سهم جمعی PCهای با ارزش ویژه بزرگتر از 1 تقسیم گردید. توابع نمردهی به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شوند (اندریوز و همکاران 2002b). نمردهی به‌صورت فازی و بین 0 تا 1 اعمال گردید به‌گونه‌ای که برای ویژگی‌هایی که در آن عملکرد بالا از نظر تولید وجود داشت نمره 1 داده شد و برای عملکردهای پایین‌تر میزان نمردهی کاهش یافت. سپس با ایجاد توابع رگرسیونی برای شاخص‌هایی که در MDS قرار داشتند نمردهی صورت گرفت. برآورد شاخص کیفیت خاک در هر کاربری از رابطه زیر محاسبه گردید (دوران و پارکین 1994):

$$SQI = \sum_{i=1}^n W_i \cdot N_i$$

W_i وزن هر PC_s با ارزش ویژه بزرگتر از یک و N_i نمره شاخص‌های برگزیده بود.

پس از اندازه‌گیری ویژگی‌های شیمیایی، شاخص کیفیت خاک (SQI) تعیین گردید. برای انتخاب کمینه سری داده‌ها یا MDS^4 (به‌عنوان نماینده‌ای از کل ویژگی‌های اندازه‌گیری شده) از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)⁵ استفاده گردید (دوران و پارکین 1994). روش PCA به‌عنوان ابزار کاهش‌دهنده برای انتخاب تعداد مناسبی شاخص از بین ویژگی‌ها یا شاخص‌های مورد‌مطالعه در منطقه استفاده می‌شود. در این روش می‌توان تعداد متغیرهای مستقل را کاهش داده و مشکلات چندخطی را حل نمود (سنا و همکاران، 2002). به‌منظور جلوگیری از تأثیر زیاد یک یا دو متغیر روی مؤلفه‌های اصلی، معمولاً در شروع تجزیه متغیرها را استاندارد می‌کنند تا دارای میانگین صفر و واریانس یک باشند. انتخاب MDS بر اساس اندریوز و همکاران (2002a) به ترتیبی انجام گردید که فقط PC_s با ارزش ویژه بزرگتر از 1، انتخاب شدند. سپس در درون هر

⁴ Minimum data set

⁵ Principal component analysis

نمونه برداری جهت انجام آزمایش‌ها مورد نظر 75 نقطه (25 نقطه برای هر کاربری) بوده است. بر اساس جدول 1، در کاربری زراعی دامنه تغییرات نیتروژن کل، کربن آلی و فسفر به ترتیب از 0/04 تا 0/18 درصد، 0/8 تا 2/8 درصد و 8/8 تا 28 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. همچنین دامنه تغییرات شوری و pH به ترتیب از 0/6 تا 4/7 دسی‌زیمنس بر متر و 7/9 تا 8/3 متغیر بود. کربنات کلسیم نیز از 17/5 تا 36/0 درصد تغییر کرد.

برای تجزیه و تحلیل آماری نتایج به دست آمده در هر کاربری از نرم افزار SPSS استفاده گردید. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال 5% انجام گرفت.

نتایج و بحث

دامنه تغییرات برخی از ویژگی‌های شیمیایی در خاک‌های مورد مطالعه در سه کاربری زراعی، باغی و جنگلی در جداول 1 تا 3 ارائه گردیده است. تعداد نقاط

جدول 1- دامنه تغییرات برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در کاربری زراعی.

میانگین	بیشینه	کمینه	
0/09	0/20	0/04	نیتروژن کل (%)
1/5	2/8	0/8	کربن آلی (%)
12/6	28	8/8	فسفر قابل استفاده (mg kg^{-1})
1/5	4/7	0/6	EC (dS m^{-1})
8/1	8/3	7/9	pH
24/1	36	17/5	آهک (%)

معمول کود آلی به دلیل وجود سایه انداز و کاهش دمای خاک سرعت و میزان معدنی شدن مواد آلی کمتر بوده است. دامنه تغییرات شوری و pH به ترتیب بین 0/6 تا 4/2 دسی‌زیمنس بر متر و 7/5 تا 8/2 بود. کربنات کلسیم از 13/4 تا 24/9 درصد متغیر بود.

بر اساس جدول 2، در کاربری باغی دامنه تغییرات نیتروژن کل، کربن آلی و فسفر به ترتیب از 0/1 تا 0/2 درصد، 1/1 تا 2/6 درصد و 5/2 تا 25/9 میلی‌گرم بر کیلوگرم متغیر بود. میزان کربن آلی در این کاربری بالاتر از کاربری زراعی بود که صرف نظر از مصرف

جدول 2- دامنه تغییرات برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در کاربری باغی.

میانگین	بیشینه	کمینه	
0/1	0/2	0/1	نیتروژن کل (%)
1/9	2/6	1/1	کربن آلی (%)
16/2	25/9	5/2	فسفر قابل استفاده (mg kg^{-1})
1/4	4/2	0/6	ECe (dS m^{-1})
7/9	8/2	7/5	pH
17/5	24/9	13/4	آهک (%)

کیلوگرم متغیر بود. دامنه تغییرات شوری و pH به ترتیب بین 0/2 تا 1/8 دسی‌زیمنس بر متر و 6/6 تا 7/8 بود.

بر اساس جدول 3، در کاربری جنگلی دامنه تغییرات نیتروژن کل، کربن آلی و فسفر به ترتیب از 0/1 تا 0/4 درصد، 2/0 تا 4/9 درصد و 5/2 تا 18/7 میلی‌گرم بر

کربنات کلسیم معادل از 1/5 تا 5/3 درصد متغیر و به‌مراتب پایین‌تر از کاربری‌های زراعی و باغی بود.

جدول 3- دامنه تغییرات برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در کاربری جنگلی.

کمینه	بیشینه	میانگین	
0/1	0/4	0/2	نیترژن کل (%)
2/0	4/9	2/8	کربن آلی (%)
5/2	18/7	10/6	فسفر قابل‌استفاده (mg kg^{-1})
0/2	1/8	0/7	ECe (dS m^{-1})
6/6	7/8	7/1	pH
1/5	5/3	2/7	کربنات کلسیم معادل (%)

جدول 4 مقایسه میانگین بین ویژگی‌های شیمیایی خاک در سه کاربری زراعی، باغی و جنگلی را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول، می‌توان مشاهده کرد که از نظر مقدار کربن آلی بین کاربری جنگل با سایر کاربری‌ها تفاوت معنی‌داری وجود داشته و کاربری جنگل (با 2/8 درصد) بیشترین و کاربری زراعی (با 1/5 درصد) کمترین مقدار کربن آلی را دارا بودند. میانگین مقدار کربن آلی در هر سه کاربری زراعی، باغی و جنگلی با هم تفاوت معنی‌داری ($p < 0/05$) داشتند. روند مشابهی در مورد نیترژن کل مشاهده گردید. میزان این شاخص در کاربری جنگلی (0/2 درصد) به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو کاربری باغی و زراعی بود اما این افزایش در مورد کاربری باغی و زراعی غیرمعنی‌دار بود. در تحقیق حاضر میزان فسفر قابل‌استفاده در کاربری باغی (16/2 میلی‌گرم بر

کیلوگرم) بیشتر از زراعی (12/6 میلی‌گرم بر کیلوگرم) و بیشتر از جنگلی (10/6 میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. میانگین هدایت الکتریکی (EC_e)، در خاک‌های زراعی (1/5 دسی‌زیمنس بر متر) بیشتر از خاک‌های باغی (7/1 دسی‌زیمنس بر متر) بود اما این اختلاف معنی‌دار نگردید؛ با این حال هدایت الکتریکی در مناطق جنگلی (0/7 دسی‌زیمنس بر متر) نسبت به مناطق باغی و زراعی کمتر بود که از نظر آماری این اختلاف معنی‌دار گردید. همچنین، pH خاک‌های مورد مطالعه در محدوده‌ی بازی بودند، خاک‌های مناطق جنگلی نیز به دلیل بالا بودن بارندگی در این مناطق، pH کمتری (7/1) از سایر مناطق داشتند. درصد کربنات کلسیم در اراضی زراعی (24/1 درصد) بیشتر از باغی و در اراضی باغی (17/5 درصد) بیشتر از کاربری جنگلی (2/7 درصد) بود.

جدول 4- مقایسه میانگین بین ویژگی‌های شیمیایی خاک در سه کاربری زراعی، باغی و جنگلی.

کاربری	OC (%)	TN (%)	P _{olsen} (mg kg^{-1})	EC (dS m^{-1})	pH	کربنات کلسیم (%)
زراعی	1/5 ^c	0/09 ^b	12/6 ^b	1/5 ^a	8/1 ^a	24/1 ^a
باغی	1/9 ^b	0/12 ^b	16/2 ^a	1/4 ^a	7/9 ^b	17/5 ^b
جنگلی	2/8 ^a	0/20 ^a	10/6 ^b	0/7 ^b	7/1 ^c	2/7 ^c

TN درصد نیترژن کل، OC درصد کربن آلی، P فسفر بر حسب (mg kg^{-1})، EC هدایت الکتریکی بر حسب (dS m^{-1}) هست.

برای هر ویژگی، حروف غیرمشترک در هر ردیف در هر منطقه، نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 0/05 است.

کاربردی‌های دست‌خورده دلیل دیگری برای کاهش مواد آلی در این اراضی هست. با افزایش فرسایش خاک، ماده آلی همراه با خاک سطحی (که غنی از مواد آلی است) انتقال می‌یابد و عملیات کشت و کار از طریق جداسازی خاکدانه‌ها و در معرض‌گذاری مواد آلی در مقابل تجزیه میکروبی، معدنی شدن مواد آلی را افزایش می‌دهد (اسپارلینگ 1992). در تحقیقی لمنی و ایتانا (2004) اعلام کردند که به‌علت به هم خوردن تعادل بین سرعت تشکیل هوموس و معدنی شدن آن در اثر عملیات شخم ذخایر کربن آلی و نیتروژن خاک کاهش می‌یابد.

نتایج این پژوهش مؤید این مطلب است که هرگونه اعمال کاربردی متفاوت و سیستم مدیریتی که باعث افزایش به‌هم‌خوردگی سطح خاک شود، منجر به کاهش مقدار مواد آلی خاک می‌گردد. میزان کربن آلی در کاربردی‌های مورد مطالعه تحت تأثیر نوع کاربردی بود (جدول 4) که این یافته با نتایج پژوهش‌های لمنی و ایتانا (2004) و اسپارلینگ (1992) مطابقت داشت.

بالا بودن مقدار نیتروژن در خاک‌های جنگلی و باغی دور از انتظار نبود؛ چرا که مقدار مواد آلی در این کاربردی‌ها بالاتر از کاربردی زراعی بود و همبستگی بسیار بالایی بین مقدار نیتروژن و کربن آلی خاک‌ها گزارش شده است (کامباردلا و الیوت 1993). حساسیت بیشتر اراضی کشاورزی در برابر فرسایش، عاملی برای کاهش ماده آلی و نیتروژن کل خاک به‌شمار می‌آید. به‌طوری‌که بخش عمده‌ای از کربن آلی و نیتروژن خاک از طریق فرسایش و به‌صورت محلول همراه با رواناب از دسترس خارج خواهد شد. در خاک‌های زراعی و باغی قسمت عمده ماده خشک بخش هوایی به‌صورت حصول برداشت و از زمین خارج می‌شود و به‌علاوه در اراضی زراعی، خاک مکرراً با شخم زیر و رو می‌شود که موجب شکستگی خاکدانه‌های درشت می‌گردد و نیتروژن آلی محبوس شده در آن‌ها در معرض حمله میکروبی قرار می‌گیرد. بنابراین کربن ورودی کمتر و کربن خروجی بیشتر یکی از دلایل عمده کاهش میزان

از مهم‌ترین عواملی که باعث تفاوت در ویژگی‌های شیمیایی خاک‌ها در کاربردی‌های مورد مطالعه شده است می‌توان علاوه بر ویژگی‌های مواد مادری آن‌ها، به تفاوت در عمق نفوذ ریشه‌های گیاهان این کاربردی‌ها اشاره کرد. همچنین بقایای گیاهی افزوده‌شده به خاک نیز در کاربردی‌های زراعی، باغی و جنگلی متفاوت بود که می‌تواند تفاوت‌هایی اساسی در برخی خصوصیات خاک ایجاد نماید. در کاربردی جنگل به دلیل عدم انجام عملیات شخم و تردد محدود ماشین‌آلات و افراد، به‌هم‌خوردگی و آشفته‌گی خاک کمتر بوده و در نتیجه معدنی شدن کربن آلی کاهش یافته و تجمع آن در خاک اتفاق افتاده است. ضمناً ریزش و ورود لاشبرگ درختان به خاک می‌تواند دلیلی بر افزایش کربن آلی در این کاربردی باشد. میزان مواد آلی خاک یکی از معیارهای مهم کیفیت خاک هست (یانگ و همکاران 1999). عملیات شخم، سرعت و میزان معدنی شدن کربن آلی را افزایش می‌دهد و به‌همین دلیل مقدار کربن آلی در اراضی تحت کشت کمتر است. در پژوهشی لال (1995) دریافت که عملیات شخم باعث کاهش کربن آلی خاک می‌گردد. آگیولار و همکاران (1988) کاهش مواد آلی در اثر کشت و کار را ناشی از به هم خوردن خاک سطحی و در نتیجه تسریع تجزیه بیولوژیک مواد آلی، شدت یافتن فرسایش خاک و به‌دنبال آن هدر رفت مواد آلی همراه با رواناب دانسته‌اند. همچنین به هم زدن خاک، شکسته شدن خاکدانه‌ها به وسیله عملیات خاک‌ورزی، تخریب و فشردگی خاک به دلیل چرای بی‌رویه دام بعد از برداشت محصول در زمین‌های زراعی موجب افت خصوصیات کیفی خاک و کاهش مواد آلی خاک می‌شود (نلسون و سامر 1982). همچنین کارتنر و گریگوریچ (1997) افزایش دمای خاک به دلیل کاهش پوشش گیاهی سایه‌انداز را در تجزیه مواد آلی در خاک اراضی زراعی مؤثر می‌دانند. همین عامل سایه‌انداز و عملیات کمتر خاک‌ورزی می‌تواند دلیلی بر بالا بودن مواد آلی در باغات به نسبت زراعی باشد. تشدید فرسایش در

(1992) کاربرد مستمر کودهای فسفردار را در زمین‌های زراعی باعث افزایش غلظت فسفر قابل‌استفاده در لایه سطحی خاک می‌دانند. به‌نظر می‌رسد اعمال عملیات کشت و کار و کوددهی در اراضی زراعی و باغی سبب افزایش در مقدار هدایت الکتریکی خاک شده است. این نتایج با مطالعات حاج‌عباسی و همکاران (1386) مطابقت دارد. در مطالعه‌ای فنگ و همکاران (2005) تأثیر معنی‌دار آبیاری را بر آبشویی و کاهش غلظت نمک‌ها در لایه‌های مختلف خاک‌های کشاورزی گزارش کردند.

شاخص pH خاک به‌این‌علت حائز اهمیت است که میکروارگانیزم‌ها و گیاهان به‌طور قابل‌توجهی به ترکیب شیمیایی موجود در محیط اطراف پاسخ می‌دهند. به‌نظر می‌رسد زیر و رو شدن پروفیل خاک در اثر عملیات کشت و کار موجب بالا آمدن مواد آهکی به سطح در کاربری زراعی شده و لذا pH خاک را افزایش داده است. بالا بودن pH در کاربری زراعی و باغی می‌تواند دلایل مختلفی داشته باشد که از آن جمله می‌توان به ورود املاح قلیایی ناشی از آب آبیاری، کودهای شیمیایی و سموم شیمیایی اشاره کرد (رضاپور و صمدی 2012). این رویکرد افزایش pH در خاک‌های زراعی و باغی ممکن است به‌عنوان فاکتور منفی برای کیفیت خاک محسوب شود، چه در خاک‌های قلیایی هرگونه افزایش در pH خاک به‌عنوان کاهش‌دهنده کیفیت معرفی شده است (دوران و جونز 1996). پژوهش‌های مختلف نتایج و دلایل متناقضی را درباره‌ی اثر کاربری اراضی بر روی مقدار pH ارائه نموده‌اند. استفاده از کودهای شیمیایی نیز می‌تواند مقدار pH را تحت تأثیر قرار دهد. کیانی و همکاران (1386) اظهار داشتند در خاک‌های جنگلی یون‌های بازی شسته شده و بنابراین pH خاک بیشتر از سایر نقاط است. نتایج لال و همکاران (1999) نشان داد که با افزایش عملیات شخم و به‌هم‌خوردگی سطح خاک در اثر عملیات شخم، مقدار pH افزایش یافت. فرایندهای طبیعی نظیر دی‌اکسیدکربن آزادشده بر اثر تنفس ریشه‌ی گیاهان و تنفس میکروبی خاک نیز می‌تواند از عوامل کنترل‌کننده pH خاک باشد.

نیتروژن آلی در این خاک‌ها هست. در خاک جنگلی، به‌دلیل عدم کشت و زرع و نیز وجود لاشبرگ فراوان، بین تجزیه و تجمع توازن وجود دارد اما در اراضی زراعی و باغ این توازن کمتر به چشم می‌خورد (زاچ و همکاران 2006).

سالاردینی (1390) در پژوهشی اعلام کرد کاهش مقدار ازت خاک، به دلیل کاهش بقایای گیاهی جهت تبدیل به هوموس و افزایش تهویه خاک در اثر شخم و بنابراین زیادشدن موجودات ذره‌بینی و به‌هم خوردن تعادل ازت خاک هست. عملیات خاک‌ورزی سبب مخلوط شدن لایه‌های زیرین خاک (با درصد کربن آلی کمتر) با خاک رویی (حاوی کربن آلی بیشتر) شده و در نتیجه موجب کاهش کربن آلی خاک سطحی در مقایسه با حالت اولیه می‌گردد (یوسفی‌فرد و همکاران 2007) و به‌تبع آن سبب افزایش معدنی شدن نیتروژن و کاهش نیتروژن کل خاک می‌شود.

بالا بودن میزان فسفر قابل‌استفاده در کاربری کشاورزی نسبت به کاربری جنگلی می‌تواند به‌دلیل استفاده از کودهای دامی و شیمیایی باشد. در منطقه موردبررسی این تحقیق مصرف کودهای دامی و شیمیایی به‌ویژه انواع نیتروژنه و فسفات‌ها در کاربری‌های کشاورزی رواج داشته است. از دلایل احتمالی افزایش مقدار فسفر در کاربری باغ، بازگشت بقایای گیاهی به خاک هست که باعث افزایش مقدار مواد آلی خاک شده و فسفر خاک حفظ می‌شود. زیونگون و بیالیان (2003) عقیده دارند فرآیندهای شیمیایی و زیستی بر روی پراکنش فسفر خاک تأثیر دارند. سیستم گسترش ریشه، مقدار و کیفیت مواد اضافه‌شده به خاک، فعالیت‌های آنزیمی برون سلولی، کلات‌های آلی تولیدشده در خاک و فعالیت موجودات زنده خاک از جمله عواملی هستند که بر روی پراکنش فسفر مؤثرند. کشت و زرع خاک‌ها سبب کاهش مواد آلی و کل فسفر خاک می‌گردد (بروکس و همکاران 1984). در مطالعه‌ای، زو و همکاران (1997) بیان کرد که افزودن کود دامی می‌تواند باعث افزایش 100 تا 130 کیلوگرم در هکتار فسفر به خاک شود. در پژوهشی، راسموسن و دوگلاس

بیشتر بوده و سایر ویژگی‌هایی که وزن آن‌ها، (10-)
درصد وزن ویژگی با بیشترین وزن بودند انتخاب شدند
(اندریوز و همکاران 2002a). بدین ترتیب در PC₁
ویژگی‌هایی با بیشترین وزن شامل pH، آهک و کربن
آلی بودند (جدول 5).

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای تعیین MDS و
برآورد شاخص کیفیت خاک (SQI)
از بین مؤلفه‌های اصلی (PC) شاخص‌هایی انتخاب
شدند که ارزش آن‌ها در تبیین واریانس بیش از یک
متغیر اولیه باشند (یعنی با ارزش ویژه بزرگ‌تر از یک).
در هر PC، ویژگی که قدر مطلق وزن آن‌ها از همه

جدول 5- نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) و انتخاب مجموعه کمینه داده‌ها (MDS) در سه کاربری

مدیریتی برای شاخص کیفیت خاک.		
PCs	PC1	PC2
TN	0/439	-0/426
OC	0/446	-0/182
P _{olsen}	-0/151	-0/735
EC	-0/309	-0/472
pH	-0/496	0/093
آهک	-0/494	-0/116

TN: درصد نیتروژن کل، OC: درصد کربن آلی، P_{olsen}:
فسفر اولسن بر حسب (mg kg⁻¹)، EC: هدایت الکتریکی
بر حسب (ds m⁻¹) و pH: اسیدیته خاک می‌باشند.

بودن وزن آن‌ها (جدول 5) به‌عنوان نماینده گروه باقی
ماندند. بنابراین ویژگی‌هایی که در MDS باقی می‌مانند
شامل pH، مواد آلی و P_{olsen} بودند و این ویژگی‌ها
به‌عنوان شاخص‌های تأثیرگذار برای ارزیابی کیفیت
خاک‌های مورد مطالعه معرفی شدند.

در PC₂ نیز P_{olsen} بیشترین وزن را داشت (جدول 5)
لذا به‌عنوان نماینده گروه دوم انتخاب شد. در مرحله
بعدی همبستگی بین ویژگی‌های برگزیده شده درون
مؤلفه‌های اصلی (1 و 2)، (pH، مواد آلی و P_{olsen}) بررسی
شد (جدول 6). ضریب همبستگی بین pH با آهک بالاتر
از 0/6 بود (جدول 6) لذا pH و مواد آلی به‌دلیل بالا

جدول 6- ماتریس همبستگی بین ویژگی‌های باقیمانده در MDS.

	OC	pH	CaCO ₃	P _{olsen}
OC	1			
pH	-0/5	1		
CaCO ₃	-0/5	0/7	1	
P _{olsen}	0/1	0/2	0/2	1

ویژگی‌ها، توابع رگرسیونی با بالاترین R² ایجاد کرده و
کار نمردهی صورت گرفت. بر این اساس برای هر

در مرحله نمردهی با استفاده از محدوده‌های مناسب
و بحرانی ویژگی‌های انتخاب شده برای هر کدام از

شخص SQI برای هر یک از نمونه‌ها محاسبه گردید. سپس با تجزیه واریانس و مقایسات میانگین، اختلاف آماری بین شاخص کیفیت در هر کاربری تعیین شد (دوران و پارکین 1994).

$$SQI = \sum_{i=1}^n W_i \cdot N_i \quad [4]$$

$$SQI = \sum_{i=1}^n 0.71 \cdot N_{OC} + 0.71 \cdot N_{pH} + 0.29 \cdot N_{P-olsen}$$

کدام از شاخص‌های استخراج‌شده توابع رگرسیونی زیر به‌دست آمدند. با توجه به روابط، به هر یک از ویژگی‌ها نمره بین 0 تا 1 تعلق گرفت.

$$N_{OC} = -0.109X^2 + 0.692X + 0.010 \quad [1]$$

$$N_{P-olsen} = -0.001X^2 + 0.086X + 0.012 \quad [2]$$

$$N_{pH} = -0.124X^2 + 1.495X - 3.381 \quad [3]$$

با استفاده از معادله 4 و با ضرب وزن هر ویژگی در نمره هر یک از شاخص‌ها در هر یک از نمونه‌ها،

جدول 7- مقایسه میانگین شاخص کیفیت خاک (SQI) کاربری‌های جنگل، باغ و زراعت.

کاربری			شاخص کیفیت خاک (SQI)
زراعت	باغ	جنگل	
1/2 ^c	1/3 ^b	1/4 ^a	

حروف بالانویس بر روی هر عدد نشان‌دهنده اختلاف آماری ($p < 0/05$) در هر ردیف می‌باشند. میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ($p < 0/05$) ندارند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که هرگونه مدیریت و نوع کاربری که باعث افزایش دست‌خوردگی خاک گردد، کاهش کیفیت خاک و افزایش حساسیت اراضی به فرسایش را در پی دارد. از مهم‌ترین عواملی که باعث تفاوت در ویژگی‌های شیمیایی خاک‌ها در کاربری‌های مورد مطالعه گردید، می‌توان علاوه بر ویژگی‌های مواد مادری آن‌ها، به تفاوت در عمق نفوذ ریشه‌های این کاربری‌ها اشاره کرد. با توجه به یافته‌های حاصل از این تحقیق مورد بحث، چنین استنباط می‌گردد که در کاربری باغ و زراعت نسبت به کاربری جنگل، به دلیل کاهش پوشش گیاهی پایا، ماده آلی، تخریب ساختمان خاک و کاهش پایداری خاکدانه‌ها، کیفیت خاک کاهش پیدا می‌کند.

مقایسات میانگین (جدول 7) نشان داد که شاخص کیفیت خاک (SQI) در خاک‌های جنگلی (1/4) بیشتر از کاربری باغی (1/3) و زراعی (1/2) بود و مقدار آن به‌طور آماری بالاتر از هر دو کاربری بود. میانگین‌ها نشان‌دهنده آن است که در خاک سطحی باغ و زراعت، اعمال مدیریت‌های مختلف مانند خاک‌ورزی، استفاده از کودهای شیمیایی، دامی و آفات‌کش‌ها می‌تواند از دلایل کاهش کیفیت خاک باشد. ویژگی‌های انتخاب‌شده به‌عنوان MDS در خاک سطحی در کاربری زراعی به‌طور معنی‌داری رو به تنزل بودند و در بین ویژگی‌ها، کاهش کربن آلی در خاک‌های مورد مطالعه می‌تواند از دلایل عمده کاهش کیفیت خاک باشد. کمینه داده‌های به‌دست‌آمده برای خاک سطحی در منطقه مشابه ویژگی‌های انتخاب‌شده توسط اندریوز و همکاران (2002a,b) بود.

منابع مورد استفاده

- بنایی مح. 1377. نقشه رژیم‌های رطوبتی و حرارتی ایران، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.
- حاج‌عباسی مع، بسالت‌پور ا و مللی ر، 1386. اثر تبدیل مراتع به اراضی کشاورزی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های جنوب و جنوب‌غربی اصفهان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال 11، شماره 42 (ب)، صفحه‌های 525 تا 534.
- سالاردینی عا. 1390. حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ایران، 434 صفحه.
- کیانی ف، جلالیان ا، پاشایی ع و خادمی ح، 1386. نقش جنگل‌تراشی، قرق و مراتع بر شاخص‌های کیفیت خاک در اراضی لسی استان گلستان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال 11، شماره 41 (ب)، صفحه‌های 453 تا 463.
- Aguilar R, Kelly EF and Heil RD, 1988. Effect of cultivation on soil in northern Great Plains rangeland. *Soil Science Society of America Journal* 52: 1081-1085.
- Andrews SS, Karlen DL, Mitchell JP, 2002a. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 90: 25-45.
- Andrews SS, Mitchell JP, Mancinelli R, Karlen KL, Hartz TK, Horwath WR, Pettygrove GS, Scow KM and Munk DS, 2002b. On-farm assessment of soil quality in California's central valley. *Agronomy Journal* 94: 12-23.
- Banaei MH, (Ed.), 1998. Soil moisture and temperature regime map of Iran. Soil and Water Research Institute. Ministry of Agriculture, Iran.
- Bergstrom DW, Monreal CM and King DJ, 1998. Sensivity of soil enzyme activities to conservation practices. *Soil Science Society of America Journal* 62: 1286-1295.
- Brookes PC, Powlson DS and Jenkinson DS, 1984. Phosphorus in soil microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry* 16: 169-175.
- Cambardella CA, Elliot ET, 1993. Carbon and nitrogen distribution in aggregates of cultivated and native grass-land soils. *Soil Science Society of America Journal* 57:1071-1076.
- Cartner MR and Gregorich EG, 1997. Concepts of soil quality and their significance. Pp. 61-82. In: Gregorich EG and Cartner MR (eds.), *Methods or Assessing Soil Quality*. Soil Science Society of America Journal, Special Pub., No. 49, Madison, WI.
- Cartner MR, 2002. Soil quality for sustainable land management: Organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. *Agronomy Journal* 94: 38-47.
- Christenen BT and Johnston AE, 1997. Soil organic matter and soil quality lessons learned from long-term experiments at Askov and Rothamsted. Pp. 157- 159. In: Gregorich EG and Catre MR (eds.), *Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health*, Elsevier, Amsterdam.
- Doran JW and Parkin TB, 1994. Defining and assessing soil quality. Pp. 3-21. In: Doran JW, Coleman DC, Bezdicsek DF and Stewart BA (eds.), *Defining soil quality for a sustainable environment*, SSSA Special Publication. No. 35. SSSA and ASA, Madison, WI.
- Doran JW and Jones AJ, 1996. Methods for assessing soil quality. *Soil Science Society of America Special Publication*, vol. 49. Soil Science Society of America Journal, Madison, WI.
- Feng ZX, Wang and Feng Z, 2005. Soil N and salinity leaching after the autumn irrigation and its impact on groundwater in Hetao Irrigation District, China. *Agriculture and Water Management* 71: 131-143.
- Gregorich EG, MR Carter, DA Angers, CM Monreal and Ellert BH, 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Canadian Journal of Soil Science* 74: 367-385.
- Kelliher FM, Ross DJ, Law BE, Baldocchi DD and Rodda NJ, 2004. Limitations to carbon mineralization in litter and mineral soil of young and old ponderosa pine forests. *Forest Ecology and Management* 191: 201-213.
- Kennedy AC and Papendick RI, 1995. Microbial characteristics of soil quality. *Soil and Water Conservation Journal* 50: 243-248.
- Kizilkaya R and Dengi O, 2010. Variation of land use and land cover effects on some soil physicalchemical characteristics and soil enzyme activity. *Zemdirbyste-Agriculture* 97(2): 15-24.
- Kuhn NJ, Hoffmann T, Schwanghart W and Dotterweich M, 2009. Agricultural soil erosion and global carbon cycle: controversy over? *Earth Surface Processes and Landforms* 34: 1033-1038.
- Lal R, 1995. Global soil erosion by water and carbon dynamics Pp. 131-142 In: Lal R., Kimble J, Levine E, Stewart BA, (eds.), *Soils and Global Change*, Advances in Soil Science CRC Press, Boca Raton FL, USA.
- Lal R, Mokma D and Lowery B, 1999. Relation between soil quality and erosion Pp. 39-56. In: Lal, R., (Eds.). *Soil Quality and Soil Erosion*, Soil and Water Conservation Society and CRC Press, Boca Raton.
- Lemenih M and Itanna F, 2004. Soil carbon stock and turnovers in various vegetation types and arable lands along an elevation gradient in Southern Ethiopia. *Geoderma* 123: 177-188.

- Letten S, Van Orshoven J, van Wesemael B, De-Vos B and Muys B, 2005. Stocks and fluxes of soil organic carbon for landscape units in Belgium derived from heterogeneous data sets for 1990 and 2000. *Geoderma* 127: 11-23.
- McLean EO, 1982. Soil pH and lime requirement Pp. 199-224. In: Page, A. L. (ed): *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties*. Madison, Wisconsin, USA.
- Nelson DW and Sommers LE, 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter, Pp. 539-580. In: Page AL, Miller RH and Keeney DR (eds.), *Methods of Soil Analysis. Part II*. Soil Science Society of America Journal, Madison, Wisconsin, USA.
- Olsen SR and Sommers LE, 1982. Phosphorus Pp. 403-430. In: Page AL, Miller R.H., Keeney D.R. (eds.), *Methods of Soil Analysis part 2*. Soil Science Society of America Journal, Madison, Wisconsin.
- Pierce FJ, Larson RH and Graham WA, 1983. Productivity of soils assessing long term changes due to erosion. *Journal of Soil and Water Conservation* 38: 39-44.
- Raiesi F, 2006. Carbon and N mineralization as affected by soil cultivation and crop residue in a calcareous wetland ecosystem in Central Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 112: 3-20.
- Rasmussen PE and Douglas CL, 1992. The influence of tillage and cropping intensity on cereal response to N, sulfur and P. *Fertility Research* 31: 15-19.
- Rezapour S and Samadi A, 2012. Assessment of inceptisols soil quality following long-term cropping in a calcareous environment. *Environmental Monitoring and Assessment* 184(3):1311-1323.
- Sena MM, Frighetto RTS, Valarini OJ, Tokeshi H, Poppi RJ, 2002. Discrimination of management effects on soil parameters by using principal component analysis: a multivariate analysis case study. *Soil and Tillage Research* 67: 171-181.
- Shukla MK and Lal R, 2005. Erosional effects on soil organic carbon stock in an on-farm study on Alfisols in west central Ohio. *Soil and Tillage Research* 81: 173-181.
- Six J, Elliot ET and Paustian K, 2000. Soil macro-aggregate turn over and micro-aggregate formation for C sequestration under no-tillage agriculture. *Soil Biology and Biochemistry* 32: 2099-2103.
- Soltani-Sisi Gh, 2005. Geological map of Iran. 1:100000 series. Sheet No. 5065. Publication of Geological Survey and Mineral Exploration Organization of Iran, Tehran.
- Sparling GP, 1992. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Australian Journal of Soil Research* 30: 195-207.
- Xiongwen CH and Bai-Lian LI, 2003. Change in soil carbon and nutrient storage after human disturbance of primary Korean pine forest in Northern China. *Forest Ecology and Management* 186: 197-206.
- Yang Y, Guo J, Chen G, Yin Y, Gao R and Lin C. 1999. Effects of forest conversion on soil labile organic carbon fractions and aggregate stability in subtropical China. *Plant and Soil* 323: 153-162.
- Yimer F, Ledin S and Abdelkadir A, 2006. Soil organic carbon and total nitrogen stocks as affected by topographic aspect and vegetation in the Bale Mountains, Ethiopia. *Geoderma* 135: 335-344.
- Yousefifard M, Jalaliyan A, Khademi H and Shariatmadari H, 2007. Estimate of Soil Loss and Alimentary Ingredient in Land Use Change Area Via Artificial Rainfall. *Journal of Agriculture and Natural Resources* 40(1): 93-106.
- Zach A, Tiessen H and Noellemeyer E, 2006. Carbon turnover and ¹³C natural abundance under land use change in the semiarid La Pampa, Argentina. *Soil Science Society of America Journal* 70: 1541-1546.
- Zhou JZ, Davey ME, Figueras JB and Ravkina M, 1997. Phylogenetic diversity of a bacterial community determined from Siberian tundra soil DNA. *Microbiology* 143: 3913-3919.