نشریه علوم آب و خاک
سال بیست و ششم / شماره چهارم / زمستان ۱۴۰۱ / مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۲۹۹ تا ۳۱۸

تأثیر تغییر کاربری اراضی بر فاکتورهای کیفی خاک (مطالعه موردی استان خوزستان)

نجمه مرادیان‌پیک و سیروس جعفری[1*]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۹)

چکیده

تغییر فاکتورهای کیفی اراضی در تغییر کاربری دو سیستم کشت متداول خوزستان (منطقه دیمچه، سیستم کشت تناوبی و نیشکر و زراس جنگل و جنگل‌تراشی) بررسی شد. نتایج نشان داد با تغییر کاربری جنگل، کربن آلی از ۰/۹۳ به ۰/۵۵ درصد، ظرفیت تبادل کاتیونی از ۱۹/۶ به ۱۳/۳ سانتی‌مول بر کیلوگرم، نسبت کربن به نیتروژن (C/N) از ۷/۴ به ۳/۸ درصد، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها از ۱/۷ به ۱/۳ درصد و تنفس میکروبی از ۰/۱۱ به ۰/۰۶ میلی‌گرم دی‌اکسیدکربن بر گرم خاک در روز کاهش و در مقابل رس قابل انتشار از ۴/۶ به ۱۹/۳ درصد افزایش یافت. تجزیه به عامل برای خصوصیات نشان داد پنج عامل بیش از ۹۰ درصد واریانس را در مقادیر FC، PWP، AW، AF توجیه کرد. در منطقه دیمچه، میانگین رطوبت حجمی ظرفیت زراعی از ۳۱/۳ به ۲۷/۳ درصد، آب قابل استفاده از ۱۲/۹۶ به ۹/۸ درصد، رس قابل انتشار از ۵۶/۱ به ۱۲/۳ درصد و جرم مخصوص ظاهری از ۱/۶ به ۱/۴ درصد کاهش، کربن آلی از ۰/۴۵ به ۰/۷۸ درصد، C/N از ۶/۳ به ۱۰/۰ درصد، تنفس میکروبی از ۰/۰۱ به ۰/۰۴ میلی‌گرم دی‌اکسیدکربن بر گرم خاک در روز و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها از ۰/۷۷ به ۱/۳ میلی‌متر افزایش یافت. پنج عامل FC، AW، BD، DC و OM بیش از ۹۰ درصد واریانس را توجیه کرد.

واژه‌های کلیدی: پایداری خاکدانه، کاربری، جنگل، کیفیت خاک، مواد آلی

۱. گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، خوزستان، ایران
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: siroosjafari@asnrukh.ac.ir

مقدمه

انسان در طی سالیان اخیر به استفاده بی‌رویه و بدون برنامه ریزی از منابع طبیعی و از بین‌بردن توان زیستی آن پرداخته است. از منابع طبیعی تجدیدناپذیر می‌توان به خاک اشاره کرد. علاوه بر خصوصیات و ویژگی‌های خاک، کیفیت آن بسیار مهم است (۵). کیفیت خاک را نمی‌توان به‌طور مستقیم اندازه گیری کرد ولی با اندازه‌گیری چندین ویژگی یا شاخص برآورد می‌شود. آن دسته از ویژگی‌های قابل اندازه‌گیری خاک که ظرفیت خاک را برای توانمندی تولید محصول تحت تأثیر قرار دهد، شاخص‌های کیفی خاک نامیده می‌شوند (۲). از روش‌های متداول ارزیابی کیفیت خاک می‌توان به روش دیتزلر و توگل (۱۰)، روشهای تعیین شاخص کیفیت خاک (۱۲) و روشهای کریجینگ چند متغیر (۲۶) اشاره نمود. در مطالعات تعیین کیفیت خاک هر کدام از شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد از جمله روش‌های کاهش تعداد داده و تعیین حداقل مجموعه داده(Minimum data set, MDS) مؤثر در ارزیابی کیفیت خاک، می‌توان به روش‌های رگرسیون چند متغیره و خطی (۲۳)، توابع نمره دهی (Scoring function)، تجزیه عامل‌ها (Factor analysis) و تجزیه مؤلفه‌های اصلی (Principle component analysis, PCA) اشاره نمود. در روش PCA که بیشتر مورد استفاده بوده، معمولاً دو مشکل وجود دارد: اول اینکه حداقل تعداد داده‌ها بر چه اساس انتخاب شود؟ برای مثال اندریوس و همکاران (۱) ویژگی‌های خاک با ده درصد بیشترین وزن در هر جزء اصلی (Principle component, PC) را به‌عنوان حداقل مجموعه داده انتخاب کردند ولی یمفک و همکاران (۳۳) از ویژگی‌هایی با حداکثر نمره به‌عنوان حداقل مجموعه داده مؤثر بر کیفیت خاک استفاده کردند. با توجه به اینکه تغییر کاربری اراضی در نواحی مختلف می‌تواند اثرهای گوناگونی بر کیفیت پویای خاک داشته باشد بنابراین، مسئله دوم در تعیین حداقل مجموعه داده به روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی این است که ویژگی‌های منتخب در یک ناحیه ممکن است با نواحی دیگر متفاوت باشند (۱۶). از میان ویژگی‌های مورد نظر، نقش مثبت مواد آلی در تشکیل و پایداری خاکدانه‌ها بسیار مورد توجه قرار گرفته است (۱۵ و ۳۴).

کاهش تخلخل و فشرده‌شدن خاک نیز فاکتور مهم دیگر در کیفیت خاک است (۲۵ و ۸). رس قابل انتشار نیز از ویژگی‌های مهم کیفی خاک است که به‌عنوان شاخصی برای پایداری ساختمان خاک و فرسایش‌پذیری است (۱۵). مقدار رطوبت اشباع از شاخص‌های دیگر کیفی اراضی است (۲۷). شاخص کیفی مهم دیگر ظرفیت مزرعه‌ای نسبی (RFC) است که بدون بعد بوده و توانایی خاک برای ذخیره آب و هوا نسبت به حجم کل منافذ خاک را نشان می‌دهد (۲۸).

در اثر تغییر کاربری از جنگل به زراعت در شمال خوزستان، ماده آلی خاک به‌ترتیب از ۱/۱۹ به ۰/۶۷ درصد، پایداری خاکدانه‌ها از ۲/۲۲ به ۲/۰۸ درصد و رس قابل انتشار خاک از ۲/۴ به ۲۲/۸۷ درصد تغییر یافت که نشان از کاهش شدید کیفیت خاک در اثر جنگل‌تراشی داشت. در اثر کاهش ماده آلی، جرم مخصوص ظاهری نیز افزایش یافت (۲۱). برخورد مستقیم نور خورشید و گرمای بیشتر خاک به ویژه در فصول گرم، سبب تسریع در تصعید نیتروژن خاک شده و با وجود افزودن کودهای نیتروژنی به اراضی زراعی، مقدار نیتروژن در خاک‌های زراعی کمتر بود. تحلیل داده‌ها به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که حذف جنگل، عامل اصلی تغییر ویژگی‌های خاک و کاهش شدید کیفیت اراضی بود (۲۱).

همچنین، مطالعات دیگر نشان داد که ضریب فعالیت متابولیکی، میزان کربن آلی کل، تنفس پایه میکروبی و نسبت میکروبی در کاربری کشاورزی نسبت به مرتع طبیعی تفاوت معنی‌داری نداشت ولی مقدار ذخیره کربن آلی خاک در کاربری کشاورزی در لایه‌های ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری با مقادیر ۱۹/۵، ۸/۳ تن بر هکتار نسبت به مرتع طبیعی (۲۹/۷، ۱۵/۹ تن بر هکتار) به ترتیب ۳۴ و ۴۷ درصد کاهش یافت (۱۷). مقدار کربن آلی کل در کاربری کشاورزی در لایه‌های

سطحی و زیرسطحی خاک (۸/۴۷ و ۵/۲۸ گرم برکیلوگرم خاک) نسبت به مرتع طبیعی (۱۲/۳، ۶/۵ گرم برکیلوگرم خاک) ۳۶ و ۱۹ درصد کاهش داشت. همچنین، تنفس پایه میکروبی در لایه‌های ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتیمتری خاک در کاربری کشاورزی نسبت به مرتع طبیعی به میزان ۶۰ و ۷۱ درصد کاهش، نسبت میکروبی به میزان ۳۷ و ۶۵ درصد کاهش و ضریب فعالیت متابولیکی به میزان ۴-۳ برابر افزایش نشان دادند (۱۷).

همچنین با تغییر کاربری اراضی از جنگل بکر به شالیزار، چگالی ظاهری (۱۵ درصد) و رس قابل انتشار (۳۳ درصد) افزایش، و میانگین وزنی قطر خاکدانه (۷۶ درصد)، محتوای کربن آلی (۵۷ درصد)، نیتروژن کل (۵۳ درصد) و ظرفیت تبادل کاتیونی (۳۱ درصد) کاهش یافت. شاخص حساسیت (SI) نشان داد که در بین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی به‌ترتیب میانگین وزنی قطر خاکدانه و کربن آلی در مقایسه با سایر پارامترها به تغییر کاربری اراضی حساس‌تر بودند (۳۱). تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) در این مطالعه نشان داد که چهار عامل تقریباً بیش از ۹۰ درصد واریانس را در مقادیر میانگین وزنی قطر خاکدانه، کربن آلی، چگالی، درصد رطوبت در ظرفیت مزرعه، کربوهیدرات‌های قابل عصاره‌گیری با اسید و کربوهیدرات‌های قابل عصاره‌گیری با آب داغ توجیه نمودند. این پارامترها بیشترین برآورد اشتراکی‌بودن را نشان داده و میزان رس کمترین اهمیت نسبی در بین تخمین مقادیر اشتراک را نشان داد (۳۱).

در خوزستان دو نوع تغییر کاربری متداول است: الف: اصلاح اراضی شور و سدیمی ب: تغییر کاربری جنگل به کشاورزی. مقایسه تغییرات فاکتورهای کیفی اراضی در این دو نوع کاربری، اطلاعات قابل توجهی از تغییر کاربری اراضی را در اختیار قرار می دهد. بنابراین، این پژوهش به هدف مقایسه تغییرات فاکتورهای کیفی اراضی در اثر تغییر کاربری در دو زیست‌بوم مختلف از یک منطقه خشک و نیمه‌خشک در استان خوزستان انجام شد.

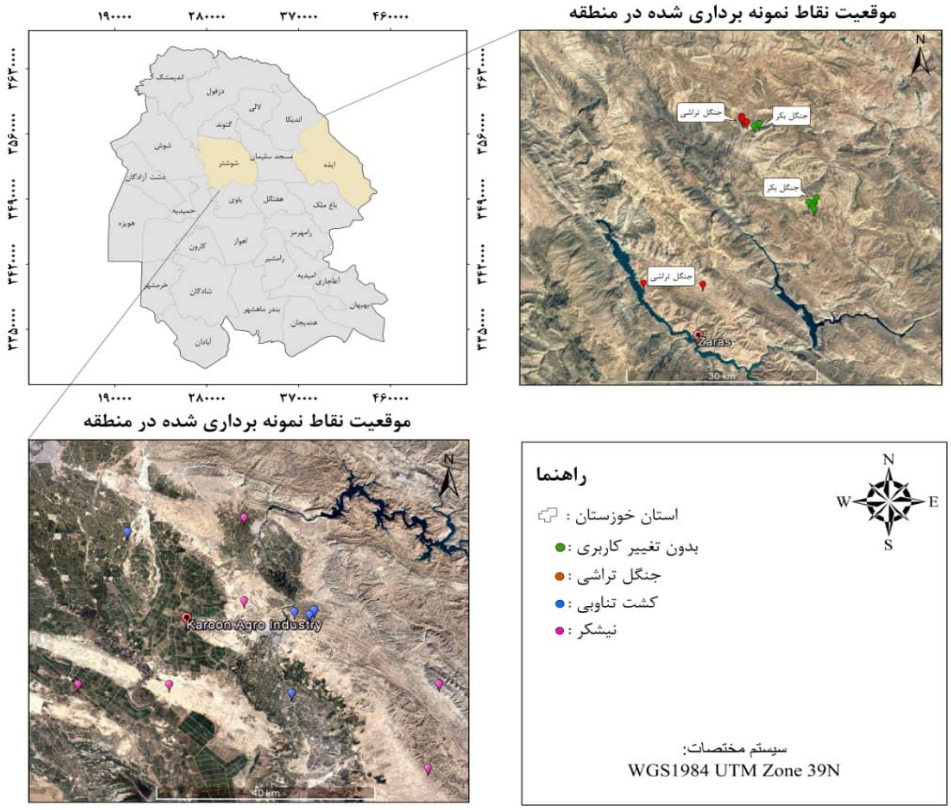
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش از خاک‌های دو منطقه از استان خوزستان استفاده شد: منطقه اول کشت و صنعت کارون (دیمچه)، از توابع شهرستان شوشتر دارای ارتفاع ۸۲-۳۲ متر از سطح دریا با سابقه ۵۰ سال کشت نیشکر با شرایط شور و سدیمی قبل از کشت و کار، که با احداث شبکه آبیاری و زهکشی و اصلاح اراضی کشت شدند. در مجاور این اراضی، بخشی از اراضی وجود داشت که کشت و کار در آن به صورت تناوبی بود. در این منطقه، اثرات دو نوع سیستم کشت تناوبی و تک کشتی نیشکر بر کیفیت خاک با یکدیگر مقایسه شد. منطقه دوم، منطقه زراس از توابع شهرستان ایذه در شمال شرقی استان خوزستان است که از قدیم پوشیده از جنگل برگ‌ریز بلوط بوده ولی با جنگل‌تراشی به اراضی زراعی دیم تغییر کاربری داده شد. این منطقه در ۲۵۰ کیلومتری شمال شرقی شهر اهواز، ۶۹ کیلومتری شمال شرقی شهرستان ایذه واقع است که دارای ارتفاع ۱۳۴۰-۱۱۰۰ متر از سطح دریا است (شکل ۱).

نمونه برداری از خاک

موقعیت نمونه‌ها به صورت تصادفی انتخاب و به وسیله دستگاه GPS ثبت شد. نمونه‌های دست‌خورده و دست‌نخورده از سطح (۱۰-۰ سانتی‌متر) و زیرسطحی (۲۰-۱۰ سانتی‌متری) برداشته شد به‌طوری که تعداد نمونه‌ها در هر کاربری با توجه به وسعت آن کافی باشد. در مجموع روی نقشه هفت نمونه در کاربری جنگل‌تراشی و جنگل بکر و در هر یک از سیستم‌های کشت تناوبی و کشت نیشکر نیز شش نمونه برداشته شد. نمونه‌ها از موقعیت‌هایی برداشته شد که از لحاظ ویژگی‌های غیرخاکی چون شیب و عناصر آن کاملاً دارای شرایط مشابه بوده و تنها تفاوت آنها ناشی از تغییر کاربری باشد. در مجموع ۵۲ نمونه خاک از



شکل ۱. موقعیت نقاط نمونه‌برداری در مناطق زراس (کاربری جنگل و جنگل‌تراشی) و دیمچه (سیستم‌های کشت تناوبی و نیشکر) (رنگی در نسخه الکترونیکی)

مناطق ذکر شده جمع آوری شد.

آماده‌سازی و تجزیه نمونه‌های خاک

نمونه‌ها ابتدا هوا خشک شدند. بخشی از آن برای اندازه‌گیری پایداری ساختمان خاک، از الک ۴ میلی‌متری و بخش دیگری برای سایر آزمایش‌ها از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. برای اندازه‌گیری مقدار کربن آلی خاک از روش اکسایش تر (۳۲)، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک با روش جایگزینی کاتیون‌ها با سدیم (۹)، نیتروژن کل با روش کجلدال (۱۳)، جرم مخصوص ظاهری خاک به روش کلوخه و پارافین (۷) و بافت خاک به روش هیدرومتر پس از حذف موادآلی با آب اکسیژنه و پراکنش رس تعیین شد (۱۴).

پایداری خاکدانه‌ها به روش الک تر به مدت ۱۵ دقیقه اندازه گیری شد. درنهایت پایداری خاکدانه‌ها برحسب میانگین وزنی قطر ذرات (Mean Weight Diameter) به صورت زیر محاسبه شد (۲۴):

$$MWD = \sum_{i=1}^{n} XiWi$$

Xi، میانگین قطر خاکدانه‌های روی الک، Wi، نسبت وزن خاکدانه‌ها روی الک به وزن کل خاک خشک و n، تعداد الک‌هاست.

همچنین، تخلخل تهویه ای، از تفاضل رطوبت اشباع و رطوبت در مکش ۱۰۰ سانتی‌متر با استفاده از دستگاه صفحات فشاری اندازه گیری شد (۲۸). برای تعیین رس قابل انتشار، ابتدا نسبت ۱:۱۰ از آب به خاک تهیه شد. سپس نمونه‌ها بهم زده شده و پس از یک ساعت، میزان رس قابل انتشار به وسیله هیدرومتر تعیین و به صورت نسبتی از کل رس خاک بیان شد (۲۹). ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی با استفاده از صفحه فشار و در مکش‌های ۰/۳۳ و ۱۵ اتمسفر تعیین و با استفاده از جرم مخصوص ظاهری خاک، به ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی

حجمی تبدیل شد (۲۲). میزان رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای نسبی، از حاصل تقسیم رطوبت ظرفیت مزرعه (مکش ۳۳ کیلو پاسکال) بر رطوبت اشباع و رطوبت قابل استفاده گیاه نیز از تفاضل رطوبت در مکش‌های ۳۳ و ۱۵۰۰ کیلو پاسکال محاسبه شد (۲۸). میزان تنفس میکروبی با سنجش میزان دی‌اکسید کربن متصاعد شده از سطح نمونه‌های خاک با استفاده از واکنش با سود صورت گرفت (۱۸).

تحلیل‌های آماری

مجموع ویژگی‌های اندازه‌گیری شده به‌عنوان مجموعه کل داده‌ها (TDS) و برای گزینش مجموعه‌ی MDS، از روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی PCA استفاده شد (۱۲) که با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تحلیل شد. این روش برای کاهش حجم داده‌ها بکار گرفته شد تا ویژگی‌هایی که بیشترین اثر را بر کیفیت خاک منطقه دارد، انتخاب شود (۲۳). مؤلفه‌های اصلی با ارزش ویژه بزرگتر از ۱ به‌عنوان MDS انتخاب شدند (۱۶). در ادامه سهم هر ویژگی (COM) به وسیله روش تجزیه عامل (FA) و در دو مجموعه‌ی TDS و MDS ارائه شد (۳۰). انجام تجزیه عامل (FA) و محاسبه مقدار سهم ویژگی‌ها نیز به وسیله‌ی نرم افزار آماری SAS انجام شد. سپس از فاکتورهای کیفی انتخابی خاک، برای تعیین میزان تغییرات کیفی هر منطقه استفاده و مقایسه تغییرات صورت گرفت. همچنین، بین دو منطقه نیز تغییرات مربوطه بطور جداگانه بررسی و نتایج برای هر منطقه با توجه به تغییر کاربری مقایسه شد.

نتایج و بحث

توصیف آماری داده‌ها

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۱، تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین شاخص‌های کیفی در دو کاربری منطقه زراس وجود دارد. بیشترین میانگین تخلخل تهویه‌ای در اراضی جنگلی (۳۱٪/۲) بود. این روند، رابطه مستقیمی با میزان ماده آلی در اراضی جنگلی (۱/۶۳٪) در مقایسه با جنگل‌تراشی (۰٪/۹۷) دارد. کاهش میزان ماده آلی در اثر جنگل‌تراشی منجر به کاهش ظرفیت تبادل کاتیونی، نسبت کربن به نیتروژن، تنفس میکروبی، میانگین قطر خاکدانه، ظرفیت زراعی، و آب قابل استفاده و افزایش جرم مخصوص ظاهری و رس قابل انتشار شده است.

نتایج توصیف آماری ویژگی‌های مورد مطالعه در منطقه دیمچه (سیستم‌های کشت تناوبی و نیشکر) نشان می‌دهد که در سیستم کشت تناوبی از بین شاخص‌های رطوبتی، میزان آب قابل استفاده دارای بیشترین ضریب تغییرات و میزان گنجایش زراعی نسبی و میزان رطوبت حجمی ظرفیت زراعی دارای کمترین ضریب تغییرات است (جدول ۲). در سیستم تک‌کشتی نیشکر از بین شاخص‌های رطوبتی خاک، میزان گنجایش زراعی نسبی دارای بیش‌ترین ضریب تغییرات و میزان رطوبت حجمی ظرفیت زراعی دارای کمترین ضریب تغییرات است.

مقادیر پارامترهای رطوبت حجمی زراعی، آب قابل استفاده، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، جرم مخصوص ظاهری، ماده آلی، نسبت کربن به نیتروژن و تنفس میکروبی بین دو سیستم کشت این منطقه تفاوت چشمگیری دارد.

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۳، تفاوت چشمگیری بین برخی از شاخص‌های کیفی اندازه‌گیری‌شده در دو منطقه مورد مطالعه وجود دارد. در منطقه زراس تخلخل تهویه ای، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، ظرفیت تبادل کاتیونی و تنفس میکروبی به میزان قابل ملاحظه‌ای بیشتر از دیمچه است که به تفاوت در دو اکوسیستم طبیعی (زراس) و کشاورزی (دیمچه) مربوط می شود.

تحلیل آماری ویژگی‌های مورد مطالعه متأثر از تغییر کاربری

نتایج تحلیل آماری اثر نوع کاربری بر شاخص‌های کیفی اراضی در منطقه زراس نشان می‌دهد که جرم مخصوص ظاهری در کاربری جنگل در مقایسه با میزان آن در کاربری دیگر به مراتب کمتر شده است که به ماده آلی بیشتر و نبود اثرات سوء ناشی از تردد ماشین‌آلات در اراضی جنگلی مربوط می شود (جدول ۴).

جدول ۱. توصیف آماری خصوصیات کیفی مورد مطالعه در منطقه زراس (کاربری جنگل و جنگل‌تراشی*)

متغیر	کاربری*	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات
رطوبت پژمردگی دائم	۱	۱۰/۴	۲۶/۴	۱۹/۹	۴/۴۰	۲۲/۱
PWP(٪)	۲	۶۴/۸	۲۶/۴	۱۹/۹	۳/۸۹	۱۹/۷
رطوبت زراعی	۱	۲۴/۷	۳۹/۲	۲۹/۹	۵/۳۵	۱۷/۹
FC(٪)	۲	۴۸/۲	۳۹/۲	۲۹/۹	۴/۴۰	۱۵/۱
گنجایش زراعی نسبی	۱	۰/۴۳	۰/۵۳	۰/۴۷	۰/۰۳	۶/۹۱
RFC(٪)	۲	۰/۳۱	۰/۸۸	۰/۴۹	۰/۱۰	۲۰/۳
تخلخل تهویه‌ای	۱	۲۲/۵	۳۹/۲	۳۱/۲	۵/۶۰	۱۷/۹
AF(٪)	۲	۵/۷	۴۰/۰	۲۸/۶	۸/۹۱	۳۱/۱
آب قابل استفاده	۱	۱/۷	۲۰/۳	۸/۹	۴/۱۶	۴۷/۰
AW(٪)	۲	۱/۷	۲۰/۳	۸/۹	۳/۳۵	۳۷/۴
رس قابل انتشار	۱	۳/۰	۸/۴۹	۴/۷	۲/۱۰	۴۵/۲
DC(٪)	۲	۱۱/۰	۷۹/۰	۳۲/۰	۲۲/۹	۲۶/۷
میانگین وزنی قطر خاکدانه	۱	۰/۹۹	۲/۷	۱/۷۰	۰/۴۸	۲۸/۱
MWD(Mm)	۲	۰/۶۶	۳/۶	۱/۳	۰/۷۶	۵۹/۷
جرم‌مخصوص ظاهری	۱	۱/۰۲	۱/۷	۱/۳۱	۰/۱۹	۱۵/۰
$\rho b(g/cm^3)$	۲	۱/۴۱	۱/۷	۱/۵۴	۰/۰۶	۰/۰۶
ظرفیت تبادل کاتیونی	۱	۵/۹	۲۸/۹	۱۹/۶	۸/۴۹	۴۳/۴
CEC(cmol/kg)	۲	۲۵/۹	۳۰/۰	۱۳/۳	۵/۶۳	۴۲/۳
ماده آلی	۱	۰/۵۰	۲/۷۱	۱/۶۳	۰/۷۲	۴۴/۳
OM(٪)	۲	۰/۵۰	۱/۷۰	۰/۹۷	۰/۳۱	۳۲/۴
نسبت کربن به نیتروژن	۱	۱/۱۷	۱۵/۵	۷/۴	۳/۴	۵۷/۵
C/N(٪)	۲	۰/۰۰	۱۴/۸	۳/۸۸	۳/۳	۸۶/۰
تنفس میکروبی	۱	۰/۰۹	۰/۱۶	۰/۱۲	۰/۰۳	۲۶/۳
$(MB(mg(CO_2)/g\ soil/day))$	۲	۰/۰۰	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۰۴	۶۳/۵

* کد ۱ جنگل و ۲ جنگل تراشی

جدول ۲. توصیف آماری خصوصیات کیفی مورد مطالعه در منطقه دیمچه (سیستم‌های کشت تناوبی و نیشکر*)

متغیر	کاربری	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات
رطوبت پژمردگی دائم PWP(٪)	۳	۱۳/۱	۲۲/۱۵	۱۸/۳	۳/۶۵	۱۶/۷
	۴	۱۳/۷	۲۲/۳۹	۱۷/۳	۲/۸۸	۱۶/۱
رطوبت زراعی FC(٪)	۳	۲۸/۰	۳۶/۵۹	۳۱/۳	۳/۲۸	۱۰/۵
	۴	۲۴/۱	۳۲/۶۱	۲۷/۳	۲/۹۵	۱۰/۸
گنجایش زراعی نسبی RFC (٪)	۳	۰/۵۲	۰/۶۹	۰/۶۰	۰/۰۴۴	۷/۳
	۴	۰/۴۲	۰/۷۹	۰/۵۹	۰/۱۰	۱۷/۵
تخلخل تهویه‌ای AF (٪)	۳	۱۱/۳	۲۰/۰۶	۱۶/۶	۲/۹۳	۱۷/۶
	۴	۷/۴	۲۹/۲۰	۱۷/۰	۵/۷۴	۳۳/۷
آب قابل استفاده AW(٪)	۳	۸/۶	۲۰/۷۲	۱۲/۹	۳/۹۳	۳۰/۶
	۴	۷/۸	۱۲/۱۰	۹/۸	۱/۵۳	۱۵/۶
رس قابل انتشار DC (٪)	۳	۲۷/۸	۷۲/۰۰	۵۶/۹	۱۸/۱	۳۱/۹
	۴	۸/۰	۱۵/۵۸	۱۲/۳	۳/۲۱	۲۶/۰
میانگین وزنی قطر خاکدانه MWD (mm)	۳	۰/۲۲	۲/۱۷	۰/۷۷	۰/۶۷	۸۷/۲
	۴	۰/۳۹	۳/۶۸	۱/۳۰	۰/۹۵	۷۳/۳
جرم مخصوص ظاهری ρb (g/cm^3)	۳	۱/۵۶	۱/۷۰	۱/۶۴	۰/۰۵	۳/۰۸
	۴	۱/۲۳	۱/۵۱	۱/۴۳	۰/۰۵	۳/۹۸
ظرفیت تبادل کاتیونی CEC (cmol/kg)	۳	۴/۵	۵/۳۰	۴/۸۶	۰/۲۵	۵/۱۴
	۴	۴/۰۴	۵/۲۳	۴/۷۴	۰/۳۹	۸/۳۱
ماده آلی OM(٪)	۳	۰/۲۰	۱/۸۴	۰/۹۲	۰/۶۱	۶۶/۱
	۴	۰/۲۰	۲/۷	۱/۳۲	۰/۸۱	۶۱/۷
نسبت کربن به نیتروژن C/N (٪)	۳	۰/۰۰	۱۶/۵	۶/۳۴	۵/۳۰	۸۳/۶
	۴	۰/۰۰	۲۷/۵	۱۰/۰	۷/۹	۷۹/۸
تنفس میکروبی MB ($mg(CO_2)/g$ soil/day)	۳	۰/۰۰	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۱۶	۸۸/۹
	۴	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۱۵	۳۵/۹

* کد ۳ کشت تناوبی و کد ۴ نیشکر.

جدول ۳. توصیف آماری خصوصیات کیفی مورد مطالعه در دو منطقه (منطقه زراس و دیمچه*)

متغیر	منطقه*	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات
رطوبت پژمردگی دائم PWP(٪)	۱	۸/۶۴	۲۶/۴	۱۹/۷	۳/۸۹	۱۹/۷
	۲	۱۳/۱۰	۲۲/۴	۱۷/۸	۲/۹۵	۱۶/۶
رطوبت زراعی FC(٪)	۱	۱۸/۴۰	۳۳/۳	۲۹/۳	۴/۴۰	۱۵/۱
	۲	۲۴/۱۰	۳۶/۶	۲۹/۲	۳/۶۸	۱۲/۶
گنجایش زراعی نسبی RFC(٪)	۱	۰/۳۱	۰/۸۸	۰/۴۹	۰/۱	۲۰/۳
	۲	۰/۴۲	۰/۷۷	۰/۵۹	۰/۰۷	۱۳
تخلخل تهویه‌ای AF(٪)	۱	۵/۶۵	۴۰	۲۸/۶	۸/۹۱	۳۱/۱
	۲	۷/۴۰	۲۹/۲	۱۶/۸	۴/۴۶	۲۶/۵
آب قابل استفاده AW(٪)	۱	۱/۶۵	۲۰/۳	۸/۹۶	۳/۳۵	۳۷/۴
	۲	۷/۷۸	۲۰/۷	۱۱/۴	۳/۳۴	۲۹/۳
رس قابل انتشار DC(٪)	۱	۳/۰۰	۳۲/۵	۲۹/۵	۷/۸۹	۲۶/۷
	۲	۸/۰۲	۷۲/۰	۲۷/۲	۲۳/۹	۸۷/۹
میانگین وزنی قطر خاکدانه (Mm)	۱	۰/۱۶	۳/۶۳	۱/۴۷	۰/۶۷	۴۵/۴
	۲	۰/۲۲	۳/۶۸	۱/۰۴	۰/۸۵	۸۲/۲
جرم مخصوص ظاهری $\rho b(g/cm^3)$	۱	۱/۰۲	۱/۷۲	۱/۴۳	۰/۱۸	۱۲/۸
	۲	۱/۳۳	۱/۷	۱/۵۳	۰/۱۲	۷/۹۲
ظرفیت تبادل کاتیونی (cmol/kg)	۱	۵/۲۵	۳۰/۰	۱۶/۲	۷/۶۷	۴۷/۲
	۲	۴/ ۰۴	۵/۳	۴/۸۰	۰/۳۲	۶/۸۲
ماده آلی OM(٪)	۱	۰/۵۰	۲/۷	۱/۲۸	۰/۱۳	۱۰/۴
	۲	۰/۲۰	۲/۷۹	۱/۱۲	۰/۷۳	۶۵/۴
نسبت کربن به نیتروژن C/N(%)	۱	۰/۰۰	۱۵/۵	۵/۵۳	۴/۱۴	۷۴/۹
	۲	۰/۰	۲۷/۵	۸/۱۸	۶/۸۹	۸۴/۲۲
تنفس میکروبی $(mg(CO_2)/g\ soil/day)$	۱	۰/۰	۰/۱۶	۰/۰۸	۰/۰۴	۵۱/۱
	۲	۰/۰	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۲	۶۸/۱

*کد ۱ زراس و ۲ دیمچه

جدول ۴. تحلیل آماری اثر نوع کاربری بر شاخص‌های کیفی اراضی در منطقه زراس و دیمچه

منابع تغییر		رطوبت پژمردگی	رطوبت	گنجایش زراعی	تخلخل	آب قابل استفاده	ظرفیت تبادل	ماده آلی	نسبت کربن به نیتروژن	تنفس میکروبی	میانگین وزنی قطر خاکدانه	رس قابل انتشار	جرم مخصوص ظاهری
		دائم PWP	ظرفیت زراعی FC	نسبی RFC	تهویه‌ای AF	AW	کاتیونی CEC	OM	C/N	MB	MWD	DC	ρ_b
زراس	نوع کاربری	۱/۷۹^{ns}	۶/۱۳^{ns}	۹/۵۵^{ns}	۵/۹۴^{ns}	۱/۱۷^{ns}	۷/۴۲**	۱۵/۷**	۱/۵۲**	۰/۷۸**	۰/۲۴**	۴/۵۷**	۶/۵۸**
	خطا	۱/۴۲	۱/۶۲	۰/۰۳	۳/۱۸	۱/۲۴	۲/۶	۰/۱۹	۱/۳۹	۰/۰۱	۰/۲۴	۱/۶۸	۰/۰۵۲
	اثر متقابل عمق و کاربری (سطحی)	۰/۳۲^{ns}	۱/۴۴^{ns}	۱/۷۲^{ns}	۱/۶۸^{ns}	۰/۳۹^{ns}	۲/۶۱**	۱۴/۴**	۰/۰۴**	۰/۰۴**	۰/۵۵**	۰/۳۱**	۳/۵۷**
	خطا	۲/۳	۲/۴۶	۰/۰۴	۴/۴۷	۰/۹۴	۳/۰۱	۰/۲۹	۲/۱۲	۰/۰۲	۰/۴۳	۱/۵	۰/۰۶
	اثر متقابل عمق و کاربری (زیرسطحی)	۲/۰۸^{ns}	۴/۷۸^{ns}	۶/۹۶**	۷/۷۸**	۱/۱۸^{ns}	۴/۷۸^{ns}	۰/۲۷**	۵/۷۳**	۱/۸۱**	۰/۰۰۱**	۴/۷۴**	۱۱/۱**
	خطا	۱/۹	۲/۲۷	۰/۰۶۱	۴/۳۱	۲/۳۹	۴/۴۵	۰/۲۴	۱/۸۴	۰/۰۱	۰/۲۲	۲/۹۸	۰/۰۶۹
دیمچه	سیستم کشت	۰/۰^{ns}	۰/۵۴**	۴/۷۶^{ns}	۳/۳۲^{ns}	۱۳/۰۴**	۲/۱۹^{ns}	۱/۲۶**	۱/۹۱**	۰/۰۵**	۱/۵۶**	۲/۶۹**	۰/۱۱**
	خطا	۱/۲۱	۱/۲۷	۰/۳۲	۱/۸۶	۱/۲۲	۰/۱۳	۰/۲۹	۲/۷۷	۰/۰	۰/۳۳	۵/۲۴	۰/۰۲
	اثر متقابل عمق و سیستم کشت (سطحی)	۰/۹۴^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۴/۹۴^{ns}	۲/۶۱^{ns}	۴/۳۹**	۱/۸۷^{ns}	۰/۷۹^{ns}	۱/۶۵^{ns}	۲/۷۷**	۲۴/۵**	۰/۰^{ns}	۰/۵۶**
	خطا	۱/۸۲	۱/۸۸	۰/۰۴	۲/۴	۱/۹۹	۱/۱۶	۰/۳۷	۴/۴۳	۰/۰۱	۹/۴۸	۰/۶۱	
	اثر متقابل عمق و سیستم کشت (زیرسطحی)	۰/۳۸**	۳/۱**	۰/۰**	۰/۳۳^{ns}	۶/.۹^{ns}	۶/۲۸^{ns}	۰/۲۹ ^{ns}	۰/۵۵^{ns}	۱/۹۵**	۶/۳۳**	۵۰/۶**	۴/۴۳**
	خطا	۰/۰۱	۱/۳	۰/۰۳۵	۲/۶۲	۱/۵	۰/۲	۰/۴۴	۳/۷۲	۰/۰۱	۵/۹	۰/۳۲	۰/۰۲

(معانی ^{ns}، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد)

در هر کاربری نیز با افزایش عمق، جرم مخصوص ظاهری افزایش پیدا کرده است. در سطح خاک به دلیل وجود ماده آلی بیشتر، جرم مخصوص ظاهری خاک کمتر و با افزایش عمق و کاهش ماده آلی، میزان آن افزایش یافته است.

پژوهشگران (۶) نشان دادند که با تغییر کاربری از جنگل به زراعت در منطقه گرگان به علت کاهش معنی‌دار کربن آلی خاک، جرم مخصوص ظاهری از ۱/۱۵ به ۱/۵۲ به‌طور معنی‌دار افزایش یافت.

با تغییر کاربری، MWD از ۱/۷ در جنگل به ۱/۳ میلی‌متر در جنگل‌تراشی‌شده کاهش معنی‌داری نشان داد. اثر متقابل عمق و کاربری بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها نشان داد که در هر دو عمق، این ویژگی در کاربری جنگل به‌طور معنی‌داری بیشتر از جنگل تراشی بود ولی با افزایش عمق، میزان آن در دو کاربری کاهش یافت. خاک جنگلی به علت داشتن کربن آلی، دارای MWD بالا است. به عبارت دیگر کربن آلی از عوامل اصلی خاکدانه‌سازی بوده و با افزایش میزان آن در خاک، خاکدانه‌های درشت و پایدار تشکیل می‌شود. تغییر کاربری اراضی بر رس قابل انتشار و در دو عمق مورد مطالعه معنی‌دار بود. در خاک سطحی، رس قابل انتشار از ۴/۹ در جنگل به ۱۷/۵ درصد در جنگل‌تراشی افزایش یافت. در لایه زیرسطحی، میزان آن از ۴/۴ درصد در کاربری جنگل به ۲۱/۲ درصد در کاربری جنگل‌تراشی افزایش یافت. این نتایج نشان می دهد که اثرات جنگل و افزایش ماده آلی بر کیفیت خاک تا لایه زیرسطحی نیز قابل ملاحظه بوده و برای هر دو لایه روند مشابهی را می‌توان دید. عوامل مختلفی بر انتشار رس در خاک تأثیر می‌گذارند که از مؤثرترین آنها می‌توان به میزان رس کل خاک، میزان ماده آلی و پایداری خاکدانه‌ها و همچنین کاربری اراضی اشاره کرد (۱۵). هرچه میزان ماده آلی بیشتر باشد چسبندگی و هماوری ذرات رس بیشتر و پایداری خاکدانه‌ها نیز بیشتر است. به همین دلیل درصد رس قابل انتشار در کاربری جنگل به دلیل بالابودن ماده آلی و پایداری خاکدانه‌ها نسبت به کاربری دیگر کمتر است.

تخلخل تهویه‌ای در عمق زیرسطحی در کاربری جنگل نسبت به کاربری جنگل‌تراشی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در کاربری جنگل با افزایش عمق میزان تخلخل تهویه‌ای افزایش یافته و بر عکس در جنگل‌تراشی با افزایش عمق، میزان تخلخل تهویه‌ای کاهش یافته است. کاهش میزان تخلخل تهویه ای می‌تواند به علت کاهش تخلخل کل در جنگل‌تراشی نسبت به جنگل به دلیل افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک باشد. در اراضی زراعی، با شخم‌های زیاد و متوالی در روزهای بارانی، درصد حجم کل منافذ خاک کاهش یافته و در نتیجه تخلخل خاک کاهش می‌یابد که این امر باعث تخریب ساختمان خاک می‌شود. عواملی مانند افزایش مواد آلی، احیای پوشش گیاهی باعث افزایش منافذ درشت خاک شده و تخلخل خاک نیز افزایش می‌یابد.

ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌ها بیشتر تابع نوع و مقدار رس و مواد آلی است (۱۵). تفاوت معنی‌داری بین میانگین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک جنگلی و جنگل‌تراشی وجود دارد. کاهش مواد آلی خاک به دلیل اجرای عملیات زراعی موجب کاهش قابل توجه مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی در کاربری جنگل‌تراشی شده است. در عمق سطحی میزان ظرفیت تبادل کاتیونی از ۱۹/۹۶ سانتی‌مول بر کیلوگرم در کاربری جنگل به ۱۲/۵۷ سانتی مول بر کیلوگرم و در لایه زیرسطحی خاک با وجود تفاوت میانگین در دو کاربری در سطح مورد بررسی معنی‌دار نشد (۱۱).

اثر تغییر کاربری و اثر متقابل عمق و کاربری بر میزان کربن به نیتروژن معنی‌دار است. در هر دو عمق نسبت نیتروژن به کربن به‌طور معنی داری در کاربری جنگل نسبت به جنگل تراشی بیشتر بود. در هرکاربری با افزایش عمق، نسبت مقدار کربن به نیتروژن کاهش یافته است. در اراضی جنگل‌تراشی‌شده، مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی به ویژه کودهای نیتروژن‌دار که به‌طور معمول بدون استفاده از کودهای آلی به خاک افزوده می‌شوند، باعث برهم زدن تعادل خاک و نسبت کربن به نیتروژن می‌شود که دلایل تجزیه بیشتر ماده آلی توسط زیواچه‌ها را فراهم آورد (۱).

در هر دو عمق، تنفس میکروبی خاک جنگلی به‌طور معنی داری بیشتر از جنگل‌تراشی بود. در خاک سطحی، میزان تنفس میکروبی در کاربری جنگل از ۰/۱۳ به ۰/۰۵ میلی‌گرم دی - اکسید کربن بر گرم خاک در روز و در عمق زیرسطحی مقدار تنفس میکروبی در کاربری جنگل از ۰/۱۰ به ۰/۰۶۶ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن بر گرم خاک در روز کاهش یافت. ایوبی و همکاران (۴)، نیز کاهش این ویژگی خاک از ۰/۷۵ به ۰/۲۴ میلی گرم دی‌اکسید کربن بر گرم خاک در روز و اثر تغییر کاربری از جنگل به زراعی پس از ۴۰ سال کشت و کار را به دلیل کاهش معنی‌دار ماده آلی خاک نسبت دادند.

اثر تغییر کاربری اراضی و اثر متقابل عمق و کاربری در دو عمق مورد مطالعه بر سایر پارامترهای مورد مطالعه استفاده معنی دار نبود.

تغییرات خصوصیات کیفی اراضی منطقه دیمچه شوشتر

نتایج تحلیل آماری اثر نوع کاربری بر شاخص‌های کیفی اراضی در منطقه دیمچه در جدول ۴ نشان داده شده است. اثر سیستم کشت و اثر متقابل عمق و سیستم کشت بر رطوبت خاک، اثر سیستم کشت و اثر متقابل عمق و سیستم کشت در لایه زیرسطحی بر رطوبت حجمی ظرفیت زراعی معنی دار است. اثر تغییر سیستم کشت باعث افزایش معنی دار میزان رطوبت ظرفیت زراعی در زراعت تناوبی نسبت به زراعت نیشکر شد. اثر متقابل عمق و سیستم کشت در لایه زیرسطحی نیز باعث شده که میزان رطوبت ظرفیت زراعی در اراضی تحت کشت تناوبی از ۳۲/۲۳ درصد به ۲۹/۱۲ درصد در اراضی تحت کشت نیشکر رسیده است.

اثر سیستم کشت و اثر متقابل عمق و سیستم کشت در عمق سطحی بر میزان آب قابل استفاده معنی‌دار هستند. در هر سیستم کشت با افزایش عمق، میزان رطوبت ظرفیت زراعی و آب قابل استفاده کاهش یافت. اثر تغییر سیستم کشت و اثر متقابل عمق و سیستم کشت در عمق سطحی بر میزان گنجایش زراعی نسبی معنی دار نبود. مقایسه میانگین اثر متقابل عمق و سیستم کشت در زیرسطح، موجب افزایش معنی‌دار گنجایش زراعی شده است. اثر تغییر سیستم کشت بر رطوبت پژمردگی دائم معنی‌دار است. اثر متقابل عمق و سیستم کشت در لایه زیرسطحی بر میزان رطوبت پژمردگی دائم معنی‌دار بود. در هر دو کاربری میزان رطوبت‌های اندازه‌گیری شده در سطح بیشتر از زیرسطح است. میزان رطوبت نگه‌داری شده تابع اندازه خلل و فرج است. با افزایش میزان ماده آلی در خاک اگرچه میزان نگه‌داری رطوبت بالا می‌رود، اما به دلیل تراکم ناشی از تردد ماشین آلات، خلل و فرج ریز خاک بیشتر شده و در نتیجه ظرفیت نگه‌داری آب در خاک سطحی بیشتر می‌شود (۲۷).

اثر تغییر سیستم کشت و اثر متقابل عمق و سیستم کشت در هر دو عمق بر جرم مخصوص ظاهری معنی‌دار بود. در زراعت نیشکر به دلیل بالابودن ماده آلی کمتر بود. در هر کاربری با افزایش عمق خاک، میزان جرم مخصوص ظاهری نیز افزایش یافت. از دلایل احتمالی آن، تردد ماشین‌آلات سنگین کشاورزی و فشرده‌شدن خاک و کاهش بقایای گیاهی در اعماق خاک است.

اثر سیستم کشت و اثر متقابل عمق و سیستم کشت در هر دو عمق بر میزان میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها معنی‌دار بود. میانگین وزنی بیشتر قطر خاکدانه‌ها را می توان به مقدار بیشتر کربن آلی موجود در خاک نسبت داد که در زراعت نیشکر به دلیل عمق بیشتر نفوذ ریشه گیاه، این افزایش تا عمق بیشتری از سطح خاک رخ داده است (۱۹).

اثر سیستم کشت بر نسبت کربن به نیتروژن معنی‌دار بود. این نسبت از ۶/۳ درصد در کاربری تناوبی به ۱۰/۰ درصد در کاربری نیشکر افزایش یافت (جدول۲). افزایش میزان بیشتری از بقایای گیاهی در سیستم کشت نیشکر از یک سو و همچنین نسبت بالای کربن به نیتروژن در بقایای گیاهی نیشکر، سبب افزایش میزان کربن اضافه‌شده به خاک شده و در نتیجه نسبت کربن با نیتروژن را افزایش داده است. بررسی پژوهشگران نشان داد که تولید ۱۰۰ تن در هکتار ساقه قابل آسیاب نیشکر، معادل ۸۰ تن در هکتار (۴۰ تن طوقه و ریشه و ۴۰ تن بقایای گیاهی) به خاک اضافه می‌نماید (۲۰).

اثر سیستم کشت و اثر متقابل عمق و سیستم کشت بر میزان تنفس میکروبی معنی‌دار بود. در هر دو عمق، میزان تنفس میکروبی در زراعت نیشکر به‌طور معنی‌داری بیشتر از کشت تناوبی بود که به میزان بیشتر مواد آلی در این زراعت مربوط می‌شد. عامل دیگر می‌تواند به تراکم بیشتر خاک‌های نیشکر مربوط شود که مانع از تهویه مناسب خاک و در نتیجه مانع از دسترسی ریزجانداران به اکسیژن می‌شود. به این ترتیب تجزیه کمتر بقایای گیاهی سبب باقی‌ماندن این مواد به شکل خام در خاک می‌شود که اغلب نسبت کربن به نیتروژن بالایی دارند (۱۹).

تغییرات خصوصیات کیفی اراضی دو منطقه (زراس و دیمچه)

با توجه به جداول ۳ و۵ و شکل‌های ۲ و ۳، اثر منطقه و اثر متقابل عمق و منطقه در لایه زیرسطحی بر میزان رطوبت پژمردگی باعث شد که میزان رطوبت پژمردگی دائم از ۱۹/۷ درصد در منطقه زراس به ۱۷/۸ درصد در منطقه دیمچه به‌طور معنی‌داری کاهش یابد. در هر دو منطقه، رطوبت پژمردگی دائم در سطح بیشتر از عمق بود. اثر منطقه و اثر متقابل عمق و منطقه در سطح بر میزان رطوبت گنجایش زراعی باعث کاهش این پارامتر در منطقه دیمچه نسبت به منطقه زراس شد.

در منطقه زراس با افزایش عمق، میزان ظرفیت زراعی نسبی افزایش یافت درحالی که در منطقه دیمچه نتیجه معکوس بود. اثر منطقه و اثر متقابل عمق و منطقه در عمق سطحی بر میزان آب قابل استفاده معنی‌دار بود. میزان آب قابل استفاده از ۸/۹۸ درصد در منطقه زراس به ۱۱/۴ درصد در منطقه دیمچه به صورت معنی‌دار افزایش یافت. لایه سطحی خاک میزان آب قابل استفاده از ۸/۸ درصد در کاربری زراعی به ۱۱/۹درصد در جنگل افزایش یافت. در منطقه زراس با افزایش عمق، میزان آب قابل استفاده نیز افزایش ولی در منطقه دیمچه با افزایش عمق میزان آب قابل استفاده کاهش یافت. در بخش‌های قبلی علل این رخدادها بیان شدند.

اثر منطقه و اثر متقابل عمق و منطقه بر میزان رس قابل انتشار در آب معنی‌دار بود. در مقایسه مناطق، مقدار رس قابل انتشار در آب از ۲۷/۲ درصد در منطقه دیمچه به ۱۲/۷ درصد در منطقه زراس کاهش یافت. همچنین، اثر متقابل عمق و منطقه در هر دو عمق موجب کاهش این پارامتر در منطقه زراس شد که دلیل این کاهش بالابودن کربن و ماده آلی نسبت به منطقه دیمچه است. در هر دو منطقه با افزایش عمق، میزان این پارامتر نیز افزایش یافت.

اثر منطقه و اثر متقابل عمق و منطقه در عمق سطحی بر میزان جرم مخصوص ظاهری معنی‌دار است. جرم مخصوص ظاهری از ۱/۴۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب در منطقه زراس به ۱/۵۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب در منطقه دیمچه افزایش یافت. در اثر متقابل عمق و منطقه در عمق سطحی، جرم مخصوص ظاهری از ۱/۳۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب در منطقه زراس به ۱/۵ گرم برسانتی‌متر مکعب در منطقه دیمچه افزایش یافت. دلیل این کاهش جرم مخصوص ظاهری در منطقه زراس به بالابودن ماده آلی خاک مربوط است. همچنین، در هر منطقه با افزایش عمق خاک، میزان جرم مخصوص ظاهری نیز افزایش یافته است چون در اعماق پایین‌تر ماده آلی کمتر است.

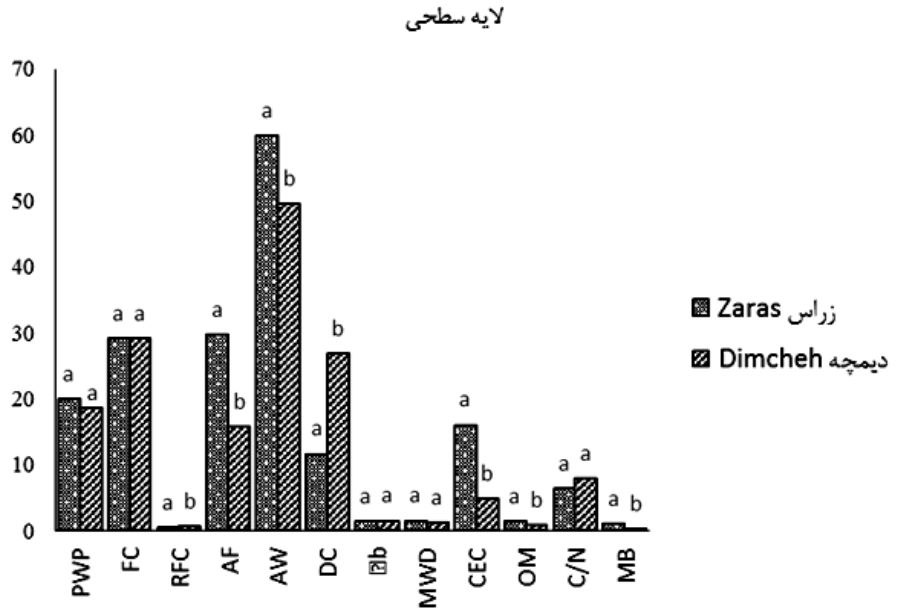
اثر منطقه و اثر متقابل عمق و منطقه بر میزان تخلخل تهویه‌ای معنی‌دار است. همچنین، تخلخل تهویه‌ای از ۲۸/۶ درصد در منطقه زراس به ۱۶/۸ درصد در کاربری دیمچه کاهش یافت. میزان تخلخل تهویه‌ای در هر دو عمق در منطقه زراس بیشتر از منطقه دیمچه بود. تخلخل کل خاک و تخلخل تهویه‌ای به‌عنوان بخشی از تخلخل کل، اثر متناقضی با جرم مخصوص ظاهری خاک دارند. کم‌بودن جرم مخصوص ظاهری در منطقه زراس یکی از علل افزایش تخلخل تهویه‌ای در این منطقه است. همچنین، در منطقه زراس با افزایش عمق، میزان تخلخل تهویه‌ای کاهش یافته است، درحالی که در منطقه دیمچه معکوس بود.

اثر منطقه و اثر متقابل عمق و منطقه در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری خاک بر میزان میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار است. میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها

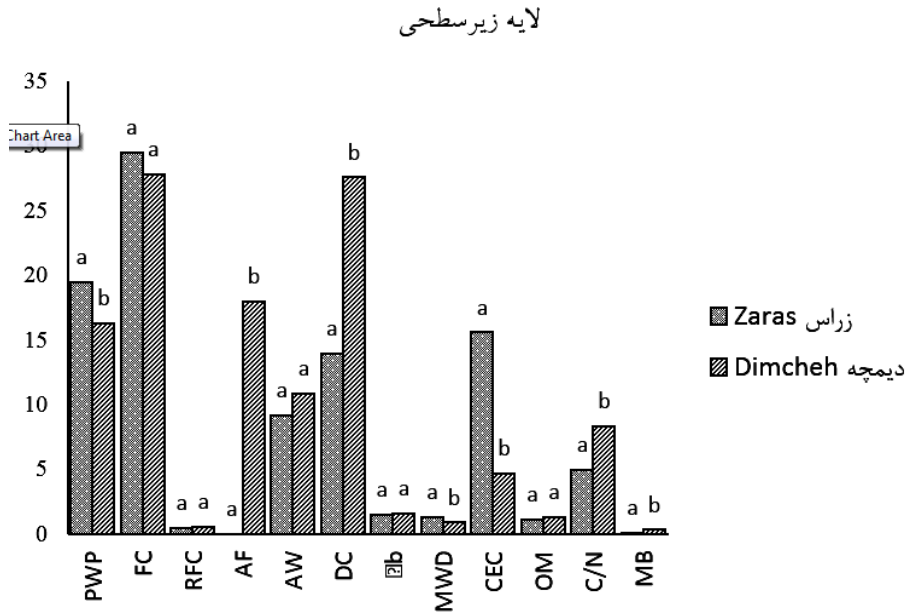
جدول ۵. تحلیل آماری اثر منطقه بر شاخص‌های کیفی اراضی (مناطق زراس و دیمچه)

منابع تغییر	واریانس											
	رطوبت پژمردگی دائم PWP	رطوبت ظرفیت زراعی FC	گنجایش زراعی نسبی RFC	تخلخل تهویه‌ای AF	آب قابل استفاده AW	ظرفیت تبادل کاتیونی CEC	ماده آلی OM	نسبت کربن به نیتروژن C/N	تنفس میکروبی MB	میانگین وزنی قطر خاکدانه MWD	رس قابل انتشار DC	جرم مخصوص ظاهری pb
منطقه	۰/۲۵**	۰/۰۷ns	۰/۴۳**	۱۰/۹۶**	۰/۰۶**	۶۰/۹ns	۱/۰۳ns	۴/۷۷**	۶/۴۴**	۳/۴۹**	۲/۰۷۳**	۴/۱۹**
خطا	۰/۹۷	۱/۱۴	۵/۰۲	۲/۰۳	۰/۹۳	۱/۵۳	۰/۱۸	۱/۵۳	۰/۰۱	۰/۲	۴/۰۸	۰/۰۴
اثر عمق و منطقه (سطحی)	۰/۳۲ns	۰/۱۲ns	۰/۰**	۱۱/۵**	۳/۸۲**	۳۴/۹**	۱/۰۲**	۱/۷۹ns	۴/۶۶**	۰/۵۲ns	۱/۸۴**	ns۲/۹۴
خطا	۱/۴۷	۱/۶۱	۰/۰۳	۲/۴۶	۳/۰۵	۱/۹۶	۰/۲۶	۲/۳۶	۰/۰۲	۰/۳۵	۶/۸۳	۰/۰۶
اثر عمق و منطقه (زیرسطحی)	۰/۲۱**	۰/۵۱ns	۱/۴۴ns	۴/۰۸**	۱/۶۳ns	۲۶/۳**	۴/۱۸ns	۳/۲۹**	۲/۶۵**	۶/۲۴**	۱/۸۳**	۰/۵۴ns
خطا	۱/۲۹	۱/۵۸	۰/۰۴	۳/۱۳	۱/۵	۲/۴۳	۰/۲۵	۲/۰۱	۰/۰۱	۰/۲	۷/۲۵	۰/۰۵

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد



شکل ۲. میانگین تغییر مقادیر فاکتورهای مورد بررسی در دو منطقه زراس و دیمچه (عمق سطحی)
میانگین‌های با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد هستند.



شکل ۳. میانگین تغییر مقادیر فاکتورهای مورد بررسی در دو منطقه زراس و دیمچه (لایه زیرسطحی)
میانگین‌های با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد هستند.

از ۱/۰۴ میلی‌متر در منطقه دیمچه به ۱/۴۳ میلی‌متر در منطقه زراس به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. میزان میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متر از ۱/۱۸ میلی‌متر در منطقه دیمچه به ۱/۵۱ میلی‌متر در منطقه زراس افزایش یافت. بالابودن ماده آلی و پایین‌تر بودن جرم مخصوص ظاهری در منطقه زراس باعث افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و پایداری ساختمان خاک شده است. در هر منطقه با افزایش عمق، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها کاهش یافت که با یافته‌های زانگ

و همکاران نیز مطابقت داشت (۳۴).

تجزیه عاملی ویژگی‌های کیفی در چهار کاربری (دو منطقه زراس و دیمچه)

نتایج تجزیه به عامل‌ها بر روی ویژگی اندازه‌گیری شده در منطقه زراس (جدول ۶) نشان می‌دهد که از بین ویژگی‌های مورد نظر، پنج عامل مهم از عوامل مورد استفاده بیشترین میزان واریانس را توجیه نموده و مقادیر ویژه بالاتر از یک داشتند. برای خصوصیات خاک این منطقه عامل‌های اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم مهم‌ترین عوامل در تبیین واریانس در مقایسه با عوامل باقی مانده بود. عامل اول ۲۶/۸، عامل دوم ۱۷/۲، عامل سوم ۱۲/۸، عامل چهارم ۱۲/۳ درصد و عامل پنجم ۱۰/۷ درصد و در مجموع ۷۳/۹ درصد کل واریانس را توجیه نمودند. عامل اول با بیشترین مقادیر مثبت (>۰/۵۶) برای پارامترهای ظرفیت تبادل کاتیونی، ماده آلی و نسبت کربن به نیتروژن و با مقادیر منفی برای تنفس میکروبی، رطوبت پژمردگی دائم، رطوبت ظرفیت زراعی، گنجایش زراعی نسبی، جرم مخصوص ظاهری و رس قابل انتشار در آب بود. عامل دوم با بیشترین مقادیر مثبت (>۰/۲۹) برای تخلخل تهویه‌ای و رس قابل انتشار در آب و مقادیر منفی برای رطوبت پژمردگی دائم، رطوبت ظرفیت زراعی، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، گنجایش زراعی نسبی و جرم مخصوص ظاهری بود. عامل سوم با بیشترین مقدار مثبت (>۰/۴۳) برای رطوبت پژمردگی دائم، رطوبت ظرفیت زراعی و تخلخل تهویه‌ای و مقادیر منفی برای ظرفیت تبادل کاتیونی، نیتروژن، نسبت کربن به نیتروژن، گنجایش زراعی نسبی، جرم مخصوص ظاهری و آب قابل استفاده میانگین بود. عامل چهارم با بیشترین مقدار مثبت برای آب قابل استفاده (۰/۸۳) و بیشترین مقدار منفی برای تنفس میکروبی (۰/۳۴-) بود. عامل پنجم با بیشترین مقدار مثبت برای نیتروژن (۰/۸۲) و بیشترین مقدار منفی برای نسبت کربن به نیتروژن (۰/۴۹-) بود.

پنج عامل بیش از ۹۰ درصد واریانس را در مقادیر رطوبت ظرفیت زراعی، رطوبت پژمردگی دائم، تخلخل تهویه‌ای و آب قابل استفاده، بیش از ۸۰ درصد واریانس را در مقدار گنجایش زراعی نسبی، بیش از ۷۰ درصد واریانس را در مقادیر نیتروژن، ماده آلی و جرم مخصوص ظاهری، بیش از ۶۰ درصد واریانس را در مقادیر ظرفیت تبادل کاتیونی، نسبت کربن به نیتروژن و رس قابل انتشار در آب و کمترین مقدار واریانس را در مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها توجیه نمود.

نتایج تجزیه به عامل‌ها روی ویژگی اندازه‌گیری شده در منطقه دیمچه نشان می‌دهد (جدول ۶) که از بین همه‌ی ویژگی‌های مورد نظر، پنج عامل مهم از عوامل مورد استفاده بیشترین میزان واریانس را توجیه نموده و مقادیر ویژه بالاتر از یک داشتند. برای خصوصیات خاک این منطقه عامل‌های اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم مهم‌ترین عوامل در تبیین واریانس در مقایسه با عوامل باقی‌مانده بود. عامل اول ۲۶/۷، عامل دوم ۲۲/۲، عامل سوم ۱۷/۳، عامل چهارم ۱۰/۸ درصد و عامل پنجم ۹/۳ درصد و در مجموع ۸۶/۲ درصد کل واریانس را توجیه نمودند. عامل اول با بیشترین مقادیر مثبت (>۰/۴۰۲) برای پارامترهای رطوبت پژمردگی دائم، رطوبت ظرفیت زراعی، گنجایش زراعی نسبی، نیتروژن و رس قابل انتشار در آب و مقادیر منفی برای تخلخل تهویه ای، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، ماده آلی و تنفس میکروبی بود. عامل دوم با بیشترین مقادیر مثبت (>۰/۴۸) برای ماده آلی، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و گنجایش زراعی نسبی و مقادیر منفی برای ظرفیت تبادل کاتیونی، نیتروژن، نسبت کربن به نیتروژن، چگالی ظاهری، تخلخل تهویه‌ای و آب قابل استفاده بود. عامل سوم با بیشترین مقدار مثبت (>۰/۳۸) برای ماده آلی و نسبت کربن به نیتروژن و مقادیر منفی برای ظرفیت تبادل کاتیونی، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، جرم مخصوص ظاهری، تخلخل تهویه‌ای و رس قابل انتشار بود. عامل چهارم با بیشترین مقدار مثبت برای ماده آلی (۰/۶۱) و بیشترین مقدار منفی برای میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (۰/۴۳-) بود. عامل پنجم با بیشترین مقدار مثبت برای آب قابل استفاده (۰/۸۵) و

جدول ۶. نتایج تجزیه عاملی ویژگی‌های خاک مورد مطالعه در منطقه زراس

خصوصیات خاک	فاکتور ۱	۲	۳	۴	۵	اشتراک
ظرفیت تبادل کاتیونی CEC	۰/۶۶	۰/۰۵	-۰/۰۴	-۰/۱۱	۰/۴۹	۰/۶۹
ماده آلی OM	۰/۶۷	-۰/۰۸	۰/۲۵	۰/۴۲	-۰/۳۲	۰/۷۹
نسبت کربن به نیتروژن C/N	۰/۶۳	۰/۰۳	-۰/۱۵	-۰/۰۵	-۰/۴۹	۰/۶۷
تنفس میکروبی MB	-۰/۰۴	۰/۲۹	۰/۴۳	-۰/۳۴	۰/۰۴	۰/۳۹
رطوبت پژمردگی دائم PWP	-۰/۱۲	-۰/۵۴	۰/۷۷	-۰/۱۷	۰/۰۱	۰/۹۳
رطوبت ظرفیت زراعی FC	-۰/۱۴	-۰/۳۹	۰/۵۷	۰/۶۶	۰/۱۸	۰/۹۶
میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها MWD	۰/۵۶	-۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۳۳
گنجایش زراعی نسبی RFC	-۰/۰۷	-۰/۸۹	-۰/۲۷	۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۸۹
چگالی ظاهری Pb	-۰/۸۴	-۰/۰۲	-۰/۰۰۴	۰/۱۶	-۰/۱۶	۰/۷۵
تخلخل تهویه ای AF	۰/۰۳	۰/۸۱	۰/۴۸	۰/۲۶	۰/۰۷	۰/۹۵
آب قابل استفاده AW	۰/۰۲	۰/۱۲	-۰/۳۸	۰/۸۴	۰/۲۳	۰/۹۲
رس قابل انتشار در آب DC	-۰/۵۹	۰/۴۸	۰/۱۴	۰/۰۷	-۰/۰۸	۰/۶۲
واریانس Variance	۲۰/۸	۱۷/۲	۱۲/۹	۱۲/۳	۱۰/۷	--
واریانس تجمعی Cumulative variance	۲۰/۸	۳۸/۰	۵۰/۸	۶۳/۲	۷۳/۹	--

بیش‌ترین مقدار منفی برای نسبت کربن به نیتروژن (۰/۲۵-) بود.

پنج عامل بیش از ۹۰ درصد واریانس را در مقادیر رطوبت ظرفیت زراعی، گنجایش زراعی نسبی، آب قابل استفاده، جرم مخصوص ظاهری، رس قابل انتشار در آب، تخلخل تهویه‌ای و ماده آلی بیش از ۸۰ درصد واریانس را در مقادیر ظرفیت تبادل کاتیونی، نسبت کربن به نیتروژن، تنفس میکروبی، رطوبت پژمردگی دائم و بیش از ۶۰ درصد واریانس را در مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها توجیه کرد.

ایوبی و همکاران (۴)، در ارزیابی اثرات تغییر کاربری اراضی بر شاخص‌های کیفیت خاک‌های لسی، نشان دادند که

سه عامل (میزان شن، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و نسبتC/N) تقریبا ۹۹ درصد واریانس را توجیه کرد و پ‌هاش دارای کمترین اهمیت نسبی در مقادیر اشتراک بود. همچنین، اصغری و همکاران (۳) در ارزیابی اثرات تغییر کاربری اراضی بر شاخص‌های کیفیت خاک نشان دادند که سه عامل بیش از ۹۵ درصد واریانس را در میزان شن، کربن آلی، نیتروژن کل، پتاسیم، رس و سیلت، ۷۳ درصد واریانس را در نفس میکروبی و تخلخل و ۶۰ درصد واریانس را در فسفر توجیه کرد.

تجزیه به عامل‌ها خصوصیات مورد مطالعه براساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) در دو منطقه دیمچه و زراس

تجزیه به عامل‌ها (PCA) برای ویژگی‌های منطقه زراس نشان می‌دهد که پنج عامل مهم بیشترین میزان واریانس را توجیه نموده و مقادیر ویژه بالاتر از یک داشتند. این پنج عامل بیش از ۹۰ درصد واریانس را در مقادیر رطوبت ظرفیت زراعی، رطوبت پژمردگی دائم، تخلخل تهویه‌ای و آب قابل استفاده، بیش از ۸۰ درصد واریانس را در مقدار گنجایش زراعی نسبی، بیش از ۷۰ درصد واریانس را در مقادیر نیتروژن، ماده آلی و جرم مخصوص ظاهری، بیش از ۶۰ درصد واریانس را در مقادیر ظرفیت تبادل کاتیونی، نسبت کربن به نیتروژن و رس قابل انتشار در آب و کمترین مقدار واریانس را در مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها توجیه کرد.

این درحالی است که در منطقه دیمچه مانند زراس از بین همه‌ی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده، پنج عامل بیش از ۹۰ درصد واریانس را در مقادیر رطوبت ظرفیت زراعی، گنجایش زراعی نسبی، آب قابل استفاده، جرم مخصوص ظاهری، رس قبل انتشار در آب و ماده آلی بیش از ۸۰ درصد واریانس را در مقادیر ظرفیت تبادل کاتیونی، نسبت کربن به نیتروژن، تنفس میکروبی، رطوبت پژمردگی دائم و بیش از ۶۰ درصد واریانس را در مقادیر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها توجیه کرد.

نتیجه‌گیری

بررسی اثرات کاربری اراضی بر شاخص‌های کیفیت خاک نشان داد که تغییر کاربری موجب کاهش شدید کیفیت خاک شده است. مهم‌ترین تأثیر، کاهش حدود ۵۰ درصدی مواد آلی اراضی کشاورزی (جنگل‌تراشی) نسبت به جنگل طبیعی بلوط است. میزان تنفس میکروبی خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی، میزان رس قابل انتشار و پایداری خاک دانه‌ها نیز در اراضی تحت کشت به دلیل کاهش میزان مواد آلی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج منطقه دیمچه نشان داد که اگرچه کشت نیشکر باعث افزایش میزان ماده آلی خاک شده ولی این افزایش باعث بهبود کیفی وضعیت خاک نشده که به استفاده از ادوات سنگین کشاورزی در زمان برداشت نیشکر مربوط است که باعث متراکم‌شدن خاک شده است. تخلخل تهویه‌ای اراضی نیشکری ۵۰ درصد میزان آن در اراضی جنگلی است. به عبارتی در زراعت نیشکر، میزان تخلخل تهویه‌ای هماهنگ با افزایش ماده آلی افزایش نیافته است که دلیل عدم بهبود خصوصیات خاک در این منطقه است. در اراضی با سیستم چندکشتی نسبت به اراضی با سیستم تک‌کشتی، میزان جرم مخصوص ظاهری، پایداری خاکدانه‌ها و رس قابل انتشار با افزایش معنی‌دار این شاخص‌ها مواجه بود، افزایش عمق باعث افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک و کاهش پایداری خاکدانه‌ها در هر دو سیستم کشت شد. نتایج تجزیه به عامل‌ها بر روی ویژگی‌های اندازه گیری شده در منطقه زراس نشان داد که پنج عامل مهم از عوامل مورد استفاده بیشترین میزان واریانس (۷۴ درصد واریانس کل) را توجیه نموده و مقادیر ویژه بالاتر از یک داشتند. نتایج تخمین اشتراکی خصوصیات مورد مطالعه نشان داد که مقادیر شاخص‌های رطوبت خاک، جرم مخصوص ظاهری، تخلخل تهویه‌ای و ماده آلی مناسب‌ترین شاخص‌های ارزیابی از بین خصوصیات اندازه‌گیری شده بود. نتایج تجزیه به عامل‌ها بر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در منطقه دیمچه نشان داد که پنج عامل مهم از عوامل مورد استفاده بیشترین میزان واریانس را توجیه نموده (۸۶ درصد واریانس کل) و مقادیر

ویژه بالاتر از یک داشتند. نتایج تخمین اشتراکی نشان داد که مقادیر شاخص‌های رطوبت خاک، جرم مخصوص ظاهری، تخلخل تهویه‌ای، رس قابل انتشار، مواد آلی و نسبت کربن به نیتروژن از بین خصوصیات مورد مطالعه مناسب‌ترین شاخص های ارزیابی مؤثر بر کیفیت خاک در پی مقایسه دو سیستم کشت در منطقه دیمچه بوده‌اند.

منابع مورد استفاده

1. Andrews, S. S., J. P. Mitchell, R. Mancinelli Karlen, K. L. Hartz, T. K. Horwath, W. R. Pettygrove, G. S. Scow and D. S. Munk. 2002. On-farm assessment of soil quality in California's central valley. *Agronomy* 94: 12-23.
2. Arshad, M. A. and S. Martin. 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. *Agriculture Ecosystem Environment* 88: 153-160.
3. Asghari, Sh., H. Sufian Zaeedeh, I. Goli Kalania and M. Mohebeddini. 2015. Effects of land use change on soil quality indices in east of Ardabil province. *Journal of Soil and Water Conservation Research* 22(3): 4-16.
4. Ayoubi, Sh., F. Khormali and K. L. S Sahrawat. 2011. Assessing impacts of land use change on soil quality indicators in a loessial soil in Golestan province, Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology* 13: 727-742.
5. Barrios, E., R. J. Delve, M. Bekunda Mowo, J. Agunda, J. Ramisch, M. T. Trejo and R. J. Thomas. 2006. Indicators of soil quality: A south-south development of a methodological guide for linking local and technical knowledge. *Geoderma* 135: 248-259.
6. Beheshti, A., F. Raiesi and A. Golchin. 2012. Soil properties, C fractions and their dynamicsin land use conversion from native forests to crop lands in northern Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 148: 121-133.
7. Black, G. R. and K. H. Hartge. 1986. Method of Soil Analysis. Madison, Wisconsin, USA.
8. Celik, I. 2005. Land-use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean highland of Turkey. *Soil and Tillage Research* 83: 270-277.
9. Chapman, H. D. 1965. Cation exchange capacity. PP: 891-901. *In:* C. A. Black (ed), Methods of Soil Analysis, American Society of Agronomy, Madison, WI.
10. Ditzler, C. A. and A. J. Tugel. 2002. Soil quality field tools of USDANRCS soil quality institute. *Agronomy* 94: 33-38.
11. Doran, J. W., M. Sarrantonio and M. A. Leibig 1996. Soil health and sustainability. *Advance Agronomy* 56: 1-56.
12. Doran, J. W. and B.T. Parkin. 1994. Defining and assessing soil quality. PP: 3-21. *In:* J. W. Doran, D.C. Coleman, D. F. Bezdicek and B. A. Stewart (Eds.), Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America, Inc., Madison, WI, USA.
13. Gallaher, R. N., C.O. Weldon and F.C. Boswell. 1976. A semi-automated procedure for nitrogen in plant and soil samples. *Soil Science Society of America Journal* 40: 887-889.
14. Gee, G. W. and J. W. Bauder. 1986. Particle size analysis. PP. 383-411. *In:* A. Klute. (Ed), Methods of Soil Analysis, Physical and Mineralogical Methods. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
15. Ghorbani, Z., S. Jafari and B. Khalili Moghaddam. 2014. The effect of physicochemical properties of soils under different land use on aggregate stability in some part of Khuzestan province. *Soil Management and Sustainable Production* 3(2): 29-51 (In Farsi).
16. Govaerts, B., K. D. Sayre and J. Deckers. 2006. A minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize cropping in the highlands of Mexico. *Soil Tillage Resources* 87: 163-174.
17. Heidari, P., S. Hojjati, N. Enayati Zamir and A. Raiyat Pishih. 2017. The effect of land use change on organic carbon storage and some biological properties of soil in a part of Rakat watershed in Khuzestan province. *Iranian Journal of Range and Desert Research* 24(1): 181-192 (In Farsi).
18. Isermeyer, H. 1952. Eine einfache methode zur bestimmangder bodenatmung und der carbonate imBoden. *Z P Flanzenernaehr Bodenkd* 56: 26-38.
19. Jafari, S. 2005. Study of mineralogical, constructional, physicochemical and potassium fixation in soils and clay minerals of lands under periodic, sugarcane and uncultivated cultivation of Khuzestan. Ph.D thesis, Department of Soil Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran.
20. Kay, B. D. 2000. Soil structure. PP. 229-264. *In:* E. M. Sumner. (Ed.). Handbook of Soil Science. CRC Press, Boca Raton London, New York, Washington, USA.
21. Khodadadie Khamseloie, Z. and S. Jafari. 2021. The Effect of deforestration on physicochemical characteristics of the soil in southern Zagross. *Iranian Journal of Soil and Water Research* 51: 2865-2876.
22. Klute, A. and C. DirKsen. 1986. Hydraulic conductivity and diffusivity: laboratory methods. PP. 687-734. *In:* A. Klute (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 1. ASA and SSSA, Madison, WI.

23. Li, Y. and M. J. Lindstorm. 2001. Evaluating soil quality–soil redistribution relationship on terraces and steep hillslope. *Soil Science Society of America Journal* 65: 1500-1508.
24. Marquez, C. O., V. J. Garcia, C. A. Cambardella, R. C. Schultz and T. M. Isenhart. 2004. Aggregate-size stability distribution and soil stability. *Soil Science Society of America Journal* 68: 725-735.
25. Naseri, A. A., S. Jafari and M. Alimohammdi. 2007. Soil compaction due to sugarcane harvesting and the effects of subsoiling on improvement of the soil physical conditions. *Journal of Applied Sciences* 7(23): 3639-3648.
26. Nazzareno, D. and C. Michele. 2004. Multivariate indicator kriging approach using a GIS to classify soil degradation for Mediterranean agricultural lands. *Ecological Indicator* 177-187.
27. Pachepsky, Y. A., D. J. Timlin and L. R. Ahuja. 1999. Estimating saturated soil hydraulic conductivity using water retention data and neural networks. *Soil Sciences* 164: 552-560.
28. Reynolds, W. D., C .F. Drury, C. S. Tan, C. A. Fox and X. M. Yang. 2009. Use of indicators and pore volume function characteristics to quantify soil physical quality. *Geoderma* 152: 252-263.
29. Rasmussen, P. E. and H. P. Collins. 1991. Long-term impacts of tillage, fertilizer, and crop residue on soil organic matter in temperate semi-arid regions. *Advanced Agronomy* 45: 93-134.
30. Shukla, M. K., R. Lal and M. Ebinger. 2004. Soil quality indicators for the North Appalachian experimental watersheds in Coshocton, Ohio. *Soil Science* 169: 195-205.
31. Varasteh Khanlari, Z., A. Golchin, P., Alamdari and S. A Mousavi and S .A. Cooper. 2020. Effects of converting a forest soil to paddy field on physical and chemical properties of soil and determining indicators sensitive to land use change. *Iranian Journal of Soil and Water Research* 50(8): 1925-1911.
32. Walkley, A. and I. A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Science* 63: 251-263.
33. Yemefack, M., V. G. Jetten and D. G. Rossiter. 2006. Developing a minimum data set for characterizing soil dynamics in shifting cultivation systems. *Soil and Tillage Research* 86: 84-98.
34. Zhang, Z., C. Wei, D. Xie, M. Gao and X. Zeng. 2008. Effects of land use patterns on soil aggregate stability in Sichuan Basin, China. *Particuology* 6: 157-166.

Journal of Water and Soil Science
Vol. 26, No. 4, Winter 2023, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

The Effect of Land Use Change on Soil Quality Factors (Case Study: Khuzestan Province)

N. Moradian Paik and S. Jafari[1*]

(Received: December 18-2021; Accepted: July 31-2022)

Abstract

Changes in land quality factors were investigated according to the change in land use of two conventional cropping systems in Khuzestan (Dimcheh region, periodic cultivation system, sugarcane, forest, and deforesting in Zaras region). The results showed that by the change of forest land use, organic carbon from 0.93 to 0.55%, cation exchange capacity (CEC) from 19.6 to 13.3 cmol/kg, C/N from 7.4 to 3.8%, the mean weight diameter of aggregate (MWD) from 1.7 to 1.3%, and microbial respiration from 0.11 to 0.06 mg of CO_2 /gr of soil per day decreased and in contrast, the dispersible clay from 4.6 to 19.3% increased. PCA analysis for the parameters showed that five factors justified more than 90% of the variance in the values of FC, PWP, AW, and AF. In the Dimcheh region, the average volumetric moisture content of FC from 31.3% to 27.3%, available water from 12.9% to 9.8%, dispersible clay from 56.1% to 12.3%, and bulk density reduced from 1.6 to 1.4%, organic carbon from 0.45 to 0.78%, C/N from 6.3 to 10.0%, microbial respiration from 0.01 to 0.04 mg of CO_2 /gr soil per day and MWD of aggregates increased from 0.77 to 1.3 mm. Five factors including FC, AW, BD, DC, and OM explained more than 90% of the variance.

Keywords: Aggregate stability, Land use, Forest, Soil quality, Organic matter

1. Department of Soil Science, Soil Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Khuzestan, Iran.
*: Corresponding author, Email: siroosjafari@asnrukh.ac.ir