مقاله کامل علمی- پژوهشی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و هشتم، شماره دوم، ۱۴۰۰
۱۰۳-۱۲۱
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2021.18970.3444

بررسی تغییرات مشخصه‌های میکروبی خاک در اثر تغییر در نوع و مدت زمان کاربری (مطالعه موردی: مراتع چهار دانگه کیاسر مازندران)

لیلا زندی[۱]، زینب جعفریان*[۲]، عطاءاله کاویان[۳] و یحیی کوچ[۴]

[۱]دانشجوی دکتری گروه مرتعداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،
[۲]استاد گروه مرتعداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،
[۳]استاد گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،
[۴]دانشیار گروه مرتعداری، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۶

چکیده

سابقه و هدف: شیوه‌های مدیریت ازجمله تغییر کاربری اراضی یکی از مؤلفه‌های اصلی تغییرات جهانی است که با تغییر در جوامع میکروبی (با توجه به نقشی که در تجزیه مواد آلی و معدنی شدن مواد غذایی دارند) فرآیند، ساختار و عملکرد اکوسیستم را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند. تغییرات در مشخصه‌های زیستی خاک ناشی از تغییر کاربری اراضی و شیوه مدیریت ممکن است منجر به تغییرات مهم در پویایی کربن آلی و تنفس میکروبی خاک شود و بر چرخه مواد غذایی و رشد گیاه اثرگذار باشد. بنابراین برای درک بهتر مدیریت انسانی بر چرخه کربن، درک همبستگی بین ویژگی‌های میکروبی خاک در طول تغییرات کاربری زمین ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها: پژوهش حاضر با هدف بررسی پویایی زمانی مشخصه‌های میکروبی خاک در طی تغییر کاربری مراتع اطراف شهرستان کیاسر چهاردانگه مازندران انجام شد. برای این منظور در این حوضه، رویشگاه‌های موردمطالعه شامل روستای اروست دارای مراتع تبدیل‌شده به اراضی کشاورزی (جو) و باغی (سیب و گردو) با سن بیش‌تر از ۳۰ سال، با یک مرتع شاهد، روستای واوسر با مراتع تبدیل‌شده به اراضی کشاورزی (جو) و باغی (سیب و گردو) با سن بیش‌تر از ۲۰ سال با یک مرتع شاهد و هم‌چنین مراتع تبدیل‌شده به کاربری باغی (سیب و گردو) کم‌تر از ۱۰ سال، و روستای ارا با مراتع تبدیل‌شده به اراضی کشاورزی (جو) با سن کم‌تر از ۱۰ سال با یک مرتع شاهد بود. نمونه‌برداری از خاک در هر کاربری، به‌صورت تصادفی سیستماتیک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری انجام گرفت. درمجموع ۱۰ نمونه خاک از هر کاربری تهیه و جهت تجزیه مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی خاک همانند بافت، وزن مخصوص ظاهری، درصد محتوای رطوبت، کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر قابل‌جذب، اسیدیته و مشخصه‌های میکروبی شامل تنفس میکروبی، تنفس برانگیخته، کربن، نیتروژن و فسفر زی‌توده میکروبی خاک، ضریب متابولیکی، شاخص قابلیت دسترسی به کربن و سهم میکروبی به آزمایشگاه انتقال داده شد.

* مسئول مکاتبه: z.jafarian@sanru.ac.ir

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان از مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی (به‌جز درصد شن و سیلت و وزن مخصوص ظاهری، اسیدیته و نسبت کربن به نیتروژن) و مشخصه‌های میکروبی خاک (به‌جز ضریب متابولیکی، شاخص قابلیت دسترسی به کربن، سهم میکروبی و نسبت زی‌توده کربن به زی‌توده نیتروژن) متعلق به کاربری‌های باغی با سنین بالاتر از ۲۰ و ۳۰ ساله بود. تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) بیانگر آن است که در طول زمان، فعالیت میکروبی و حاصلخیزی بیش‌تر خاک در کاربری‌های باغ با سنین بیش‌تر از ۲۰ و ۳۰ سال بوده و موقعیت مکانی کاملاً متفاوتی را نشان می‌دهند. به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که تغییرپذیری کربن آلی، نیتروژن کل، اسیدیته و محتوای رطوبت خاک در درازمدت سبب افزایش در مقدار تنفس میکروبی (تنفس پایه و تنفس برانگیخته) کربن، نیتروژن و فسفر زی‌توده میکروبی خاک شدند. درصورتی‌که ضریب متابولیکی در کاربری باغ با سن کم‌تر از ۱۰ سال و مرتع شاهد برای اراضی با سن بیش‌تر از ۲۰ سال، هم‌چنین سهم میکروبی در کاربری مرتع شاهد برای اراضی با سن کم‌تر از ده سال دارای بیش‌ترین مقدار بودند این در حالی است که شاخص قابلیت دسترسی به کربن تفاوت معنی‌داری را بین کاربری با سنین مختلف را نشان نداد.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که مشخصه‌های خاکی در کاربری‌های باغی با سنین بالاتر از وضعیت بهتری برخوردار بودند هم‌چنین تغییرپذیری در خواص فیزیکوشیمیایی خاک در طول زمان سبب تغییر مشخصه‌های میکروبی خاک شد. بنابراین پیشنهاد می‌شود انجام مطالعات طولانی‌مدت و اتخاذ استراتژی‌های مدیریتی جهت کاهش عدم قطعیت و تخمین نرخ ذخیره کربن آلی اکوسیستم‌ها که بی‌ارتباط با مشخصه‌های میکروبی خاک نیست، در طول تغییر کاربری اراضی لازم و ضروری به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: بعد زمانی، تغییر کاربری، تنفس میکروبی، ذخیره کربن، مرتع، مشخصه میکروبی

مقدمه

کیفیت خاک (Soil Quality) یک مفهوم مفید و کاربردی برای بیان وضعیت و تغییرات ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک تعریف می‌شود. به‌عبارت‌دیگر کیفیت خاک به‌عنوان شاخصی برای توانمندی ظرفیت خاک جهت تولید محصولات گیاهی و حیوانی و کمک به حفظ سلامت انسان و سکونتگاه آن در نظر گرفته می‌شود (۲۹). از میان مشخصه‌های کیفی خاک، مشخصه‌های میکروبی یک مخزن ناپایدار در خاک‌هایی با ۱ تا ۵ درصد ماده آلی و یک ذخیره ناپایدار عمده از مواد مغذی خاک می‌باشد (۳۷). مشخصه‌های میکروبی خاک همانند تنفس خاک (پایه و برانگیخته)،کربن زی‌توده میکروبی (MBC)، نیتروژن زی‌توده میکروبی (MBN) و فسفر زی‌توده میکروبی (MBP)، ضریب متابولیکی یا تنفس ویژه[1]، سهم میکروبی[2] و قابلیت دسترسی به کربن[3] می‌توانند نقش مهمی در حفظ و رهاسازی مواد مغذی و انرژی داشته و به‌سرعت به وضعیت مواد مغذی، رطوبت و دما واکنش نشان دهند بنابراین می‌توانند به‌عنوان مشخصه‌های حاصلخیزی خاک در مدیریت توسعه زیست‌محیطی مورداستفاده قرار گیرند (۴۳).

1- Metabolic quotient (BR/SIR)
2- Microbial ratio (MBC/Corg)
3- Carbon availability index (BR/SIR)

مقدار تنفس خاک (تنفس پایه[1] و تنفس برانگیخته[2]) که در حدود ۹۳/۸ پتاگرم کربن در سال تخمین زده شده است، به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین منابع انتشار کربن در اکوسیستم‌های جهانی می‌باشد (۲۸، ۳۳). این مشخصه می‌تواند یک عامل کلیدی در حفظ و یا هدررفت (تجزیه) ماده آلی خاک و درنتیجه حفظ کیفیت خاک مطرح باشد. بنابراین حتی اگر انتشار دی‌اکسید کربن به‌صورت پیوسته در طول سال هم صورت نگیرد، تغییرات کوچک در فرایند چرخه کربن خاک ممکن است حجم فراوانی از گاز گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن را وارد اتمسفر کند که اثر کاملاً تأثیرگذاری بر چرخه جهانی کربن خواهد داشت (۳۷). از دیگر ویژگی‌های مهم میکروبی خاک، زی‌توده میکروبی (کربن، نیتروژن و فسفر) می‌باشند که نشان‌دهنده جمعیت میکروبی زنده خاک است و به‌عنوان منبع ارزشمند عناصر آلی هستند که به سهولت قابل‌تبدیل به فرم معدنی می‌باشد (٤٣). این مشخصه هم‌چنین نسبت به ماده آلی کل بیش‌ترین حساسیت را به تغییر در خواص خاک نشان می‌دهند (۱۳). در این میان یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های زیستی خاک ضریب متابولیک است که نشان‌دهنده مقدار کربن متصاعد شده از هر واحد کربن زی‌توده میکروبی در واحد زمان است (۵). درواقع ضریب متابولیکی یک مشخصه حساس از فعالیت ریزجاندارانی است که منعکس‌کننده واکنش به‌وسیله عوامل مختلف است و مقادیر پایین آن بیانگر سیستم‌های بالغ و پایدار است سهم میکروبی نیز شاخص مناسبی برای نشان دادن وضعیت توزیع کربن فعال خاک بین بخش زنده و غیرزنده خاک است (٣٦). قابلیت دسترسی کربن نیز بیانگر فراهم بنابراین مشخصه‌های میکروبی نقشی کلیدی در تجزیه مواد آلی بومی و بقایای افزوده‌شده به سطح خاک دارند ازاین‌رو ارزیابی این مشخصه‌ها می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای بررسی کیفیت زیستی خاک به کار رود (۳۰).

شیوه‌های مدیریت ازجمله تغییر کاربری اراضی یکی از مؤلفه‌های اصلی تغییرات جهانی است که با تغییر در جوامع میکروبی (با توجه به نقشی که در تجزیه مواد آلی و معدنی شدن مواد غذایی دارند) فرآیند، ساختار و عملکرد اکوسیستم را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (٤٧). تغییرات در مشخصه‌های زیستی خاک ناشی از تغییر کاربری اراضی و شیوه مدیریت ممکن است منجر به تغییرات مهم در پویایی کربن آلی و تنفس میکروبی خاک شود و بر چرخه مواد غذایی و رشد گیاه اثر بگذارد (٣٦). بنابراین، درک همبستگی بین ویژگی‌های میکروبی خاک در طول تغییرات کاربری زمین برای درک بهتر اثرات انسانی بر چرخه کربن جهانی نیز ضروری به نظر می‌رسد (١٦). از طرفی سن کاربری به‌عنوان شاخصی از وضعیت توالی اکوسیستم و پویایی کربن آلی خاک، نقش مهمی در تنظیم میزان تنفس میکروبی خاک و تعیین توزیع ذخیره کربن آلی خاک ایفا می‌کند (۱۰). با این وجود مطالعات اندکی در خصوص تأثیر سن کاربری بر تغییرات ویژگی‌های کیفی خاک به‌خصوص ویژگی‌های زیستی خاک صورت گرفته است (۳۲). اگرچه پژوهش‌های متعددی تأثیر تغییر کاربری بر بخش بیولوژی خاک موردمطالعه قرار داده‌اند اما مطالعات در خصوص پویایی بعد زمانی خصوصیات کیفی خاک محدود است که علت آن پویایی بسیار متغیر کربن آلی خاک از لحاظ مکانی است درنتیجه هنوز درک محدودی از نقش عوامل محیطی کنترل‌کننده تغییرات زمانی و مکانی مشخصه‌های میکروبی خاک، علی‌رغم اهمیت جهانی آن و هم‌چنین تعهدات علمی قابل‌توجه در این زمینه طی دهه‌های

1- Basal respiration
2- Substrate induced respiration

گذشته وجود دارد (۱۳) بنابراین در این پژوهش سعی بر آن است تا با بررسی تغییرپذیری زمانی و مکانی تنفس میکروبی و جامعه زیستی و سایر ویژگی‌های کیفی خاک، به آگاهی دقیق از شیوه مدیریت کاربری اراضی جهت بهبود بهره‌وری، ترسیب کربن و عملکرد پایدار خاک و نظارت بر پویایی زمانی کربن آلی و مشخصه‌های بیولوژی خاک دست یافت.

مواد و روش‌ها

محدوده موردبررسی در شهرستان کیاسر واقع در استان مازندران و در قسمت جنوبی شهرستان ساری و بین عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۹ دقیقه و ۵۶ ثانیه و ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه و ۲۴ ثانیه شمالی و بین طول جغرافیایی ۵۳ درجه و صفر دقیقه و ۲۷ ثانیه و ۵۳ درجه و ۲۴ دقیقه و ۱۸ ثانیه شرقی قرار دارد. مساحت محدوده موردمطالعه ۸۰۰ کیلومترمربع، ارتفاع از سطح دریا ۹۷ متر در مناطق پست و ۱۶۷۰ متر در بالای کوه‌ها، میانگین بارش ۱۰۰۰ میلی‌متر می‌باشد. بر اساس توزیع ماهیانه بارندگی، بیش‌ترین میزان بارندگی در ماه آذر و کم‌ترین آن در مردادماه می‌باشد و طبق آمار پراکنش فصلی بارش، بیش‌ترین میزان بارش در فصل زمستان است (۹).

پس از بازدید و شناسایی مناطق، محدوده کاری در حوزه چهار دانگه منطقه کیاسر انتخاب شد. در این حوزه، رویشگاه‌های موردمطالعه شامل روستای اروست دارای مراتع تبدیل‌شده به اراضی کشاورزی (جو) و باغی (سیب و گردو) با سن بیش‌تر از ۳۰ سال با یک مرتع شاهد، روستای واوسر با مراتع تبدیل‌شده به اراضی کشاورزی (جو) و باغی (سیب و گردو) با سن بیش‌تر از ۲۰ سال با یک مرتع شاهد و هم‌چنین مراتع تبدیل‌شده به کاربری باغی (سیب و گردو) کم‌تر از ۱۰ سال و روستای ارا با مراتع تبدیل‌شده به اراضی کشاورزی (جو) با سن کم‌تر از ۱۰ سال و یک مرتع شاهد می‌باشند (معیار تغییر سن تبدیل کاربری‌ها: مصاحبه با مردم محلی منطقه بود) انتخاب کاربری‌ها به‌گونه‌ای بود که از نظر فیزیوگرافی و اقلیمی شرایط مشابهی داشتند به این دلیل که بتوان با ثابت در نظر گرفتن همه شرایط بتوان اثر تغییر کاربری اراضی را موردبررسی و مقایسه قرار داد.

جهت نمونه‌برداری از خاک در هر کاربری، ترانسکت‌ها به‌صورت تصادفی مستقر (یک ترانسکت در جهت شیب و ترانسکت بعدی عمود بر جهت شیب) قرار گرفت، سپس پنج قطعه نمونه یک مترمربعی به‌صورت سیستماتیک در امتداد این ترانسکت‌ها قرار داده‌شده و از ۵ نقطه قطعه نمونه از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک با استفاده از آگر برداشت و با ترکیب آن‌ها برای هر قطعه، یک نمونه مرکب خاک به‌دست آمد و در کل از هر کاربری، ۱۰ نمونه خاک و در کل از تمام کاربری‌ها ۹۰ نمونه خاک جمع‌آوری شد. بعد از پایان برداشت، نمونه‌های خاک به آزمایشگاه منتقل شد، پس از آن جهت تعیین خصوصیات میکروبی، مقداری از خاک جمع‌آوری‌شده از رویشگاه را جهت حفظ رطوبت خاک، در دمای یک تا چهار درجه سانتی‌گراد در سردخانه نگهداری شد. سپس بخشی از خاک جهت آنالیز مشخصه‌های فیزیکو شیمیایی، پس از خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد (۱۴). در این پژوهش فاکتورهای فیزیکی خاک، شامل جرم مخصوص ظاهری از روش کلوخه برحسب گرم بر سانتی‌مترمکعب و درصد رطوبت خاک به روش وزنی، بافت خاک به روش هیدرومتری (۱۴)، کربن آلی کل به روش والکلی بلک، نیتروژن کل به روش کجدال (۶)، واکنش خاک (pH) با استفاده از pH متر مدل MI150، فسفر قابل‌جذب با روش اولسن (۲۶)، مورداندازه‌گیری قرار گرفتند. در خصوصیات بیولوژیکی خاک، تنفس میکروبی با استفاده از روش تصاعد

دی‌اکسید کربن (۳٤)، برای اندازه‌گیری تنفس برانگیخته، ۸۰ میلی‌گرم گلوکز به ۲۰ گرم خاک اضافه شد و نمونه‌ها به مدت یک روز درون ظروف سربسته (همانند اندازه‌گیری تنفس پایه) انکوباسیون شدند و میزان دی‌اکسید کربن آزادشده بر اثر تنفس ریز جانداران خاک محاسبه شد. اندازه‌گیری کربن، نیتروژن و فسفر زی‌توده میکروبی به روش تدخین-استخراج انجام شد (۳۵). برای این کار ابتدا خاک مرطوب با کلروفرم به مدت ۲٤ ساعت در درون دسیکاتور تدخین شد. سپس خاک تدخین شده با محلول عصاره‌گیر سولفات پتاسیم نیم مولار (۲۰ میلی‌لیتر) به مدت ۲ ساعت تکان داده و عصاره‌گیری شد. بلافاصله مقدار کربن آلی در عصاره‌ها به روش والکی‌بلاک، ازت کل به روش کجلدال، فسفر به روش دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری، شدند. اختلاف بین اندازه کربن، نیتروژن و فسفر در نمونه‌های گازدهی شده و نمونه‌های گازدهی نشده نشان‌دهنده اندازه کربن، نیتروژن و فسفر زی‌توده میکروبی است (۳۵). ضریب متابولیکی نیز از تقسیم تنفس پایه بر کربن زی‌توده میکروبی، شاخص قابلیت دسترسی به کربن از تقسیم تنفس پایه بر تنفس برانگیخته و سهم میکروبی از تقسیم کربن زی‌توده میکروبی بر کربن آلی (۲۷) به‌دست آمد.

به‌منظور بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر مشخصه‌های کیفی خاک، از طرح آزمایش یک فاکتوره در رویه آنالیز واریانس دوطرفه (GLM) با ده تکرار برای هر کاربری، استفاده شد. هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید. همه آزمون‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS با نسخه ۲۲ انجام گرفت. هم‌چنین به‌منظور انجام آنالیز چندمتغیره و تعیین ارتباط مشخصه‌های میکروبی با مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی خاک در کاربری‌های اراضی، تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) تحت نرم‌افزار Past انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های به‌دست آمده از خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک در جدول ۱ نشان داده شده است. مقایسه میانگین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک نشان داد که بیش‌ترین میزان درصد رس (۳۷ درصد)، درصد کربن (۱/۳۳درصد)، ازت کل (۰/۲۸) و فسفر قابل‌جذب (۵۳/۵۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در کاربری باغ با سن بیش‌تر از ۳۰ سال مشاهده شد. درصد رطوبت (۳۳درصد) در کاربری باغ با سن بیش‌تر از ۲۰ سال، درصد سیلت به‌ترتیب در کاربری جو با سن بیش‌تر از ۳۰ سال (٤۹/۸ درصد) و در کاربری مرتع شاهد برای اراضی با سن بیش‌تر از ۳۰ سال (٤۸ درصد)، درصد شن در مرتع شاهد (۵۸/۵ درصد) برای اراضی با سن کم‌تر از ۱۰ سال، وزن مخصوص ظاهری نیز به‌ترتیب در کاربری جو با سن بیش‌تر از ۲۰ سال (۱/۵۹ گرم بر سانتی‌مترمکعب) و کاربری جو با سن بیش‌تر از ۳۰ سال (۱/۵۷ گرم بر سانتی‌مترمکعب)، اسیدیته خاک (۸/۱۷) نیز در کاربری جو با سن بیش‌تر از ۳۰ سال و درنهایت نسبت کربن به نیتروژن خاک (۹/۸۹) در کاربری مرتع شاهد برای اراضی با سن بیش‌تر از ۲۰ سال دارای بیش‌ترین میزان بودند (جدول ۲).

جدول ۱- آنالیز واریانس مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی خاک در کاربری‌هایی با سنین مختلف در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک.

Table 1. Variance analysis of soil physico-chemical properties in land uses with different ages.

منابع تغییر Sources Change	درجه آزادی df	میانگین مربعات									
		رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	وزن مخصوص ظاهری Bulk density (gr/cm^3)	درصد رطوبت Moisture (%)	کربن آلی Organic carbin (%)	ازت کل Total nitrogen (%)	فسفر Phosphorus (mgr/kg)	C/N	واکنش خاک pH
کاربری Land use	2	175.906**	23.75ns	291.822**	0.113**	1072.272**	2.319**	0.108**	961.893**	12.208**	0.170**
سن کاربری Land use age	2	701.439**	724.467**	1230.506**	0.007NS	493.889**	0.201**	0.008**	270.618**	26.290**	0.033**
کاربری* سن کاربری Land use*land use age	2	27. 22**	663.817**	7411.972**	0.058*	112.856**	0.583**	0.019**	189.684**	38.764**	0.257**
خطای آزمایش Experimental error	72	2.514	10.097	9.464	0.016	2.942	0.001	8/03	10.857	0.942	0.017

جدول ۲- میانگین (± اشتباه معیار) مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی خاک در کاربری‌هایی با سنین مختلف.

Table 2. Mean (±SE) of soil physico-chemical properties in different land uses with different ages.

خصوصیات فیزیکوشیمیایی در عمق ۳۰-۰سانتی‌متری										
pH	C/N	فسفر Phosphorus (mg/kg)	ازت کل Total nitrogen (%)	کربن آلی Organic carbin (%)	درصد رطوبت Moisture (%)	وزن مخصوص ظاهری Bulk density (gr/cm^3)	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	تیمار Timar
8.16 ± 0.03^{ab}	3.05 ± 0.62^{f}	29.70 ± 4.03^{c}	0.07 ± 0.004^{e}	0.18 ± 0.02^{f}	5.8 ± 1.64^{e}	1.37 ± 0.21^{abc}	58.5 ± 2.96^{a}	19.2 ± 2.59^{e}	22.3 ± 0.45^{e}	مرتع شاهد (برای کاربری با سن < ۱۰ سال) Control range (for land use with < 10 years old)
7.99 ± 0.06^{c}	9.89 ± 1.07^{a}	19.73 ± 3.03^{d}	0.09 ± 0.008^{d}	0.82 ± 0.05^{c}	12.5 ± 1.32^{cd}	1.53 ± 0.1^{ab}	25.60 ± 2.19^{de}	45.4 ± 1.85^{ab}	29.00 ± 0.77^{d}	مرتع (برای کاربری با سن > ۲۰ سال) Control range (for land use with > 20 years old)
8.15 ± 0.06^{ab}	3.29 ± 0.86^{f}	27.15 ± 0.14^{c}	0.04 ± 0.006^{f}	0.14 ± 0.07^{g}	13.9 ± 1.14^{c}	1.52 ± 0.12^{ab}	22.5 ± 7.20^{ef}	48.00 ± 7.64^{a}	29.50 ± 0.93^{cd}	مرتع شاهد (برای کاربری با سن > ۳۰ سال) Control range (for land use with >30 years old)
8.10 ± 0.03^{b}	8.74 ± 0.28^{ab}	21.12 ± 3.2^{d}	0.09 ± 0.007^{d}	0.72 ± 0.07^{d}	5.9 ± 0.96^{e}	1.44 ± 0.08^{ab}	40.50 ± 1.12^{b}	28.10 ± 1.43^{d}	31.4 ± 0.82^{bc}	جو (۱۰ سال) Barley (10 years)
8.10 ± 0.04^{b}	6.83 ± 1.79^{cd}	20.66 ± 3.02^{d}	0.07 ± 0.007^{e}	0.39 ± 0.02^{e}	11.10 ± 0.89^{d}	1.59 ± 0.13^{a}	27.30 ± 1.48^{d}	42.20 ± 2.02^{b}	30.50 ± 1.58^{bcd}	جو (۲۰ سال) Barley (20 years)
8.17 ± 0.07^{a}	5.75 ± 1.20^{de}	29.94 ± 3.72^{c}	0.04 ± 0.005^{f}	0.22 ± 0.03^{f}	7.70 ± 1.48^{e}	1.57 ± 0.11^{a}	18.40 ± 2.48^{f}	49.8 ± 1.95^{a}	31.80 ± 2.75^{b}	جو (۳۰ سال) Barley (30 years)
7.99 ± 0.02^{c}	7.86 ± 0.77^{bc}	28.58 ± 2.20^{c}	0.11 ± 0.01^{c}	0.84 ± 0.02^{c}	11.90 ± 1.82^{cd}	1.47 ± 0.14^{ab}	22.50 ± 0.58^{ef}	45.9 ± 2.19^{ab}	31.60 ± 1.82^{bc}	باغ (۱۰ سال) Orchard10 years
7.89 ± 0.05^{d}	4.62 ± 0.2^{e}	45.61 ± 4.87^{b}	0.24 ± 0.007^{b}	1.100 ± 0.02^{b}	33.00 ± 3.32^{a}	1.30 ± 0.1^{bc}	31.7 ± 1.20^{c}	35.8 ± 1.89^{c}	32.50 ± 1.58^{b}	باغ (۲۰ سال) Orchard (20 years)
7.91 ± 0.06^{d}	4.73 ± 0.4^{e}	53.52 ± 2.65^{a}	0.28 ± 0.02^{a}	1.33 ± 0.02^{a}	27.00 ± 1.58^{b}	1.16 ± 0.07^{c}	27.60 ± 2.63^{d}	35.40 ± 1.98^{c}	37.00 ± 1.37^{a}	باغ (۳۰ سال) Orchard (20 years)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس تأثیر نوع کاربری، سن کاربری و اثر متقابل نوع کاربری و سن کاربری در جدول ۳ نشان داده شده است.

نتایج بیانگر آن است که مشخصه‌های میکروبی خاک در بین کاربری‌هایی که موردبررسی، دارای تفاوت آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد بودند. نتایج نشان داد که کاربری باغ با سن بیش‌تر از ۳۰ سال دارای بیش‌ترین میزان از تنفس پایه (۰/۳۸)، تنفس برانگیخته (۱/٦۲)، کربن زی‌توده میکروبی می‌باشد. هم‌چنین بیش‌ترین میزان نیتروژن زی‌توده میکروبی نیز، به‌ترتیب مربوط به کاربری باغ با سن بیش‌تر از ۳۰ سال (۲٦/۲۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کاربری باغ با سن بیش‌تر از ۲۰ سال (۲۵/٥٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بومی باشد هم‌چنین فسفر زی‌توده میکروبی به‌ترتیب در کاربری باغ با سن بیش‌تر از ۲۰ سال (۲۸/۹۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کاربری باغ با سن بیش‌تر از ۳۰ سال (۲۸/۸۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) افزایش یافت. نسبت کربن زی‌توده میکروبی کربن به نیتروژن زی‌توده میکروبی نیز در کاربری مرتع شاهد برای اراضی با سن کم‌تر ۱۰ سال بیش‌ترین مقدار(۱۲/۳۱) را داشت. سایر مشخصه‌های میکروبی خاک مانند ضریب متابولیکی نیز به‌ترتیب در کاربری باغ با سن کم‌تر از ۱۰ سال (۳/۹٦ میکروگرم دی‌اکسید کربن بر میلی‌گرم زیتوده میکروبی کربن در روز) و کاربری مرتع شاهد برای اراضی با سن بیش‌تر از ۲۰ سال (۳/۹۲ میکروگرم دی‌اکسید کربن بر میلی‌گرم زیتوده میکروبی کربن در روز) و سهم میکروبی در کاربری مرتع شاهد برای اراضی با سن کم‌تر از ۱۰ سال بیش‌ترین میزان (۷٥٦/۸۸) را داشتند. اما شاخص قابلیت دسترسی به کربن تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (جدول ٤).

تحلیل مؤلفه‌های اصلی در ارتباط با کاربری‌های موردبررسی و هریک از مشخصه‌ها، بیانگر توزیع متفاوت کاربری‌ها روی محورهای اصلی می‌باشند. مطابق با آنالیز PCA، محورهای اول و دوم نشان دادند که بیش‌ترین مقادیر مشخصه‌های میکروبی و شیمیایی خاک به کاربری‌های باغ با سن بیش‌تر از ۲۰ و ۳۰ سال اختصاص داشت. (شکل ۱).

جدول ۳- آنالیز واریانس مشخصه‌های میکروبی خاک در کاربری‌هایی با سنین مختلف.

Table 3. Variance analysis of soil microbial properties in land uses with different ages.

منابع تغییر Sources Change	درجه آزادی df	میانگین مربعات								
		BR	SIR	MBN (mg/kg)	MBC (mg/kg)	MBP (mg/kg)	MBC/MBN	qCO_2	CAI	MR
کاربری Land use	2	0.092**	1.806**	735.707**	31345.760**	212.043**	18.485**	0.132ns	0.002ns	1033921.985**
سن کاربری Land use age	2	0.007**	0.201**	64.177**	2721496ns	31.665**	11.484**	1.595**	0.001ns	299762.090**
کاربری * سن کاربری Land use*land use age	2	0.015**	0.257**	104.388**	33679.858*	37.982*	63.208**	9.901**	0.001ns	479036.414**
خطای آزمایش Experimental error	72	0.000	0.017	3.744	117.404	11.499**	2.965	0/168	0.002	7708.772

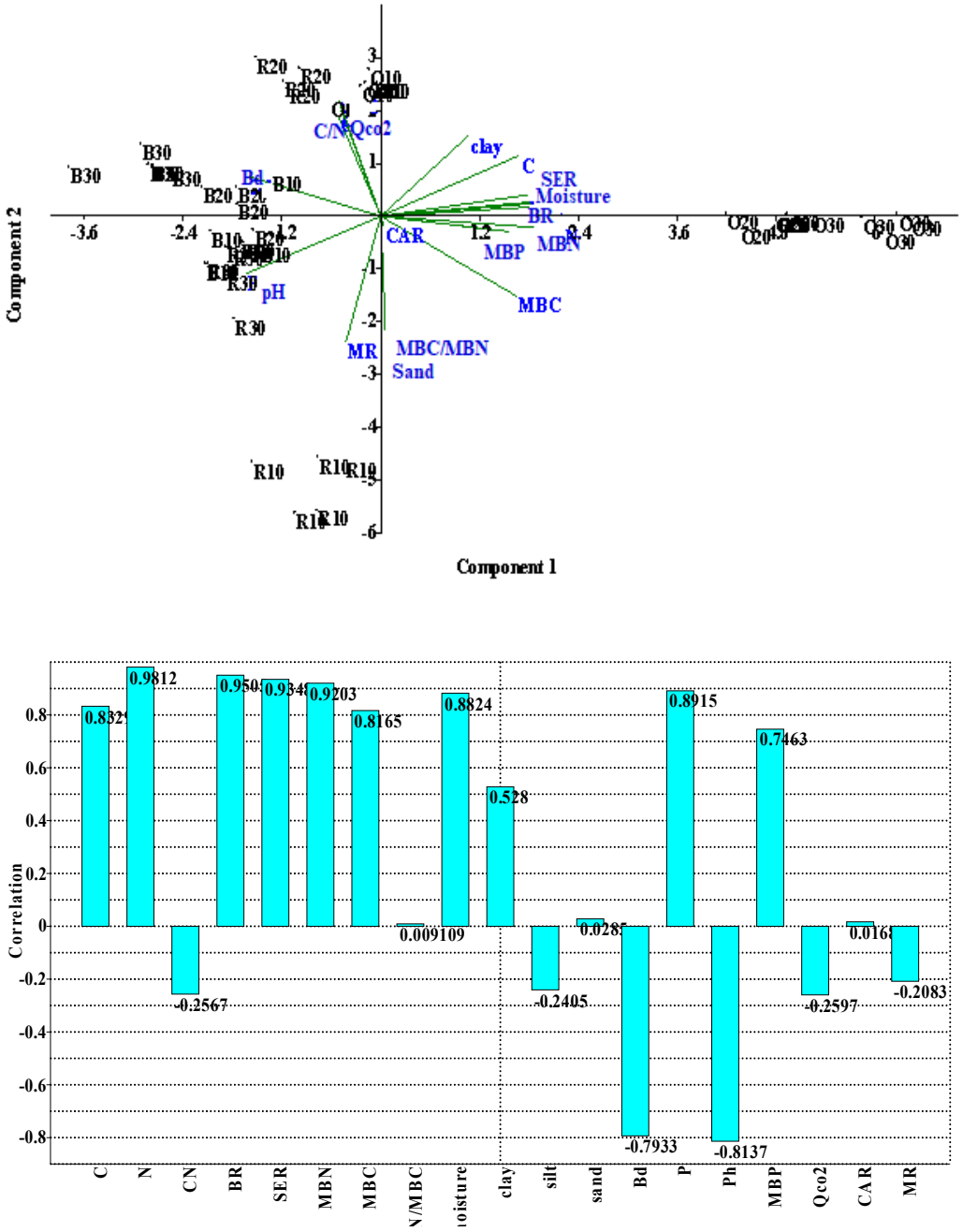
جدول ٤- میانگین (± اشتباه معیار) مشخصه‌های میکروبی خاک در کاربری‌هایی با سنین مختلف.

BR: تنفس پایه، **SIR**: تنفس برانگیخته، **MBC**: کربن زی‌توده میکروبی، **MBN**: نیتروژن زی‌توده میکروبی، **MBP**: فسفر زی‌توده میکروبی، **MBC/MBN**: نسبت کربن زی‌توده میکروبی به نیتروژن زی‌توده میکروبی، **qCO_2**: ضریب متابولیکی، **CAI**: شاخص قابلیت دسترسی به کربن، **MR**: سهم میکروبی.

Table 4. Mean (±SE) of microbial properties in different land uses with different.

BR: Basal respiration, SIR: Substrate induced respiration, MBC: Microbial biomass carbon, MBN: Microbial biomass nitrogen, MBP: Microbial biomass phosphorus, MBC/MBN: Microbial biomass carbon/ Microbial biomass nitrogen, qCO_2: Metabolic quotient (BR/SIR), CAI: Carbon availability index (BR/SIR), MR: Microbial ratio (MBC/Corg).

MR	CAI	qCO_2	MBC/MBN	MBP (mg/kg)	MBC (mg/kg)	MBN (mg/kg)	SIR	BR	تیمار Timar
756.88±125.92^{a}	0.23±0.02	1.06±0.13^{e}	12.31±1.94^{a}	25.37±4.68^{ab}	178.6±20.48^{a}	14.81±1.92^{b}	0.82±0.05^{bcd}	0.19±0.01^{de}	مرتع شاهد (برای کاربری با سن < ۱۰ سال) Control range (for land use with < 10 years old)
65.46±5.92^{d}	0.22±0.04	3.92±0.63^{a}	3.45±0.5^{e}	22.44±1.93^{bcd}	53.5±4.08^{e}	14.61±2.19^{b}	0.94±0.08^{b}	0.21±0.02^{de}	مرتع (برای کاربری با سن > ۲۰ سال) Control range (for land use with > 20 years old)
760.92±97.51^{b}	0.26±0.06	1.62±0.32^{cd}	7.67±2.14^{cd}	18.92±0.78^{cde}	101.9±10.68^{c}	13.79±1.84^{b}	0.65±0.05^{de}	0.164±0.03^{e}	مرتع شاهد (برای کاربری با سن > ۳۰ سال) Control range (for land use with >30 years old)
122.14±29.49^{cd}	0.22±0.04	1.97±0.65^{cd}	10.03±2.84^{abc}	14.04±4.97^{e}	87.20±18.81^{d}	8.70±1.36^{c}	0.75±0.1^{cde}	0.163±0.02^{e}	جو (۱۰ سال) Barley (10 years)
215.27±17.11^{c}	0.21±0.03	2.12±0.51^{bc}	10.41±97.1^{ab}	22.20±3.19^{bcd}	83.68±6.38^{cd}	8.23±1.01^{c}	0.85±0.05^{bc}	0.175±0.03^{e}	جو (۲۰ سال) Barley (20 years)
216.67±19.46^{c}	0.20±0.04	2.60±0.48^{b}	7.44±1.88^{d}	16.48±4.92^{de}	46.43±2.59^{e}	6.26±1.27^{c}	0.60±0.1^{e}	0.12±0.02^{f}	جو (۳۰ سال) Barley (30 years)
66.49±3.44^{d}	0.23±0.06	3.96±0.26^{a}	4.55±1.29^{e}	24.03±2.94^{abc}	55.58±3.03^{e}	13.37±2.97^{c}	1.01±0.2^{b}	0.22±0.03^{c}	باغ (۱۰ سال) Orchard10 years
172.27±8.59^{cd}	0.21±0.02	1.64±0.09^{cd}	7.79±0.53^{cd}	28.93±2.29^{a}	189.50±8.88^{b}	25.54±1.13^{a}	1.48±0.2^{a}	0.31±0.03^{b}	باغ (۲۰ سال) Orchard (20 years)
184.66±4.38^{cd}	0.23±0.03	1.48±0.12^{c}	9.03±0.76^{bcd}	28.87±2.04^{a}	245.54±4.14^{a}	26.29±2.18^{a}	1.62±0.2^{a}	0.38±0.03^{a}	باغ (۳۰ سال) Orchard (20 years)



شکل ۱- توزیع مکانی کاربری‌های مختلف اراضی و مشخصه‌های خاک در تحلیل PCA الف: **R10**: مرتع ۱۰ سال، **R20**: مرتع ۲۰ سال، **R30**: مرتع ۳۰ ساله، **B10**: جو ۱۰ ساله، **B20**: جو ۲۰ ساله، **B30**، جو ۳۰ ساله، **O10**: باغ ۱۰ ساله، **O10**: باغ ۲۰ ساله، **O30**: باغ ۳۰ ساله.

Figure 1. Location of different land uses and soil properties in PCA.: R10: 10-year-old rangeland, R20: 20-year-old rangeland, R30: 30-year-old rangeland, B10: 10-year-old barley, B20: 20-year-old barley, B30: 30-year-old barley, O10: 10-year-old orchard, O20: 20-year-old orchard, O30: 30-year-old orchard.

نتایج این پژوهش نشان داد که کاربری‌های مختلف اثرات متفاوتی بر مشخصه‌های کیفی خاک دارند. نوع کاربری اراضی نقش مهمی در تنظیم میزان تغییرات ماده آلی خاک دارد زیرا کاربری اراضی بر میزان کمیت و کیفیت لاشبرگ و روند تثبیت مواد آلی در خاک تأثیر می‌گذارد (۱۹، ۲۱). بر همین اساس تغییرات معنی‌داری بر ذخیره کربن آلی خاک در کاربری‌های مختلف در منطقه موردمطالعه در این پژوهش مشاهده شد. مطابق با نتایج به‌دست آمده کاربری باغ با سن بیش‌تر از ۳۰ سال دارای میزان ذخیره کربن بیش‌تری نسبت به سایر کاربری‌هاست درواقع تبدیل مراتع با پوشش گیاهی فقیر در این مطالعه به کاربری باغ و عدم شخم مکرر، کوددهی در دو نوبت در زمان مناسب (استفاده از کود حیوانی)، حضور درختان با سن بیش‌تر (گردو و سیب)، سایه‌اندازی، ریزش سالیانه شاخ و برگ منجر به تجمع لاشبرگ و ترشحات ریشه‌ای بیش‌تر به بستر خاک و درنتیجه افزایش تجمع ماده آلی خاک می‌شود (۳، ۱٦، ۳۲). یافته‌های این پژوهش با نتایج وانگ و همکاران (۳۸)، جت و همکاران، (۱۳) مطابقت داشت. همراسا با نتایج این پژوهش ژانگ و همکاران (٤٦) بیان داشتند که تبدیل کاربری‌های کشاورزی به بوته‌زار و درختچه‌زار به‌دلیل افزایش حاصلخیزی خاک و میزان کربن آلی خاک سبب کاهش فرسایش و معدنی شدن نیتروژن خاک می‌شود. به‌واسطه تغییرات موجود در میزان مواد آلی خاک و از همه مهم‌تر تأثیر مهمی که کیفیت لاشبرگ و تغییرات ترکیبی زیست‌توده گیاه بر تنفس میکروبی خاک (تنفس پایه و تنفس برانگیخته) دارد. تفاوت معنی‌داری در میزان تنفس میکروبی خاک در بین کاربری‌های مختلف مشاهده شد (۲۰). در این مطالعه تنفس پایه در کاربری‌های باغی با سنین بیش‌تر از ۲۰ و ۳۰ سال نسبت به کاربری مرتع شاهد خود، به‌ترتیب به‌میزان ۳۲/۲۵ و ۳٦/٤۹ درصد، تنفس برانگیخته نیز در کاربری باغ با سن بیش‌تر از ۲۰ و ۳۰ ساله به‌ترتیب به میزان ٥٦/٨٤ و ٥۹/٨٨ درصد افزایش یافتند. درواقع تنفس خاک (تنفس پایه و تنفس برانگیخته) تحت‌تأثیر عوامل متعدد زنده و غیره زنده از جمله میزان رطوبت و دمای خاک (۱)، محتوای نیتروژن خاک، میزان مواد آلی، نوع و میزان لاشبرگ ورودی به بستر خاک (۱۷) پوشش گیاهی سطح زمین و شیوه‌های مدیریتی قرار می‌گیرد (٤٤). هم‌راستا با نتایج بلنگس و همکاران (٤) و نزریس و همکاران (۲٥) در این پژوهش میزان تنفس میکروبی خاک با میزان کربن و نیتروژن خاک ارتباط نزدیک و معناداری داشت. رطوبت خاک نیز یکی از مهم‌ترین فاکتورهای محیطی است که نقش اساسی در اکوسیستم دارد به‌طوری‌که تنفس میکروبی خاک به‌شدت به آن وابسته است (۲۳) در این پژوهش دلیل اصلی کاهش تنفس میکروبی در اراضی کشاورزی و مرتعی علاوه بر کاهش کربن آلی خاک، کمبود رطوبت در این رویشگاه‌ها بود. از دیگر عواملی که می‌تواند میزان مشخصه میکروبی خاک را تحت‌تأثیر قرار دهد میزان واکنش خاک است. در این پژوهش، واکنش خاک در کاربری‌های باغی به نسبت قلیایی و نزدیک به خنثی سبب بهبود این مشخصه میکروبی نسبت به سایر کاربری‌های موردمطالعه شد. در تأیید نتایج کوچ و همکاران (۱٦)، نتایج مطالعه حاضر، همبستگی مثبتی بین تنفس خاک و محتوای رس در کاربری باغ با سنین بیش‌تر نشان داد. نسبت کربن به نیتروژن خاک یکی دیگر از پارامترهای خاکی است که سبب کاهش میزان تنفس میکروبی خاک می‌شود (۷). مطابق با نتایج کوچ و همکاران (۱۷) نتایج حاصل از تجزیه PCA در این پژوهش نیز یک رابطه منفی بین میزان تنفس میکروبی خاک با میزان کربن به نیتروژن خاک نشان داد. وانی و همکاران (۳۹) نیز در نتایج خود بیان داشتند که نیتروژن خاک سبب تحریک انتشار تنفس

خاک می‌شود. بنابراین کاهش تنفس میکروبی خاک در اراضی کشاورزی بیش‌تر به دلیل بالا بودن نسبت کربن به نیتروژن خاک بوده است.

با توجه به مطالعات صورت گرفته زی‌توده میکروبی خاک تا حد زیادی به کمیت و کیفیت مواد آلی خاکی (به‌عنوان منبع انرژی) بستگی دارد (۸). به‌طوری‌که شیوه‌های مدیریتی از طریق تأثیر بر کربن و نیتروژن خاک سبب تغییر در مشخصه‌ها میکروبی خاک می‌شوند (۱۳) در مطالعه حاضر نیز افزایش کربن و نیتروژن خاک و درصد رس در کاربری‌های باغی با سنین بیش‌تر از ۲۰ و ۳۰ سال می‌تواند از مهم‌ترین دلایل افزایش تنفس میکروبی و کربن زی‌توده میکروبی و نیتروژن زی‌توده میکروبی خاک باشد. این تغییر در مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی خاک به طبع ساختار و جمعیت میکروبی خاک را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (۳۱). ضریب متابولیکی بر اساس تئوری توالی اکوسیستم ادوم توسعه یافته است. افزایش ضریب متابولیکی به معنی پاسخ میکروبی به استرس‌های محیطی یا اختلال‌های نامطلوب است (۱۵). در این مطالعه هر دو کاربری باغ با سن کم‌تر از ۱۰ سال و کاربری مرتع شاهد برای اراضی با سن بیش‌تر از ۲۰ سال دارای بیش‌ترین میزان از ضریب متابولیکی بودند که این نشان از راندمان پایین‌تر از عملکرد میکروبی در خاک، با کاهش از دست دادن کربن در هر واحد زی‌توده از طریق تنفس خاک در این کاربری‌ها بود (۴۲). هم‌چنین این تغییرات عمدتاً به تفاوت در میزان رطوبت (۵)، اسیدیته (۴۲) کربن آلی و نیتروژن کل (۴۵) تحت جوامع مختلف در منطقه موردمطالعه می‌تواند مربوط باشد. نسبت تنفس پایه به تنفس ناشی از سوبسترا ضریب مناسبی برای ارزیابی پاسخ جامعه میکروبی به تأثیرات خارجی و مدیریت پوشش زمین است (۲). گوروبتسوا و همکاران (۱۱) در مطالعات خود گزارش دادند که در صورت عدم اختلال در عملکرد جامعه میکروبی، شاخص قابلیت دسترسی به کربن بین ۰/۱ تا ۰/۲ است. مقادیر بالاتر نشان‌دهنده اختلال‌های جزئی (۰/۳-۰/۲)، متوسط (۰/۵-۰/۳) و قوی (۱-۰/۵) است. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه نیز بیانگر عدم تفاوت معنی‌داری و اختلال جزئی در تمام کاربری‌های موردمطالعه بودند. در حالت کلی افزایش این شاخص می‌تواند به‌دلیل کاهش تنفس ناشی از بستر افزایش تنفس پایه و یا به دلیل تغییرات هم‌زمان هر دو پارامتر باشد. (۴۲). نسبت کربن زی‌توده میکروبی به کربن آلی خاک (سهم میکروبی)، نشان‌دهنده تعادل در اکوسیستم خاک است (۴۰). در منطقه موردمطالعه در این پژوهش کاربری مرتع شاهد برای اراضی با سن کم‌تر از ۱۰ سال دارای بالاترین میزان از سهم میکروبی خاک بود که علت این امر می‌تواند به‌دلیل همبستگی مثبت و معنی‌دار سهم میکروبی با میزان اسیدیته (۲۴) و همبستگی منفی آن با میزان کربن آلی خاک (۲۱) باشد.

بررسی عامل زمان در پویایی اشکال مختلف کربن آلی (۱۲، ۲۲) و مشخصه‌های میکروبی (۴۱) بی‌تأثیر نیست. زیرا ارزیابی کمی تغییرات زمانی در درک تغییرات مخزن کربن آلی که درنتیجه تغییرات آب و هوایی و زیست‌محیطی رخ می‌دهد، بسیار دارای اهمیت است (۱۰، ۴۰).

در این مطالعه، تغییر کاربری اراضی سبب افزایش میزان تنفس میکروبی، کربن زی‌توده میکروبی، نیتروژن زی‌توده میکروبی و فسفر زی‌توده میکروبی خاک در کاربری باغ با سنین بالاتر از ۲۰ و ۳۰ سال شد. هم‌راستا با نتایج این پژوهش، وو و همکاران (۴۱) بیان نمودند که تغییر کاربری از شالیزار به کاربری باغ در سه سال اول بعد از تبدیل سبب کاهش معنی‌دار تنفس میکروبی خاک می‌شود اما با افزایش سن کاربری (۲۲ سال) این مشخصه میکروبی خاک

افزایش می‌یابد. در پژوهش دیگری، لو و همکاران (۲۲) بیان نمودند که افزایش سن کاربری سبب افزایش میزان تنفس میکروبی خاک می‌شود. جت و همکاران (۱۳) نیز در مطالعات خود گزارش کردند که با افزایش سن کاربری گندم، به‌دلیل معدنی شدن بیش‌تر بقایای محصول در مرحله بلوغ محصول گندم که دارای مقادیر بالاتری از مواد آلی موجود برای رشد میکروبی است، با بهبود خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک در این مرحله از رشد گیاه، مشخصه‌های میکروبی خاک نیز بهبود یافتند. در مطالعه حاضر نیز با افزایش سن کاربری در اراضی باغی با سن بیش‌تر از ۲۰ و ۳۰ سال، همبستگی مثبتی بین مشخصه‌های میکروبی خاک با میزان ماده آلی، نیتروژن، فسفر، درصد رس، محتوای رطوبت وجود داشت که با نتایج یی و همکاران (٤٤)، آکبوراک و ماکینسی (۱) و ژائو و همکاران (٤٨) مطابقت داشت. به همین دلایل، تغییرات و نوسانات زمانی تنفس خاک تحت کاربری‌های مختلف به احتمال زیاد از طیف وسیعی از عوامل زنده و غیرزنده ناشی می‌شود. این در حالی است که کوکوماگی و همکاران (۱۸) بیان داشتند که میزان تنفس میکروبی با افزایش سن کاربری از ۲ و ٤ سال به ١٤، ۲۰ و ۲۵ سال افزایش می‌یابد اما در سن‌های بالاتر ۳۰ تا ۸۵ سال این فاکتور خاکی کاهش می‌یابد. در خصوص ضریب متابولیکی، نتایج این پژوهش نشان داد که این مشخصه در کاربری باغ با سن کم‌تر از ۱۰ سال بیش‌ترین مقدار را داشت بنابراین نتایج این پژوهش نشان داد که این مشخصه میکروبی در کوتاه‌مدت به تغییر کاربری واکنش نشان می‌دهد. این در حالی است که سهم میکروبی نیز با تغییر کاربری از مرتع شاهد برای اراضی با سن کم‌تر از ۱۰ سال به‌طور معنی‌داری کاهش یافت این در حالی است که شاخص قابلیت دسترسی به کربن پاسخ معنی‌داری به تغییر کاربری در طول زمان نداشت. با این وجود، هنوز مطالعات جامعی در خصوص تغییرپذیری این مشخصه‌های میکروبی خاک در طول زمان صورت نگرفته است. بنابراین بررسی روند تغییرات این ویژگی‌های بیولوژی خاک در درازمدت نیاز به پژوهش بیش‌تری دارد.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که با تغییر کاربری مرتع به اراضی باغی به‌ویژه در سنین بالاتر میزان مشخصه‌های میکروبی خاک به میزان قابل‌توجهی افزایش یافتند. که تغییرپذیری کربن آلی، نیتروژن کل، نسبت کربن به نیتروژن، اسیدیته و محتوای رطوبت خاک در درازمدت سبب تغییراتی در نرخ تنفس میکروبی خاک (تنفس پایه و تنفس برانگیخته)، زی‌توده میکروبی (کربن، نیتروژن و فسفر) شد. سایر مشخصه‌های میکروبی ازجمله ضریب متابولیکی و سهم میکروبی در کوتاه‌مدت به تغییر کاربری واکنش نشان دادند. با توجه به اینکه در کشور مطالعه جامعی در خصوص اثر سن کاربری و تغییرپذیری مشخصه‌های میکروبی خاک در طول زمان صورت نگرفته است، انجام مطالعات طولانی‌مدت و اتخاذ استراتژی‌های مدیریتی جهت کاهش عدم قطعیت و تخمین نرخ ذخیره کربن آلی اکوسیستم‌ها که بی‌ارتباط با مشخصه‌های میکروبی خاک نیست، در طول تغییر کاربری اراضی لازم و ضروری به نظر می‌رسد.

تقدیر و تشکر

از تمامی پرسنل محترم آزمایشگاه دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس به سبب همکاری جهت آنالیز فاکتورهای خاکی این پژوهش، تشکر می‌گردد.

داده و اطلاعات

این مقاله منتج از پایان‌نامه اینجانب در گروه علوم مرتع دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری می‌باشد و برای انجام این پایان‌نامه از امکانات آزمایشگاه خاک دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس استفاده گردید.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافعی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

مشارکت نویسندگان

مقاله برگرفته از رساله دکتری به راهنمایی سرکار خانم دکتر زینب جعفریان و اساتید مشاور، جناب آقای دکتر عطاالله کاویان و جناب آقای دکتر یحیی کوچ نگارش شد.

اصول اخلاقی

این مقاله کاملاً در چارچوب اصول اخلاقی و به دور از هر نوع کپی و سرقت ادبی از داده و منابع مقالات و پایان‌نامه‌های دیگر انجام شده است.

حمایت مالی

هزینه مربوط به نمونه‌برداری و اندازه‌گیری فاکتورهای خاکی برگرفته از گرنت دانشجویی با حمایت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری بوده است.

منابع

1. Akburak, S., and Makineci, E. 2013. Temporal changes of soil respiration under different tree species. Environmental Monitoring And Assessment. 185: 4. 3349-3358.
2. Allegrini, M., Gomez, E.D.V., and Zabaloy, M.C. 2017. Repeated glyphosate exposure induces shifts in nitrifying communities and metabolism of phenylpropanoids. Soil Biology and Biochemistry. 105: 206-215.
3. Berg, B., and McClaugherty, C. 2008. Plant litter decomposition, humus formation, carbon sequestration. second edition, Berlin: Springer Publication.
4. Billings, S.A., and Ballantyne, F.T. 2013. How interactions between microbial resource demands, soil organic matter stoichiometry, and substrate reactivity determine the direction and magnitude of soil respiratory responses to warming. Global Change Biol. 19: 90-102.
5. Bing-Cheng, Y.U.A.N., and Dong-Xia, Y.U.E. 2012. Soil microbial and enzymatic activities across a chronosequence of Chinese pine plantation development on the loess plateau of China. PedospHere. 22: 1. 1-12.
6. Bremner, J.M., and Mulvaney, C.S. 1982. Nitrogen-total, in: methods of soil analysis (page a.l., et al., eds). Journal of American Society of Agronomy. 2nd edn. Part 2. 595-624p.
7. Chen, M., Xu, P., Zeng, G., Yang, C., Huang, D., and Zhang, J. 2015. Bioremediation of soils contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons, petroleum, pesticides, chlorophenols and heavy metals by composting: applications, microbes and future research needs. Biotechnology Advances. 33: 6. 745-755.
8. Deng, Q., Cheng, X., Hui, D., Zhang, Q., Li, M., and Zhang, Q. 2016. Soil microbial community and its interaction with soil carbon and nitrogen dynamics following afforestation in central China. Science of the Total Environment. 541: 230-237.
9. Gholami, M., Solimani, K., and Nekoei, A. 2017. Landslide sensitivity scheme preparation using WofE weight models (WofE), frequency ratio (FR) and dempster-schiffer (DSH) (Case study: Sari-Kiasar range). Range and Watershed Management. 70: 3. 735-750. (In Persian)

10. Goulden, M.L., McMillan, A.M.S., Winston, G.C., Rocha, A.V., Manies, K. L., Harden, J.W., and Bond-Lamberty, B.P. 2011. Patterns of NPP, GPP, respiration, and NEP during boreal forest succession. Global Change Biology. 17: 2. 855-871.
11. Gorobtsova, O.N., Gedgafova, F.V., Uligova, T.S., and Tembotov, R.K. 2016. EcopHysiological indicators of microbial biomass status in chernozem soils of the central Caucasus (In the territory of Kabardino-Balkaria with the terek variant of altitudinal zonation). Russian Journal of Ecology. 47: 1. 19-25.
12. Janssens, I.A., Lankreijer, H., Matteucci, G., Kowalski, A.S., Buchmann, N., Epron, D., Pilegaard, K., Kutsch, W., Longdoz, B., Grünwald, T., Montagnani, L., Dore, S., Rebmann, C., Moors, E.J., Grelle, A., Rannik, Ü., Morgenstern, K., Oltchev, S., Clement, R., Guomundsson, J., Minerbi, S., Berbigier, P., Ibrom, A., Moncrieff, J., Aubinet, M., Bernhofer, C., Jensen, N.O., Vesala, T., Granier, A., Schulze, E.D., Lindroth, A., Dolman, A.J., Jarvis, P.G., Ceulemans, R., and Valentini, R. 2001. Productivity overshadows temperature in determining soil and ecosystem respiration across European forests. Glob. Chang. Biol. 7: 269-278.
13. Jat, H.S., Choudhary, M., Datta, A., Yadav, A.K., Meena, M.D., Devi, R., ... and Sharma, P.C. 2020. Temporal changes in soil microbial properties and nutrient dynamics under climate smart agriculture practices. Soil and Tillage Research. 199: 104595.
14. Jafari Haghighi, M. 2004. Methods of soil analysis (Sampling and important analysis of physical and chemical). Press of Neda of Zoha, 236p. (In Persian)
15. Jia, G.M., Liu, B.R., Wang, G., and Zhang, B. 2010. The microbial biomass and activity in soil with shrub (*Caragana korshinskii K.*) plantation in the semi-arid loess plateau in China. European Journal of Soil Biology. 46: 1. 6-10.
16. Kooch, Y., Ehsani, S., and Akbarinia, M. 2020. Stratification of soil organic matter and biota dynamics in natural and anthropogenic ecosystems. Soil and Tillage Research. 200: 104621.
17. Kooch, Y., Samadzadeh, B., and Hosseini, S.M. 2017. The effects of broad-leaved tree species on litter quality and soil properties in a plain forest stand. Catena. 150: 223-229.
18. Kukumagi, M., Ostonen, I., Uri, V., Helmisaari, H., Kanal, A., Kull, O., and Lohmus, K. 2017. Variation of soil respiration and its components in hemiboreal Norway spruce stands of different ages. Plant Soil. 414: 265-280.
19. Law, B.E., Sun, O.J., Campbell, J., Van Tuyl, S., and Thornton, P.E. 2003. Changes in carbon storage and fluxes in a chronosequence of ponderosa pine. Glob. Change Biol. 9: 510-524.
20. Li, H., Xu, Z., Yan, Q., Yang, S., Van Nostrand, J.D., Wang, Z., He, Z., Zhou, J., Jiang, Y., and Deng, Y. 2018. Soil microbial Beta-diversity is linked with compositional variation in aboveground plant biomass in a semi-arid grassland. Plant Soil. 423: 465-480.
21. Liu, M., Han, G., and Zhang, Q. 2019. Effects of soil aggregate stability on soil organic carbon and nitrogen under land use change in an erodible region in Southwest China. International Journal of Environmental Research and Public Health, 16: 20. 3809.
22. Luo, Z., Viscarra Rossel, R.A., and Shi, Z. 2020. Distinct controls over the temporal dynamics of soil carbon fractions after land use change. Global Change Biology. 26: 8. 4614-4625.
23. Moges, A., Dagnachew, M., and Yimer, F. 2013. Land use effects on soil quality indicators: a case study of Abo-Wonsho Southern Ethiopia. Applied and Environmental Soil Sciences, Article ID 784989: 9p.
24. Moscatelli, M.C., Lagomarsino, A., Marinari, S., DeAngelis., P., and Grego, S. 2005. Soil microbial indices as bioindicators of environmental changes in a poplar plantation. Ecological Indicators. 5: 3. 171-179.
25. Nazaries, L., Tottey, W., Robinson, L., Khachane, A., Al-Soud, W.A.,

Sørensen, S., and Singh, B.K. 2015. Shifts in the microbial community structure explain the response of soil respiration to land-use change but not to climate warming. Soil Biology and Biochemistry. 89: 123-134.

26. Olsen, S.R. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate (No. 939). US Department of Agriculture.
27. Parkinson, D., and Coleman, D.C. 1991. Microbial communities, activity and biomass. Agriculture, Ecosystems and Environment. 34: 3-33. https:// doi.org/ 10.1016/0167-8809(91)90090-K.
28. Raich, J.W., and Schlesinger, W.H. 1992. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. Tellus B. 44: 2. 81-99.
29. Qi, Y., Chen, T., Pu, J., Yang, F., Shukla, M.K., and Chang, Q. 2018. Response of soil physical, chemical and microbial biomass properties to land use changes in fixed desertified land. Catena. 160: 339-344.
30. Raiesi, F., and Asadi, E. 2006. Soil Microbial activity and litter turnover in native Grazed and Ungrazed rangelands in a semiarid ecosystem. Biology and Fertility of Soils. 43: 1. 76-82.
31. Rousk, J., Brookes, P.C., and Baath, E. 2010. Investigating the mechanisms for the opposing pH relationships of fungal and bacterial growth in soil. Soil Biology and Biochemistry. 42: 6. 926-934.
32. Sahoo, U.K., Singh, S.L., Gogoi, A., Kenye, A., and Sahoo, S.S. 2019. Active and passive soil organic carbon pools as affected by different land use types in Mizoram, Northeast India. PloS one, 14: 7. 1-16.
33. Schlesinger, W.H., and Andrews, J.A. 2000. Soil respiration and the global carbon cycle. Biogeochemistry. 48: 1. 7-20.
34. Sparling, G.P., Feltham, C.W., Reynolds, J., West, A.W., and Singleton, P. 1990. Estimation of soil microbial C by a fumigation-extraction method: use on soils of high organic matter content, and a reassessment of the kEC-factor. Soil Biology and Biochemistry, 22: 3. 301-307.
35. Sparling, G.P., and West, A.W. 1988. A direct extraction method to estimate soil microbial C: calibration in situ using microbial respiration and 14C labelled cells. Soil Biology and Biochemistry. 20: 3. 337-343.
36. Sun, G., and Lockaby, B.G. 2012. Water quantity and quality at the urban–rural interface. Urban–rural interfaces: Linking people and nature. pp. 29-48.
37. Wang, Q., Liu, S., and Wang, S. 2013. Debris manipulation alters soil CO2efflux in a subtropical plantation forest. Geoderma. 192: 316-322.
38. Wang, Z., Liu, S., Huang, C., Liu, Y., and Bu, Z. 2017. Impact of land use change on profile distributions of organic carbon fractions in peat and mineral soils in Northeast China. Catena, 152: 1-8.
39. Wani, F.S., Akhter, F., Mir, S., Baba, Z.A., Maqbool, S., Zargar, M.Y., and Nabi, S.U. 2018. Assessment of soil microbial status under different land use systems in North Western zone of Kashmir. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 7: 8. 266.
40. Wen, J., Chuai, X., Li, S., Song, S., Li, J., Guo, X., and Yang, L. 2018. Spatial-temporal changes of soil respiration across China and the response to land cover and climate change. Sustainability, 10: 12. 4604.
41. Wu, X., Xu, H., Tuo, D., Wang, C., Fu, B., Lv, Y., and Liu, G. 2020. Land use change and stand age regulate soil respiration by influencing soil substrate supply and microbial community. Geoderma, 359: 113991.
42. Xu, X., Han, L., Wang, Y., and Inubushi, K. 2007. Influence of vegetation types and soil properties on microbial biomass carbon and metabolic quotients in temperate volcanic and tropical forest soils. Soil Science and Plant Nutrition. 53: 4. 430-440.
43. Yadav, R.S., Yadav, B.L., Chhipa, B.R., Dhyani, S.K., and Ram, M. 2011. Soil biological properties under different tree based traditional agroforestry systems in a semi-arid region of Rajasthan, India. Agroforestry Systems. 81: 195-202.

44.Yi, Z., Fu, S., Yi, W., Zhou, G., Mo, J., Zhang, D., ... and Zhou, L. 2007. Partitioning soil respiration of subtropical forests with different successional stages in south China. Forest Ecology and Management. 243: 2-3. 178-186.
45.Zeng, Z., Wang, S., Zhang, C., Tang, H., Li, X., Wu, Z., and Luo, J. 2015. Soil microbial activity and nutrients of evergreen broad-leaf forests in Mid-Subtropical region of China. Journal of Forestry Research. 26: 3. 673-678.
46.Zhang, Q., Wu, J., Yang, F., Lei, Y., Zhang, Q., and Cheng, X. 2016. Alterations in soil microbial community composition and biomass following agricultural land use change. Scientific Reports, 6: 36587.
47.Zhang, T., Li, Y., Chang, S.X., Jiang, P., Zhou, G., Zhang, J., and Liu, J. 2013. Responses of seasonal and diurnal soil CO2 effluxes to land-use change from paddy fields to Lei bamboo (*Phyllostachys praecox*) stands. Atmos. Environ. 77: 856-864.
48.Zhao, F.Z., Ren, C.J., Zhang, L., Han, X.H., Yang, G.H., and Wang, J. 2018. Changes in soil microbial community are linked to soil carbon fractions after afforestation. European Journal of Soil Science. 69: 2. 370-379.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Research Full Paper

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 28(2), 2021
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2021.18970.3444

Investigation of changes in soil microbial characteristics due to changes in type and land use age (Case study: Kiasar Mazandaran rangelands)

L. Zandi[1], Z. Jafarian[*2], A. Kavian[3] and Y. Kooch[4]

[1]Ph.D. Student, Dept. of Range Management, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University,
[2]Professor, Dept. of Range Management, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University,
[3]Professor, Dept. of Watershed Management Science and Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University,
[4]Assistant Prof., Dept. of Range Management, Tarbiat Modares University

Received: 03.03.2021; Accepted: 06.06.2021

Abstract

Background and Objectives: Management practices such as land use change is one of the main components of global change that affects the process, structure and function of ecosystems by changing microbial communities (due to their role in the decomposition of organic matter and food mineralization). Changes in soil biological characteristics due to land use change and management practices may lead to significant changes in soil organic carbon dynamics, soil microbial respiration and affect nutrient cycle and plant growth. Therefore, to better understand human management on carbon cycle, it seems necessary to understand the correlation between soil microbial properties during land use change.

Materials and Methods: The aim of this study was to investigate the temporal dynamics of soil microbial characteristics during land use change in rangelands around Kiasar Chahardangeh city of Mazandaran. For this purpose, in this basin, the studied habitats were including Erost village with pastures turned into agricultural lands (barley) and orchards (apples and walnuts) with an age of more than 30 years, with a control pasture, Vavsar village with pastures turned into lands. Agriculture (barley) and orchard (apple and walnut) with an age of more than 20 years with a control pasture and also rangelands converted to garden use (apple and walnut) less than 10 years and Ara village with rangelands converted into agricultural land (Barley) less than 10 years old with a control pasture. Soil sampling in each land use was done systematically randomly from two depths of 0-15 and 15-30 cm. In total, ten soil samples from land uses were transferred to the laboratory for analysis of soil physico-chemical characteristics including texture, bulk density, moisture content, organic carbon, total nitrogen, pH and microbial characteristics including Basal respiration, Substrate induced respiration, Microbial biomass carbon, Microbial biomass nitrogen and Microbial biomass phosphorus, qCO_2, microbial ratio and carbon capability index.

Results: The results showed that the highest number of physicochemical characteristics (except sand and silt percentage and bulk density, pH and C/N) and soil microbial characteristics (qCO_2, microbial ratio and carbon capability index and MBC/MBN) at both depths and mean depths belonged to orchard land uses older than 20 and 30 years. Principal Component Analysis (PCA) indicates that over time, higher values of microbial activity and soil fertility in the orchard uses are older than 20 and 30 years with a completely different location on the axis. In general, the results of this study showed that the variability of organic carbon, total nitrogen, acidity and soil

* Corresponding Author; Email: z.jafarian@sanru.ac.ir

moisture content in the long run caused an increase in microbial respiration rate (Basal respiration and Substrate induced respiration), While the qCO_2 in the orchard less than 10 years old and control rangeland for lands older than 20 years, also the microbial ratio in the control rangeland for lands less than ten years old had the highest value, while the carbon capability index dident show a significant difference between users of different ages.

Conclusion: In general, the results of this study showed that soil characteristics in orchard uses with older ages were in a better condition. Also, variability in soil physicochemical properties changed the microbial characteristics of the soil over time. Therefore, it is suggested that long-term studies and management strategies to reduce uncertainty and estimate the rate of organic carbon pool of ecosystems, which are not unrelated to soil microbial characteristics, are considered necessary during land use change.

Keywords: Carbon pool, Land use, Microbial characterist, Microbial respiration, Rangeland, Temporal dimension