

تأثیر برخی عملیات‌های حفاظت خاک بر شاخص‌های کیفیت زیستی خاک در منطقه چهل‌چای استان گلستان

مطهره نورزاده روشن^۱، فرشاد کیانی^{۲*}، رضا قربانی نصر آبادی^۳، سهیلا ابراهیمی^۳ و احمد ندیمی^۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

۲- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

۳- استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

تاریخچه مقاله	چکیده
دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۲۹ پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۰۱/۲۱	استان گلستان به دلیل پستی و بلندی، اقلیم متنوع، اراضی لسی و حساسیت این اراضی به فرسایش، نیاز به توجه بیش‌تری در خصوص حفاظت خاک دارد. روش‌های مختلف برای افزایش کیفیت خاک پیشنهاد شده‌است. مطالعه حاضر با هدف بررسی نقش عملیات حفاظتی بر بهبود کیفیت زیستی خاک طراحی شده است. عملیات حفاظتی نهال‌کاری، تراس‌بندی و باغ‌کاری انتخاب و کیفیت زیستی آن‌ها در مقایسه با اراضی زراعی، مرتعی و جنگلی بررسی شد. نتایج نشان داد که تبدیل اراضی جنگلی و مرتعی به کشاورزی موجب تخریب کیفیت خاک می‌شوند؛ به نحوی که شاخص‌های کیفیت خاک، مانند موادآلی تا ۶۰ درصد و پایداری خاکدانه تا ۷۰ درصد کاهش نشان می‌دهند. هم‌چنین در این مطالعه شاخص‌های زیستی و شاخص‌های کیفیت زیستی خاک (QBS) و شاخص‌های اکومرفولوژیک (EMI) کاهش نشان دادند. در مقابل عملیات حفاظتی باعث بهبود این شاخص‌ها شده بود. در شاخص‌های زیستی، عملیات نهال‌کاری و باغ‌کاری افزایشی حدود ۴۰ درصد در EMI و کربن‌زی‌توده میکروبی و تا ۸۰ درصد در تنفس میکروبی را موجب شدند و تراس-بندی نسبت به عملیات دیگر بهبودی کم‌تر، در حدود ۱۱ درصد در EMI و تا ۲۰ درصد در کربن‌زی‌توده میکروبی موجب گردید. در مجموع روند یکسانی برای همه‌ی شاخص‌ها و عملیات قابل مشاهده نبود. کمی افزایش در برخی شاخص‌ها مورد بررسی، مشاهده شد که به آن نظرمی‌رسد به دلیل عمر کوتاه عملیات حفاظتی بوده و در آینده نتایج، بهبود بیش‌تر و بهتری را نشان خواهند داد.

* عهده دار مکاتبات

Email: kiani@gau.ac.ir

هوموس‌سازی و بسیاری از فرآیندها که در تغذیه گیاه و

سلامت اکوسیستم مؤثرند، در حفظ کیفیت خاک نقش دارند (۲۵ و ۳۰). از جمله شاخص‌های زیستی کیفیت

مقدمه

موجودات زنده خاک از طریق تجزیه بقایای گیاهی و جانوری، گردش عناصر، ساختمان‌سازی در خاک،

مورد استفاده قرار گیرد (۲۲). کیانی و همکاران (۱۱) در بررسی تأثیر جنگل‌تراشی بر معرف‌های کیفیت خاک در اراضی لسی استان گلستان مشاهده کردند که مقدار مواد آلی، به دلیل افزایش مواد گیاهی تازه و تجزیه کم در اراضی جنگلی در لایه سطحی خاک، تا حدود چهار درصد افزایش یافته است. عملیات کشاورزی، به دلیل بهبود وضعیت تهویه، باعث افزایش شدت تجزیه مواد آلی می‌شود و در نتیجه، مقدار ماده آلی خاک تا $1/3$ درصد کاهش می‌یابد. هم‌چنین این پژوهشگران اعلام داشتند که تغییر کاربری اراضی بر ظرفیت تبادل کاتیونی اثر چندانی نداشته، از حدود $13/2$ در اراضی جنگلی تا $12/97$ سانتی‌مول‌بار بر کیلوگرم خاک در اراضی کشاورزی متغیر است؛ در حالی که وگن^۴ و همکاران (۳۱) در بررسی تأثیر جنگل‌تراشی و زراعت بر ویژگی‌های خاک‌های اکسی‌سول در ماداگاسکار دریافتند که ظرفیت تبادل کاتیونی خاک از 13 به 5 میلی‌اکی‌والان بر صد گرم کاهش یافته است. امروزه مبارزه با فرسایش خاک از ضروری‌ترین اقدامات کشورها در زمینه حفظ منابع طبیعی و خاک است (۲۳). فرسایش خاک یکی از مهم‌ترین مسائل زیست محیطی و کشاورزی در فرآیند تولید غذایی است که در سال‌های اخیر با افزایش جمعیت و دگرگونی فعالیت‌های انسانی شدت یافته است؛ به طوری که هر سال در حدود 75 میلیارد تن خاک حاصل‌خیز کشاورزی و میلیاردها تن خاک از دیگر اراضی، فرسایش می‌یابد (۲).

ایران از نظر حجم فرسایش خاک، در میان کشورهای منطقه، رتبه اول و در دنیا رتبه دوم را دارد. اگر رقم سالانه تلفات خاک کشور 2 تا $2/5$ میلیارد تن فرض شود، معادل 20 درصد فرسایش طبیعی خاک‌ها و 8 درصد مقدار شست‌وشوی خاک در مقیاس جهانی، در ایران اتفاق می‌افتد (۱۹). در استان گلستان نیز، مقدار فرسایش قابل توجه است. بالا بودن مقدار فرسایش در استان گلستان، به دلیل شرایط اقلیمی، توپوگرافی، تخریب جنگل‌ها و تغییر

خاک می‌توان به کربن توده زنده میکروبی، تنفس خاک، تنفس میکروبی، زی‌توده زنده میکروبی و جانوری اشاره کرد. بسیاری از پژوهشگران معتقدند به دلیل واکنش‌های سریع موجودات زنده خاک در برابر تغییرات محیطی، بررسی وضعیت زیستی خاک در تخمین کیفیت خاک اهمیت بیش‌تری نسبت به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی دارد. در بررسی شاخص‌های زیستی، شاخصی که بتواند سریع و آسان اندازه‌گیری شود، از اهمیت بیش‌تری برخوردار است (۱۳). پرایسی و همکاران^۱ (۲۴) از شاخص QBS و EMI به عنوان شاخص کیفیت خاک استفاده کردند و توانستند ارتباط مثبت و معنی‌داری بین کیفیت خاک و جمعیت میکروآرتروپودا پیدا کنند و شاخص QBS را یک شاخص ارزیابی کیفیت خاک عنوان کردند. جوآنا^۲ و همکاران (۱۰)، با بررسی تغییرات زی‌توده میکروبی خاک، جمعیت آمیب‌ها، نماتدها و میکروآرتروپودها، به عنوان شاخص‌های میکروبی کیفیت خاک در مزرعه‌ای با مدیریت سنتی و مزارع ارگانیک سیب‌زمینی در شرق کانادا به این نتایج رسیدند که مقدار زی‌توده میکروبی، میانگین فراوانی نماتدها، میکروآرتروپودها و میکروبن‌دپایان در زمین‌های ارگانیک نسبت به سنتی بالاتر بوده اما در مقدار آمیب‌ها بین زمین‌های ارگانیک و سنتی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. نونس^۳ و همکاران (۲۰)، با ارزیابی فعالیت میکروبی خاک در زمین‌های تحت مدیریت‌های مختلف در شمال شرقی برزیل، کاهش قابل توجهی در مقدار زی‌توده میکروبی و فعالیت آنزیمی خاک پس از فرسایش را مشاهده کردند. آن‌ها هم‌چنین بیان داشتند که به دنبال استفاده از روش‌های حفاظتی خاک، حجم زی‌توده میکروبی و فعالیت آنزیمی افزایش یافته است. اندازه‌گیری توده زنده میکروبی به عنوان شاخص دینامیکی از کیفیت خاک می‌تواند برای اندازه‌گیری مقدار تخریب خاک

1- Parisi et al.

2- Johanna et al.

3- Nnues et al.

4- Vagen et al.

کشاورزی در سطح وسیعی اتفاق افتاده است. هم‌چنین در این سال‌ها با تاکید بر عملیات حفاظتی، بخشی از این اراضی کشاورزی، به باغ مثمر، بخشی به جنگل کاری و بخشی به گونه‌های مرتعی اختصاص یافته است. در بازدیدهای میدانی از منطقه مورد مطالعه، کاربری‌های جنگل، مرتع، نهال کاری، باغ کاری، زراعی و تراس‌بندی بر روی سازند لسی و شیب ۳۰ درصد، با عمر عملیات حدود ۶ تا ۷ سال برای نمونه برداری خاک انتخاب شدند. نمونه برداری از منطقه مورد مطالعه در آبان ماه سال ۱۳۹۳ به دو روش انجام شد: در روش اول، تعداد ده نمونه از هر کاربری از عمق ۱۰-۰ سانتی متری برداشت شد. بافت خاک به روش هیدرومتری، اسیدیته خاک در حالت گل اشباع و با pH متر دارای الکتروود شیشه‌ای اندازه‌گیری و تعیین شد. هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه هدایت سنج الکتریکی، در عصاره اشباع اندازه‌گیری و تصحیح آن برای دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد (۲۰) انجام شد. کربنات کلسیم معادل به روش خنثی کردن مواد خنثی شده با اسید کلریدریک و تیتراسیون اسید اضافی با سود (۲۰) صورت گرفت. ماده آلی به روش والکلی - بلاک اندازه‌گیری شد. جرم مخصوص ظاهری به روش پارافین و اندازه‌گیری پایداری ساختمان خاک با استفاده از دستگاه شیشه‌ساز قطره باران صورت پذیرفت.

در روش دوم تعدادی نمونه با استفاده از سیلندرهای با ابعاد ۵×۵ سانتی‌متر از سطح خاک برداشته شد و سپس برای اندازه‌گیری جمعیت میکروآرتروپودها در یخچال نگهداری شد. هم‌چنین تنفس میکروبی به روش اندازه‌گیری تصاعد دی‌اکسیدکربن انجام گردید. کربن زی‌توده‌ی میکروبی به روش ضد عفونی - عصاره‌گیری انجام شد.

برای جداسازی و شمارش جمعیت میکروآرتروپودها از کیف برلیز استفاده گردید. کیفیت زیستی خاک^۱ بر پایه شاخص‌های اکومرفولوژیک^۲ گروه‌های مختلف میکروآرتروپودهای خاک محاسبه شد. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم افزار SAS 9.3 استفاده شد.

کاربری اراضی است (۱۴). در کنار این عوامل باید توجه داشت که سطح وسیعی از اراضی این استان را خاک‌های لسی تشکیل می‌دهند که به طور طبیعی قابلیت فرسایش‌پذیری زیادی دارند؛ بنابراین، اقدامات حفاظتی خاک در راستای حرکت در جهت کشاورزی پایدار و حفظ کمیت و کیفیت خاک به عنوان مهم‌ترین بستر تولید محصولات کشاورزی صورت گرفته است. با این حال، این سوال همواره مطرح است که آیا عملیات حفاظتی بر شاخص‌های کیفیت خاک اراضی لسی تاثیرگذار است یا خیر؟ بنابراین هدف از این پژوهش بررسی تأثیر عملیات حفاظتی بر شاخص‌های کیفیت خاک، از جمله ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی با تاکید بر شاخص‌های زیستی در حوضه آبخیز چهل‌چای شهرستان مینودشت استان گلستان بوده است.

مواد و روش‌ها

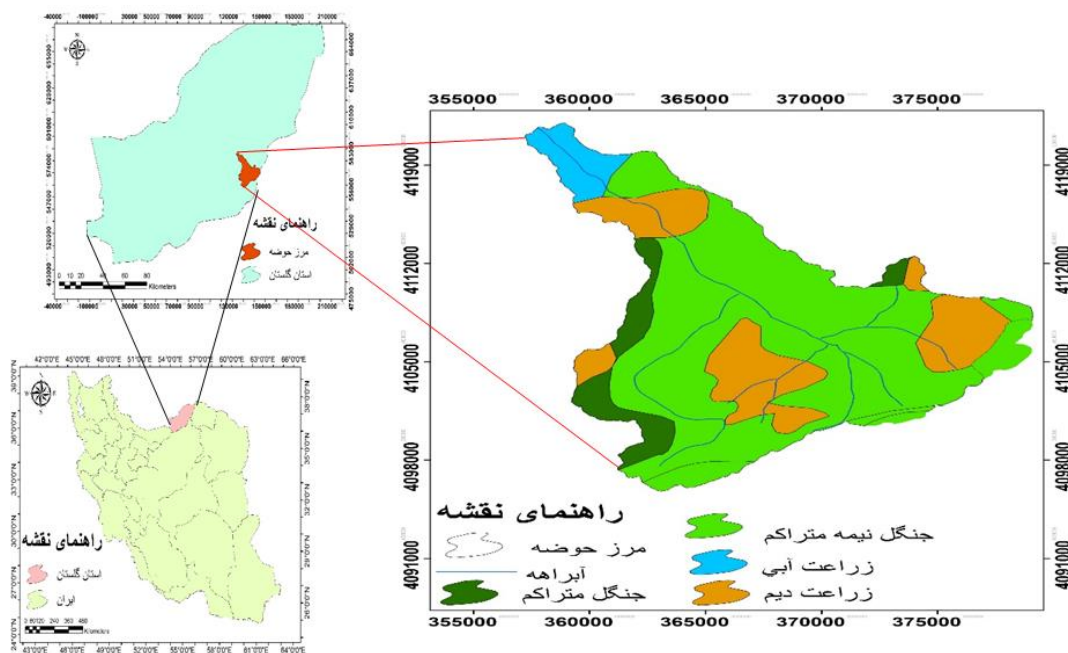
حوضه آبخیز چهل‌چای با وسعتی برابر ۲۵۶۸۳ هکتار، به‌عنوان یکی از شاخه‌های گرگانرود، در مختصات جغرافیایی ۲۳° ۵۵ تا ۳۸° ۵۵ طول شرقی و ۳۶° ۵۹ تا ۳۷° عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). حداقل و حداکثر ارتفاع منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۱۹۰ و ۲۵۷۰ متر از سطح دریا می‌باشد (۱). ۱۸۳۷۴ هکتار از اراضی حوضه چهل‌چای دارای کاربری جنگل، ۶۱۴۷ هکتار کاربری زراعت دیم و ۱۱۶۲ هکتار از اراضی، کاربری زراعت آبی دارند.

گونه‌های مرتعی منطقه، شامل بروموس - آچیل (Bromus tectorum) و جانی پروس ساین، گونه‌های جنگل طبیعی، شامل توسکا (Alnus glutinosa) و کاج (Pinus cembra)، جنگل مصنوعی، بلوط (Quercas pubescens) و باغ‌کاری شامل درختان گردو (Juglans mandshurica) پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه را تشکیل داده‌است. تاریخچه کاربری اراضی در منطقه نشان می‌دهد بیش از ۴۰ سال پیش تمامی این اراضی توسط جنگل پوشیده شده بود که در سال‌های اخیر تغییر کاربری به اراضی

1- Quality Biological of Soil - QBS

2- Ecomorphological Indexes - EMI

نورزاده روشن و همکاران: تأثیر برخی عملیات‌های حفاظت خاک...



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی آبخیز چهل‌چای در ایران و استان گلستان
Figure (1) Location of Chehelchay on the map of Iran in Golestan province

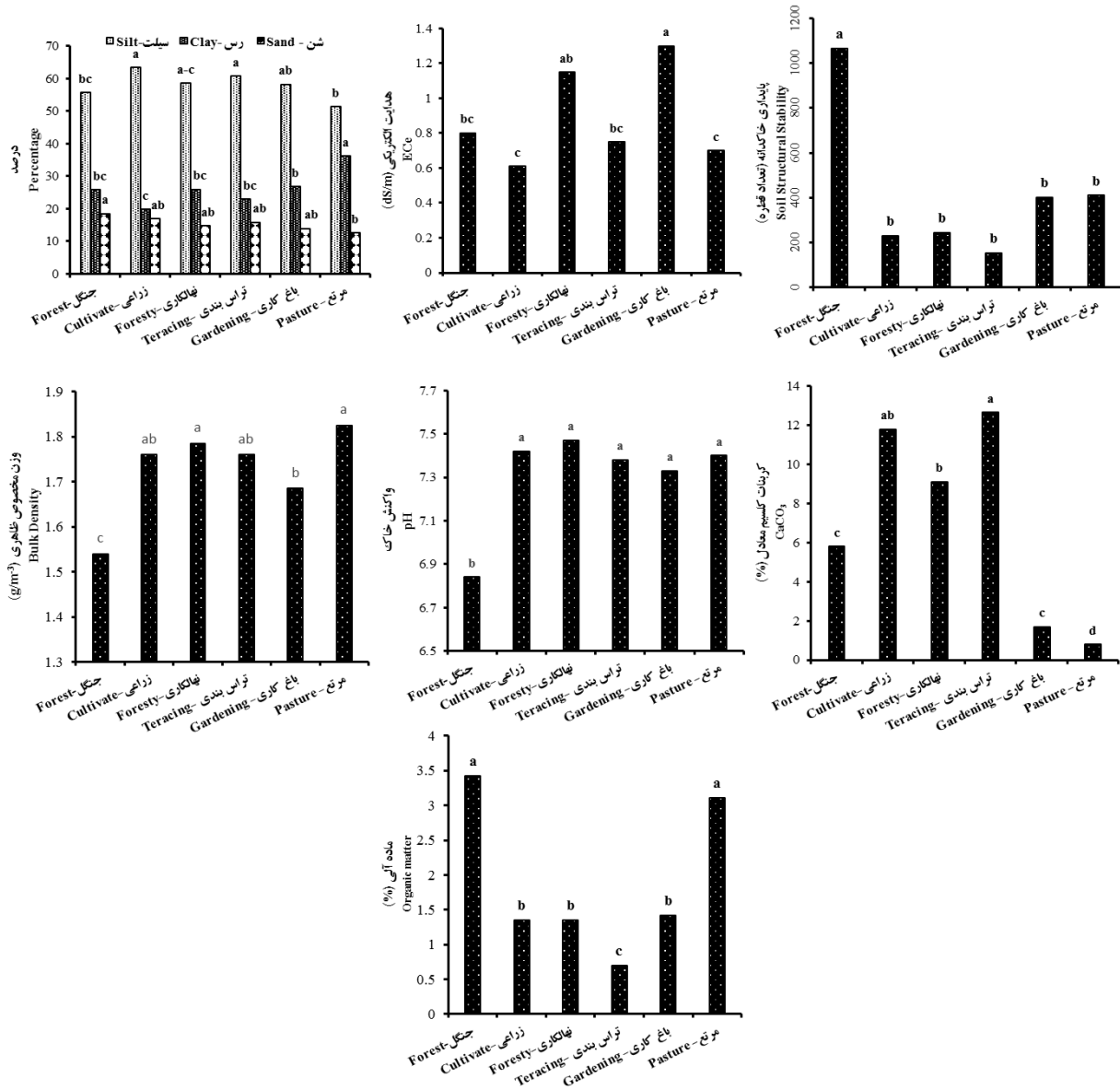
خاکدانه‌های با اندازه یکسان انتخاب شدند؛ سپس مقاومت خاکدانه در برابر قطرات باران به روش هسل^۲ (۸) بررسی شد. شاید برای مشاهده تأثیر عملیات ترانس‌بندی بر کیفیت خاک نیاز به زمان بیش‌تری باشد. مقاومت خاکدانه‌ها (شاخص پایداری خاکدانه) در کاربری جنگل در مقایسه با سایر کاربری‌ها، اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد داشت (شکل ۲). هم‌چنین با مقایسه شکل‌های ۲ و ۳ می‌توان بیان کرد تلفات شدید ماده آلی، کاهش چشمگیر فعالیت میکروبی خاک (شکل ۳) و استفاده از ماشین‌آلات کشاورزی و فعالیت زیاد انسانی از مهم‌ترین عوامل مؤثر کاهش پایداری خاکدانه‌ها (شکل ۲) در کاربری زراعی در منطقه مورد مطالعه است.

جرم مخصوص ظاهری در کاربری جنگل، در مقایسه با سایر کاربری‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشت (شکل ۲). هم‌چنین همبستگی منفی و معنی‌داری بین جرم مخصوص ظاهری و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، ماده آلی و کربن‌زی‌توده میکروبی در سطح ۱ درصد مشاهده شد (جدول ۱).

در تحلیل داده‌ها ابتدا معنی‌داری آن‌ها با استفاده از جداول تجزیه واریانس در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی ارزیابی گردید و سپس با استفاد از مقایسات چندگانه LSD تجزیه و تحلیل داده‌ها انجام شد.

نتایج و بحث

بررسی دانه‌بندی خاک‌های منطقه مورد مطالعه نشان داد که کلاس غالب بافت خاک کاربری مرتع، لومی رسی سیلتی و سایر کاربری‌ها همگی لوم سیلتی هستند. به نظر می‌رسد شاخص بافت خاک خصوصیت پایایی از خاک بوده که با تغییر کاربری کم‌تر تحت تأثیر قرار گرفته است. مارازیلو^۱ و همکاران (۱۶) بیان داشتند که بافت خاک در اثر تغییر کاربری، زیاد تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد. در کاربری ترانس‌بندی، به علت خاک‌ورزی نامناسب و شدید، ضعف پوشش گیاهی و مواد آلی سطح خاک، هم‌چنین انجام عملیات ایجاد ترانس‌ها، کم‌ترین مقدار پایداری خاکدانه‌ها در این کاربری با مقدار ۱۵۳/۳ قطره شیشه‌ساز باران مشاهده شد. در این روش ابتدا

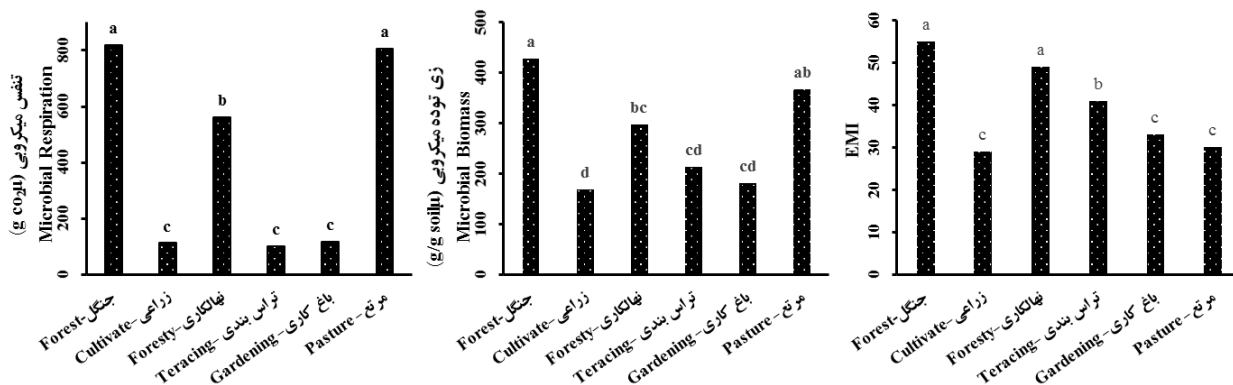


شکل (۲) شاخص‌های کیفیت خاک در کاربری‌های مختلف
 Figure (2) Indicators of soil quality in different land uses

سانتی متری وجود داشت. هم چنین وی افزایش مقدار جرم مخصوص ظاهری در اثر تغییر کاربری از جنگل به مرتع و کشاورزی را گزارش کرد که با یافته‌های این پژوهش هم خوانی دارد. هم چنین کم‌ترین مقدار pH در کاربری جنگل مشاهده شد که می‌تواند به علت شست‌وشوی بیش تر کاتیون‌های بازی باشد. تغییرات pH خاک در کاربری‌های زراعی و تراس‌بندی را باید بیشتر ناشی از اجرای عملیات زراعی و درهم آمیخته شدن خاک رویین و زیرین بر اثر شخم طولانی مدت در منطقه دانست.

به نظر می‌رسد، اعمال خاک‌ورزی، ابتدا باعث کاهش چگالی ظاهری خاک شده ولی پس از گذشت زمان مقدار آن به حالت اولیه برگشته است و حتی در برخی موارد بیش تر از مقدار اولیه نیز مشاهده شده است. علت این امر، خرد شدن خاک و جای‌گیری ذرات ریز در منافذ درشت خاک است (۵). نتایج سلیک^۱ (۵)، نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین جرم مخصوص ظاهری کاربری‌های کشاورزی، مرتع و جنگل در عمق صفر تا ۲۰

نورزاده روشن و همکاران: تأثیر برخی عملیات‌های حفاظت خاک...



شکل (۳) شاخص‌های زیستی خاک در کاربری‌های مختلف
Figure (3) Indicators of soil biology in different land uses

خاک، تجزیه ضعیف مواد آلی و عدم دخالت انسان می‌باشد.

مقدار تنفس میکروبی مطابق جدول ۱ همبستگی مثبت و بالایی را در سطح ۱ درصد با ماده آلی، پایداری خاکدانه، کربن زی توده میکروبی و EMI و در سطح ۵ درصد با درصد رس و EC نشان داد. تنفس میکروبی تابعی از مقدار رطوبت و ماده آلی و در نتیجه، درصد و نوع پوشش گیاهی است. اسلام و ویل^۱ (۹) بیان داشتند که فعالیت زیاد میکروبی در خاک‌های تحت پوشش جنگل طبیعی به دلیل سطوح بالای کربن آلی قابل دسترس در این کاربری است. کیانی و همکاران (۱۱) نیز، معتقدند افزوده شدن سالیانه شاخ و برگ درختان و مواد آلی جدید به سطح خاک جنگل، علت بالا بودن تنفس میکروبی در کاربری جنگل طبیعی نسبت به سایر کاربری‌هاست. با توجه به شکل ۳ در جنگل به دلیل بالا بودن مقدار مواد آلی و بازگشت لاش برگ و بقایای گیاهی به خاک و شرایط مناسب رطوبتی به جهت پوشش گیاهی، سطح خاک دارای فعالیت میکروبی بالا و در نهایت دارای بیشترین کربن زی توده میکروبی نسبت به سایر کاربری‌هاست.

در بین کاربری‌های مورد مطالعه بیشترین مقدار اسیدیته برابر با ۷/۴۷ مربوط به نهال کاری بوده و کمترین مقدار برابر با ۷/۳۳ بعد از جنگل در کاربری باغ می‌باشد. بررسی آماری مقدار آهک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در هر شش کاربری در سطح ۱ درصد بود (جدول ۱). درصد آهک در بین شش کاربری مختلف متغیر است (شکل ۲). فراهم بودن رطوبت بیشتر در خاک جنگل همراه با دی‌اکسید کربن ناشی از فعالیت‌های زیستی باعث شده است تا کربنات کلسیم حل شده و در سطح خاک کاهش یابد؛ به طوری که مقدار آهک متوسطی در این کاربری دیده می‌شود. لیکن در جنگل به علت نفوذپذیری بالا و آبشویی بیشتر، کاهش مقدار آهک نسبت به برخی از کاربری‌ها مشاهده شد. کیانی و همکاران (۱۲) اظهار داشتند که عملیات شخم، می‌تواند باعث انتقال آهک از افق کلسیک زیرین به سطح خاک در مناطق جنگل تراشی شده شود. هم‌چنین در کاربری تراس‌بندی مقدار آهک برابر ۱۲/۸۳ درصد می‌باشد که بیشترین مقدار در بین کاربری‌ها مورد مطالعه است و علت آن را می‌توان به بالا آمدن آهک زیرین علاوه بر شخم از طریق عملیات تراس‌بندی انجام شده، نسبت داد. مقدار ماده آلی در بین کاربری‌های مورد مطالعه از ۰/۶۶ تا ۳/۳۹ درصد متغیر است. بیشترین مقدار ماده آلی مربوط به جنگل، به دلیل پوشش گیاهی قوی، افزوده شدن سالانه لاش برگ درختان به خاک، عدم دست‌خوردگی و زیر و رو کردن

جدول (۱) ضریب همبستگی در بین شاخص‌های مورد مطالعه
Table (1) Correlation coefficient between studied indices

رس Clay	شن Sand	پایداری خاکدانه Soil structural stability	چگالی ظاهری Bulk density	EC	pH	کربنات کلسیم معادل (CCE)	مواد آلی OM	تنفس میکروبی Microbial respiration	MBC	EMI	
-0.82**	-0.15 ^{ns}	-0.2 ^{ns}	-0.14 ^{ns}	0.24 ^{ns}	0.19 ^{ns}	0.53**	-0.5*	-0.5*	-0.09 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	سیلت (Silt)
1	-0.36*	0.1 ^{ns}	0.2 ^{ns}	-0.65**	0.7**	-0.75**	0.4*	0.5*	0.19 ^{ns}	0.019 ^{ns}	رس (Clay)
	1	0.11 ^{ns}	-0.22 ^{ns}	0.35*	0.18 ^{ns}	0.21 ^{ns}	-0.16 ^{ns}	0.007 ^{ns}	-0.07 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	شن (Sand)
		1	-0.7**	-0.07 ^{ns}	0.047 ^{ns}	0.5*	0.5**	0.4**	0.44**	0.54**	پایداری خاکدانه (Soil structural stability)
			1	-0.07 ^{ns}	-0.17 ^{ns}	0.19 ^{ns}	-0.4**	-0.09 ^{ns}	-0.4**	-0.5**	چگالی ظاهری (Bulk density)
				1	0.22 ^{ns}	0.5**	-0.17 ^{ns}	-0.4**	-0.19 ^{ns}	0.08 ^{ns}	pH
					1	0.2 ^{ns}	-0.17 ^{ns}	0.35*	-0.04 ^{ns}	0.04 ^{ns}	EC
						1	-0.6**	-0.6**	-0.5 ^{ns}	-0.15 ^{ns}	کربنات کلسیم معادل (CCE)
							1	0.8**	0.7**	0.51*	ماده آلی (OM)
								1	0.57**	0.5**	تنفس میکروبی (Microbial respiration)
									1	0.54**	MBC

ns, *, **: به ترتیب فاقد معنی دار، معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد

ns, *, **: not significant, significant at 0.05 and 0.01 level, respectively

^۴ وهمکاران، (۱۷)، نونس^۵ و همکاران، (۲۰)، جوانا^۶ و همکاران، (۱۰)؛ نول^۷ مور و همکاران، (۲۱) مطابقت داشت.

تنفس میکروبی و کربن بیومس در کاربری جنگل، دارای بیشترین مقدار بوده که نشان دهنده کثرت جمعیت میکروآرتروپودها در آن می‌باشد، که علت فراوانی آن درصد ماده آلی بالا، وجود لاش برگ و بقایای گیاهی فراوان، تنوع زیستی بالا، طعمه فراوان برای تغذیه این موجودات و پایداری خاکدانه بالا بوده است. کاربری جنگل، هم‌چنین دارای بالاترین مقدار QBS می‌باشد (جدول ۲) نشان دهنده کیفیت بالای خاک جنگل در مقایسه با سایر کاربری‌هاست که دارای بیشترین تنوع

کربن زی توده میکروبی با پایداری خاکدانه، ماده آلی، تنفس میکروبی در سطح ۰/۰۱ درصد و با EMI در سطح ۰/۰۵ درصد همبستگی مستقیم بالایی نشان داد (جدول ۱). هم‌چنین شارما^۱ و همکاران (۲۸)، ضریب همبستگی بالایی را بین ماده آلی و کربن زی توده میکروبی به دست آوردند که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. ریز جانداران خاک، نقش اساسی در انتقال و تغییر شکل ماده آلی خاک، مانند معدنی شدن و غیر متحرک شدن ماده آلی دارند. این تغییر شکل‌ها، پایه‌های اساسی تجزیه گیاهان، خاکدانه بندی خاک و قابلیت دسترسی عناصر هستند (۲۹). نتایج به دست آمده در این پژوهش با یافته‌های محققان زیادی، از جمله ماریناری^۲ و همکاران، (۱۵)، بیرخوفر^۳ و همکاران، (۳)، میرالز

4- Miralles *et al.*

5- Nnues *et al.*

6- Johanna *et al.*

7- Noellemeyer *et al.*

1- Sharma *et al.*

2- Marinari *et al.*

3- Birkhofer *et al.*

م تفاوت است و در لاش‌برگ‌هایی با نسبت C/N بالا، از اهمیت بیش‌تری برخوردارند (۶). هم‌چنین مقدار QBS در کاربری زارعی برابر با ۲۹ می‌باشد که کم‌ترین مقدار را در بین کاربری‌ها مورد مطالعه داشته است که این کاهش نشان‌دهنده پایین بودن کیفیت زیستی خاک در اثر کاهش شرایط مناسب برای انطباق جانوران خاک‌زی با خاک در نتیجه کاهش ماده آلی، افزایش چگالی ظاهری، شخم نامناسب و کم بودن بقایای گیاهی این اراضی است.

در کاربری نهال‌کاری مقدار EMI برابر ۴۹ بوده است، که بیش‌تر بودن مقدار آن نسبت به مرتع در ارتباط با هوادهی بیش‌تر خاک در اثر عملیات کشت و کار و جرم مخصوص ظاهری کم‌تر آن و در نهایت اکسیژن در دسترس بیش‌تر برای جانورن خاک که باعث بیش‌تر شدن طعمه در این کاربری شده است. مقدار EMI در کاربری باغی برابر با ۳۷ است. بالا بودن مقدار EMI در کاربری باغی، نسبت به زراعی، به دلیل عدم خاک‌ورزی و کشت و کار و وجود بقایای گیاهی بیش‌تر روی سطح خاک، در نتیجه وجود طعمه بیش‌تر می‌باشد. هم‌چنین در کاربری مرتع، مقدار EMI برابر ۳۰ است، که کاهش مقدار آن نسبت به جنگل، به دلیل کاهش پوشش گیاهی، بازگشت کم‌تر بقایای گیاهی و فشرده شدن سطح خاک، به جهت چرای بی‌رویه دام است. هم‌چنین مقدار QBS در مرتع برابر با ۳۷ به‌دست آمد که حدی میانه در بین کاربری‌های مورد مطالعه دارد و نشانه کیفیت زیستی متوسط آن نسبت به جنگل است.

در کاربری تراس‌بندی، مقدار EMI برابر با ۴۱ بوده که بیش‌تر بودن آن نسبت به کاربری زراعی، به دلیل از بین رفتن شیب و در نهایت حفظ بهتر مواد آلی و مقدار بیش‌تر کربن زیتوده میکروبی آن و در نهایت طعمه در خاک است. مقدار QBS در تراس‌بندی برابر با ۴۱ بود که بالا بودن آن هم نشان‌دهنده افزایش کیفیت زیستی خاک در اثر از بین بردن شیب در تراس‌ها نسبت به زراعی است. مقدار C\A (*Collembola/Acari*) در کاربری

گونه‌های جانوری با بیش‌ترین انطباق با خاک است که نشان‌دهنده کیفیت زیستی بالای آن می‌باشد که در نتیجه، شرایط مساعد فیزیکی و شیمیایی، از جمله پایداری خاکدانه و ماده آلی بالا و چگالی ظاهری کم و تهویه مناسب ایجاد شده است. علاوه بر آن، جنگل دارای بیش‌ترین نسبت گونه جانوری کلومبولا^۱ به آکاری^۲ است؛ که نشان‌دهنده بیش‌ترین تعداد کلومبولا است. در مرتع نیز مانند جنگل، نسبت گونه جانوری کلومبولا به آکاری زیاد است و احتمالاً دلیل آن بالا بودن فضولات دام‌های در حال چرا بوده است.

در اغلب خاک‌ها ۹۰ درصد جمعیت میکرو آرتروپودا را کلمبلا و کنه‌ها تشکیل می‌دهند و سایر گروه‌ها شامل بی‌شاخکان، دم‌چنگالیان و خرد پایان و هم پایان می‌باشند. گرچه شناخت کافی از اکولوژی میکرو آرتروپودا وجود ندارد، ولی این گروه از موجودات خاک‌زی نقش مهمی در تسریع تجزیه بقایای گیاهی از طریق تعامل با میکروفلور خاک دارند (۶ و ۲۷). در کاربری زراعی مقدار EMI برابر با ۲۹ است که کم‌ترین مقدار را در بین کاربری‌ها داشته است؛ علت این کاهش در جمعیت زیستی خاک این اراضی به دلیل ماده آلی کم و هوادهی بیش‌تر خاک در اثر عملیات خاک‌ورزی و کاهش طعمه است. موجودات خاک‌زی منجر به ریزتر شدن لاش‌برگ‌های در حال تجزیه می‌شوند و قابلیت دسترسی آن‌ها را برای تجزیه میکروبی فراهم‌تر می‌نمایند (۳۲). مواد دفعی میکرو آرتروپودهای ریزه‌خوار مانند کلمبلا و کنه‌های ارباتیید، در مقایسه با لاش‌برگ‌ها از نسبت سطح به حجم بیش‌تری برخوردار هستند. این مساله منجر به بیش‌تر شدن مقدار تجزیه آن‌ها در واحد زمان می‌شود (۶). جریان انرژی و چرخه عناصر غذایی از طریق خاک تسریع و باعث افزایش میزان برگشت‌پذیری زی‌توده میکروبی می‌شود. اهمیت میکرو آرتروپودا در میزان تجزیه لاش‌برگ با توجه به کیفیت لاش‌برگ

از نتایج C/A به دست آمده با توجه به بیشترین تنوع جانوری و نسبت کلومبولا به آکاری در جنگل و افزایش روند کاهشی آن در سایر کاربری‌ها با افزایش عملیات زراعی در آن‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش پایداری خاکدانه که به دنبال افزایش ماده آلی ایجاد می‌شود، باعث افزایش EMI و هم‌چنین نسبت کلومبولا به آکاری می‌گردد. کاهش جرم مخصوص ظاهری هم با تأثیر مثبت بر هوای خاک، موجب افزایش جمعیت جانوری خاک می‌شود.

نهال‌کاری، زراعی و تراس‌بندی کم‌ترین مقدار را داشته که نشان دهنده بیشترین مقدار کلومبولا در آن است و علت آن احتمالاً شرایط مناسب برای حضور بیش‌تر طعمه‌های مورد مصرف آن است (جدول ۳).

به طور کلی در یک منطقه، نوع و کمیت بقایای آلی در حال تجزیه و اثرات آن‌ها بر جمعیت میکروفلور، پایداری ساختمان خاک، به خصوص حجم منافذ، و رژیم رطوبتی خاک از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده فراوانی میکرو آرتروپودهای خاک در یک منطقه اقلیمی محسوب می‌شود (۳۳).

جدول (۲) بررسی گونه‌های میکروآرتروپودهای خاک، نمره‌دهی براساس EMI و QBS در کاربری‌های مختلف

Table (2) Species of soil micro arthropods, scoring based on EMI and QBS in the lands use

نوع گونه جانوری (Animal Species)	کاربری (Land use)					
	جنگل Forest	زراعی Cultivate	نهال‌کاری Forestry	تراس‌بندی Terracing	باغ‌کاری Gardening	مرتع Pasture
Acari	20	20	20	20	20	20
Collembola	20	8	20	20	8	6
Protura	20	0	0	0	0	0
Hymenoptera	1	0	5	0	5	0
Coleoptera	0	0	0	0	0	0
Diptera (larvae)	10	0	10	0	0	0
Otherholometabolousinsects (larvae)	10	0	0	0	0	10
Otherholometabolous insects (adults)	0	0	0	0	0	1
Hemiptera	0	0	0	0	0	0
Psocoptera	0	0	0	0	0	0
Araneae	0	0	0	0	5	0
Chilopoda	0	0	0	0	0	0
QBS	86	29	56	41	38	37

جدول (۳) تأثیر کاربری حفاظتی بر C/A (نسبت کلومبولا به آکاری)

Table (3) Impact of conservation lands on C/A (Collembola/Acari ratio)

C/A	No of Collembola	No. of ACARI	فرم‌های زیستی (Biological forms)	کاربری (Land use)
0.11	3	27	5	تراس‌بندی (Terracing)
0.1	3	31	9	نهال‌کاری (Forestry)
0.69	9	13	10	جنگل (Forest)
0.47	9	19	6	مرتع (Pasture)
0.06	2	35	6	باغ‌کاری (Gardening)
0.08	1	13	5	زراعی (Cultivate)

کاری، باغ‌کاری، تراس‌بندی، مرتع و زراعی کاهش کاهش پیدا کرده‌است که نشان دهنده کاهش کیفیت زیستی خاک و یا تأثیر مثبت عملیات حفاظتی انجام شده می‌باشد. مقدار شاخص EMI (درجه وابستگی موجودات خاکزی به خاک) همبستگی خوبی را با پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی از جمله پایداری خاکدانه، جرم مخصوص ظاهری، ماده آلی، تنفس و کربن زیتوده میکروبی نشان داد که شاهدهی بر وابستگی جمعیت موجودات خاکزی با پارامترهای ذکر شده‌است. مقدار C/A در جنگل و سپس مرتع بیش‌ترین مقدار و در زراعی کم‌ترین مقدار را داشته که بیانگر این مطلب است که با کاهش جرم مخصوص ظاهری و افزایش ماده آلی، پایداری خاکدانه افزایش می‌یابد و می‌توان نتیجه گرفت افزایش کیفیت فیزیکی و شیمیایی خاک باعث افزایش فعالیت جانوری خاک و در نهایت کیفیت زیستی خاک شده‌است. به طور کلی نتایج نشان داد که عملیات حفاظتی انجام شده در منطقه، باعث افزایش کیفیت فیزیکی، شیمیایی و به خصوص زیستی خاک شده‌است. البته برای دستیابی به نتایج شاخص تر به گذشت زمان بیش‌تر از انجام عملیات حفاظتی و استقرار بهتر و کامل‌تر آن‌ها نیاز است.

بیرخوفر و همکاران، (۳) با بررسی پارمترهای زیستی در خاک سطحی و زیرین سیستم کشاورزی سنتی و ارگانیک تحت کشت گندم در آزمایش‌های کشاورزی بلندمدت، دریافتند که باکتریوویروس، نماتدها و کرم‌های خاکی، در سیستم‌هایی که کود دامی دریافت کرده بودند، فراوان‌تر و فراوانی عنکبوتیان و میکروآرئوپودها نیز در مدیریت آلی مطلوب است. این افزایش جمعیت، احتمالاً ناشی از افزایش دسترسی به طعمه و افزایش پوشش گیاهی علفی بوده‌است.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که تخریب جنگل‌ها و مراتع باعث کاهش شاخص‌های کیفیت خاک شده و عملیات حفاظتی تا حدی این کاهش را جبران کرده‌است و تأثیر کم آن می‌تواند به دلیل عمر کوتاه این عملیات‌ها باشد. تنفس میکروبی و کربن زی‌توده میکروبی، تابعی از مواد آلی خاک است که عملیات حفاظتی تا حدی باعث افزایش آن شده‌است. مقدار جمعیت میکروآرئوپودها در جنگل، بیش‌ترین مقدار را داشت که نشان از کیفیت بالای خاک آن می‌باشد و کاهش شدید در زراعی نشان تخریب کیفیت خاک در اثر تغییر کاربری می‌باشد. مقدار QBS به ترتیب از جنگل، نهال-

منابع

1. Arefi Asl, A., Najafi Nejad, A., and Kiani, F. 2010. The effect of map spatial resolution on simulation result of SWAT, case study: Chelchay Watershed, Golestan Province in Iran. Book of abstract 2010 International SWAT Conference, 51 pp.
2. Bayramin, I.O., Baskan, D., and Parlak. M. 2003. Soil erosion assessment with CONA model: Case study Bepazri area. Turkish Journal of Agriculture, 27: 105-116.
3. Birkhofer, K., Bezemer, T., and Bloem, A. 2008. Long-term organic farming fosters below and aboveground biota: Implications for soil quality, biological control and productivity. Soil Biology and Biochemistry, 40: 2297-2308.
4. Bronson, K. F., Zobeck, T. M., Chua, T. T., Acosta-Martinez, V., Van Pelt, R. S., and Booker, J. D. 2004. Carbon and nitrogen pools of southern high plains cropland and grassland soils. Soil Science Society of American Journal, 68: 1695-1704.
5. 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.

6. Coleman, D. C., Crossley, D. A. J., and Hendrix, P. F. 2004. Fundamentals of Soil Ecology. Academic press. 386 pp.
7. Ferreras, L. A., Costa, F. O. G., and Pecorari, C. 2000. Effect of no tillage on some soil physical properties of a structural degraded petrocalcic paleudoll of the southern pampa of Argentina. *Soil and Tillage Resources*, 54: 31-39.
8. Hessel, R. 2002. Modelling soil erosion in a small catchment on the Chinese Loess Plateau. Applying LISEM to extreme conditions. (Doctoral dissertation), 318p.
9. Islam, K. R., and Weil, R. R. 1998. Land use effect on soil quality in tropical forest ecosystem of Bangladesh. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 79: 9-16.
10. Johanna, E. N., and Sina, M. A. 2014. Differences in soil quality indicators between organic and sustainably managed potato fields in Eastern Canada. *Ecological Indicators*, 37:119-130.
11. Kiani, F., Jalalian, A., Pashae., A and Khademi, H. 2003. Effects of deforestation on selected soil quality attributes in loess derived land forms of Golestan province, northern Iran. *Proceeding of the 4 International Iran and Russian Conference, Shahrekord*, PP: 546-550.
12. Kiani, F., Jalalian, A., Pashaei, A., and Khademi, H. 2007. Effect of Deforestation, Grazing exclusion and Rangeland Degradation on Soil Quality Indices in Loess-Derived Landforms of Golestan Province. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science*, 11(41): 453-464. (in Persian).
13. Kiss, S. M., Dragan-Bularda, T., and Radulescu, D. 1975. Biological significance of enzymes accumulated in soil. *Advances in Agronomy*, 27: 25-91.
14. Mahzari, S., Kiani, F., Azimi. M., and Khormali, F. 2016. Using SWAT model to determine runoff, sediment yield and Nitrate loss in Gorganrood watershed, Iran. *Ecopersia*, 4(2), 1359-1377.
15. Marinari, S., Masciandaro, G., Ceccanti, B., and Grego, S. 2000. Influence of organic and mineral fertilizers on soil biological and physical properties. *Bioresource Technology* , 72: 9–17.
16. Marzaioli, R., D'Ascoli, R., De Pascale, R., A and Rutigliano, F. A. 2010. Soil quality in a mediterranean area of southern Italy as related to different land use types. *Journal of Applied Soil Ecology*, 44: 205-212.
17. Miralles, I., Domingo, F., and García-Campos, E. 2012. Biological and microbial activity in biological soil crusts from the Tabernas desert, a sub-arid zone in SE Spain. *Soil Biology and Biochemistry*, 55:113 –121.
18. Murty, D., Kirschbaum, M. U. F., Mcmurtrie, R. E., and Mcgilvaray, H. 2002. Does conversion of forest to agricultural land change soil carbon and nitrogen? A review of the literature. *Journal of Global Change Biology*, 8: 105-123.
19. Najafi, G. 2005. Water and agriculture. *Dehati, Monthly Agric* , 28: 8-14.(in Persian).

20. Nnues, J. S., Arayjo, A. S. F., Nunes, L. A. P., L., Lima, L. M., Carneiro, R. F. V., Salviano, A. A. C. S., and Tasi, T. S. M. 2012, Impact of land degradation on soil Microbial biomass and activity in northeast brazil. *Pedosphere*, 22(1): 88–95.
21. Noellemeyer, E., Quiroga, A. R., and Estelrich, D. 2006. Soil quality in three range soils of the semi-arid Pampa of Argentina. *Journal of Arid Environments*, 65: 142–155.
22. Page, M. C., Sparks, D. L., Noll, M. R., and Hendricks, G. J. 1987. Kinetics and mechanisms of potassium release from sandy middle Atlantic coastal plain soils. *Soil Science Society of America Journal*, 51: 1460-1465.
23. Papendick, R. I., and Parr, J. 1992. Soil quality-the key to a sustainable agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture*, 7(1-2), 2-3.
24. Parisi V., 2001. La qualità biologica del suolo. Un metodo basato sui microartropodi. *Acta Naturalia de "L'Ateneo Parmense* .37: 97-106.
25. Pathak, P., Sahrawat, K. L., Rego, T. J., and Wani, S. P. 2004. Measurable biophysical indicators for impact assessment: changes in soil quality, *ICRISAT*, 53-73.
26. Refahi, H.Gh. (2006). Water erosion and conservation. University of Tehran. 22(5), 671. (in Persian).
27. Seastedt, T.R. 1984. The role of microarthropods in decomposition and mineralization processes. *Annual Review of Entomology*, 29: 25-46.
28. Sharma, K. L., Uttam Kumar Mandal Srinivas, K., Vittal, K. P. R., Biswapati Mandal, Kusuma Grace, J., and Ramesh, V. 2004. Long-term soil management effects on crop yields and soil quality in a dryland Alfisol. *Soil and Tillage Research*, 83(2): 246-259.
29. Smith, J. L., and Doran, J. W. 1996." Measurement and use of pH and electrical conductivity for soil quality, pp.169-182, *Soil Sci. Soc. Am. Special Publication*, No. 49, Madison, Wisconsin, USA. Bangkok, Thailand: International Board for soil research and management. Technical papers 2:175-203.
30. Topp, G. C., Reynolds, W. D., Cook, F. J., Kirby, J. M., and Carter, M. R. 1997. Physical attributes of soil quality. *Developments in Soil Science*, 25, 21-58.
31. Vagen, T.G., Andrianorofanomezana, M.A.A. and Andrianorofanomezana, S. 2006. Deforestation and cultivation effects on characteristics of Oxisols in the highlands of Madagascar. *Geoderma*, 131: 190-200.
32. Wardle, D. A. 2002. *Communities and ecosystem: linking the aboveground and belowground components*. Princeton University press.
33. Winter, J. P & Behan-pelletier, V. M. 2007. Microarthropods. In M. R. Carter, & E. G. Gregorich (Eds), *Soil Sampling and Methods of Analysis*, Second Edition. CRC Press.