نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و ششم، شماره سوم، ۱۳۹۸
۱۲۷-۱۴۳
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2019.16191.3147

# اثر پوشش‌های جنگلی، مرتعی و زراعی بر مشخصه‌های میکروبی و فعالیت‌های آنزیمی خاک

*یحیی کوچ[1] و نیلوفر نقره[2]
[1]استادیار گروه مرتعداری، دانشگاه تربیت مدرس، [2]دانشجوی کارشناسی‌ارشد مرتعداری، دانشگاه تربیت مدرس
تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۲۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۱۵

## چکیده

**سابقه و هدف:** تخریب رویشگاه‌های جنگلی و تغییر کاربری اراضی از جمله عوامل مؤثر بر تغییرپذیری مشخصه‌های خاک به‌شمار می‌روند. مشخصه‌های میکروبی و فعالیت‌های آنزیمی، به‌عنوان شاخص‌های سلامت خاک، پویاترین و حساس‌ترین مشخصه‌های خاک محسوب می‌شوند که نقش مهمی در چرخه عناصر غذایی، حاصل‌خیزی درازمدت و جریان انرژی در خاک دارند. این مشخصه‌ها اطلاعات مفید و کاملی در مورد چرخه بیوژئوشیمیایی عناصر نشان می‌دهند، زیرا نسبت به تغییرات در محیط خاک به سرعت واکنش نشان داده و اطلاعات جامعی در خصوص وضعیت فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک ارائه می‌دهند.

**مواد و روش‌ها:** با هدف مطالعه و ارزیابی اثر پوشش‌های جنگلی، مرتعی و زراعی بر مشخصه‌های میکروبی و فعالیت‌های آنزیمی خاک، رویشگاه ییلاقی کدیر از توابع بخش کجور در جنوب‌شرقی شهرستان نوشهر مورد توجه قرار گرفت. در پژوهش پیش‌رو چهار نوع پوشش گیاهی شامل جنگل لور- اوری (*Carpinus orientalis - Quercus macrocarpa*)، اراضی مرتعی با پوشش غالب و قرق *Astragalus balearicus - Teucrium subspinosum*، اراضی مرتعی با پوشش غالب و قرق *Stachys byzantina* و اراضی دیم‌زار گندم (*Triticum aestivum*) انتخاب شد. پس از بازدید و شناسایی مناطق، در هر یک از کاربری‌های مورد مطالعه سه ترانسکت (به فاصله ۵۰ متر از همدیگر) به طول ۲۰۰ متر پیاده و نمونه‌های خاک در یک سطح ۲۵ سانتی‌متر × ۲۵ سانتی‌متر تا عمق ۱۵ سانتی‌متری در ابتدا، وسط و انتهای هر ترانسکت برداشت شدند. در مجموع ۹ نمونه خاک از هر کاربری جهت آنالیز مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی، زیستی، میکروبی و فعالیت‌های آنزیمی به آزمایشگاه انتقال داده شد.

**یافته‌ها:** نتایج تجزیه واریانس بیانگر آن است که بیش‌ترین مقادیر مشخصه‌های پایداری خاکدانه، محتوی رس، رطوبت، کربن آلی، نیتروژن کل، کربن آلی ذره‌ای، نیتروژن آلی محلول، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم قابل‌جذب، زی‌توده ریزریشه، نیترات و معدنی شدن نیتروژن خاک و کم‌ترین مقادیر مشخصه‌های جرم مخصوص ظاهری و نسبت کربن به نیتروژن خاک به رویشگاه جنگلی اختصاص داشته است. بیش‌ترین مقدار محتوی شن و کم‌ترین

* مسئول مکاتبه: yahya.kooch@modares.ac.ir

مقادیر مشخصه‌های سیلت و کربن آلی محلول در کاربری زراعی مشاهده شد. مشخصه‌های pH، هدایت الکتریکی، نیتروژن آلی ذره‌ای و آمونیوم تفاوت‌های آماری معنی‌داری را در بین کاربری‌های مورد مطالعه نشان ندادند. بیش‌ترین مقادیر مشخصه‌های تنفس پایه، تنفس برانگیخته، زی‌توده میکروبی کربن، زی‌توده میکروبی نیتروژن، زی‌توده میکروبی فسفر، اوره‌آز، اسید فسفاتاز، آریل‌سولفاتاز و اینورتاز در رویشگاه جنگلی مشاهده شد در حالی‌که شاخص‌های میکروبی مورد مطالعه (ضریب متابولیکی، سهم میکروبی و شاخص قابلیت دسترسی به کربن) تفاوت‌های آماری معنی‌داری را در بین کاربری‌ها نشان نداده‌اند. تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) نیز بیانگر وجود فعالیت‌های میکروبی، آنزیمی، زیستی و حاصل‌خیزی بیش‌تر خاک در رویشگاه جنگلی بوده و موقعیت مکانی کامل متفاوتی را نشان می‌دهد.

**نتیجه‌گیری:** به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که مشخصه‌های مختلف خاک تحت رویشگاه جنگلی از وضعیت بهتری نسبت به سایر رویشگاه‌های مورد مطالعه برخوردار می‌باشند، در حالی‌که تخریب جنگل و تغییر کاربری اراضی با افت شاخص‌های کیفیت مواد آلی و خاک باعث کاهش فعالیت‌های میکروبی و بیوشیمی خاک می‌شود.

***واژه‌های کلیدی:*** پوشش مرتعی آستراگالوس، جنگل بلوط- اوری، دیم‌زار گندم، مرتع استاخیز

## مقدمه

رویشگاه‌های جنگلی یکی از ارکان اصلی توسعه پایدار در هر کشوری محسوب می‌شوند، در نتیجه از اهمیت زیادی برخوردارند و به همین خاطر امروزه بیش‌تر مورد توجه قرار گرفته‌اند. در سال‌های اخیر سرعت تخریب جنگل‌ها افزایش یافته و شیوه‌های نادرست و نامناسب بهره‌برداری از اراضی طبیعی به‌ویژه در چند دهه اخیر موجب بروز لطمه‌های شدید به عرصه‌های منابع طبیعی به‌ویژه جنگل‌ها شده است (۱۵). با توجه به آمار موجود بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲، افزایش جمعیت، گسترش شهرها، چرای دام، توسعه کشاورزی، آتش‌سوزی و دخالت در اکوسیستم‌های جنگلی منجر به کاهش حدود ۳/۲ درصد از پوشش‌های جنگلی جهان شده است (٤٤) که با توجه به رشد جمعیت و توسعه صنایع این روند رو به رشد می‌باشد. جنگل‌زدایی عواقب اکولوژیکی زیان‌باری مانند کاهش تنوع زیستی و کیفیت خاک را به همراه دارد. از بین رفتن پوشش جنگلی باعث تغییر در شاخص‌های کیفیت فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک می‌گردد. تخریب جنگل و تبدیل آن به اراضی مرتعی و زراعی متداول‌ترین اشکال تغییر کاربری اراضی جنگلی در مناطق شمالی ایران می‌باشد (۲۵). جمعیت میکروبی خاک مهم‌ترین بخش زنده خاک هستند که نقش مهمی در چرخه عناصر غذایی، حاصل‌خیزی درازمدت و جریان انرژی در خاک دارند (۱۱). از این‌رو ارزیابی ریزجانداران خاک می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای بررسی کیفیت زیستی خاک به‌کار رود. مشخصه‌های میکروبی کنترل‌کننده فرآیندهای اکولوژیک در اکوسیستم و حاصل‌خیزی خاک می‌باشند. جمعیت میکروبی خاک مسئول تنظیم چرخه عناصر غذایی در خاک است و در فراهم ساختن عناصر غذایی برای گیاه نقش مهمی را بر عهده داشته و بدین گونه در رشد گیاه کارایی بالایی دارند (٦۰). ریزجانداران خاک و گیاهان با یکدیگر ارتباط تنگاتنگ دارند، بنابراین هر گونه اثر مخرب که سبب تخریب تعادل میان ریزجانداران شود، منجر به ایجاد اثرات

نامطلوبی بر حاصل‌خیزی و پایداری زیست‌بوم خاک خواهد شد (۳٦). بر همین اساس، تغییر در جوامع میکروبی (با توجه به نقشی که در تجزیه مواد آلی و معدنی شدن مواد غذایی دارند) عملکرد اکوسیستم را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند (۱۷). از آن‌جایی‌که جوامع میکروبی به‌شدت تحت‌تأثیر شرایط رویشگاه و یا زیست‌گاهی هستند که در آن وجود دارند خصوصیات میکروبیولوژیک خاک می‌تواند به‌عنوان شاخصی برای تعیین تغییرات کیفیت خاک در کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت به‌کار رود. در همین راستا، پژوهش‌های زیادی بیان نمودند که پارامترهای زیستی و میکروبیولوژیک می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های حساس به تغییرات محیطی، مدیریتی و تغییر کاربری اراضی مورد استفاده قرار گیرند (۱۹، ٤۲ و ٦۰).

فعالیت آنزیمی به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم و حساس کیفیت خاک گزارش شده است؛ زیرا آزاد شدن مواد غذایی برای رشد گیاهان و میکروب‌ها را کنترل می‌کنند (۱۲). بنابراین مهم‌ترین دلیل استفاده از فعالیت‌های آنزیمی به‌عنوان شاخص کیفیت خاک، ارتباط تنگاتنگ این شاخص میکروبی با پارامترهای کیفیت خاک و سیر سریع تغییر و تحولات در مقایسه با دیگر مشخصه‌های خاک می‌باشد (۱۳). افزایش فعالیت آنزیمی با افزایش مواد آلی به‌خاطر وابستگی فعالیت میکروبی و آنزیم تولیدشده به عرضه سوبسترای کربن می‌باشد. به‌علاوه بیش‌تر آنزیم‌های برون سلولی آزادشده در خاک تنها در صورتی که سریعاً تجزیه نشوند قادرند در خاک پایدار بمانند. همچنین کاهش مواد آلی متناسب با کاهش فعالیت آنزیمی در نتیجه کاهش در زی‌توده میکروبی و تغییر در ترکیب رشد و توسعه ریشه و میکروفلور خاک می‌باشد (٤۵). فعالیت آنزیم‌های مختلف در خاک بر بسیاری از شاخص‌های خاک اثر دارند. نوع کاربری و زیست‌بوم حاکم بر خاک می‌تواند شدت فعالیت‌های آنزیمی خاک را کنترل نماید. آشفتگی‌های ناشی از جنگل‌زدایی، چرای بی‌رویه و تبدیل جنگل‌ها به مراتع و اراضی زراعی در ایران (۲۲ و ۳۵) و دیگر نقاط جهان (۱٤، ۲٦ و ۵۲) تنزل کیفیت فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک را به‌همراه داشته است. پژوهش‌های زیادی نشان می‌دهد که فعالیت آنزیم‌ها می‌تواند به‌عنوان اولین شاخص برای تغییراتی که در اثر روش‌های مدیریتی و همچنین تغییرات اقلیمی در ویژگی‌های خاک روی می‌دهد محسوب شود (۲). به‌طورکلی، ویژگی‌های زیستی خاک در مقایسه با سایر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی به‌دلیل حساس بودن به هر گونه دگرگونی ایجاد شده، اثر تخریب و یا تغییر کاربری اراضی، به‌عنوان شاخص‌های مناسبی برای بررسی کیفیت و سلامت خاک مورد توجه می‌باشند (۳۵). با توجه به پژوهش‌های انجام شده و همین‌طور اهمیت شناخت و مطالعه فعالیت‌های میکروبیولوژی خاک در کاربری‌های مختلف جنگلی و غیرجنگلی، در این پژوهش به مطالعه فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی خاک در ارتباط با پوشش‌های مختلف اراضی در یک منطقه کوهستانی پرداخته خواهد شد، که تاکنون کم‌تر در این گونه مناطق مورد توجه قرار گرفته است، تا در نهایت رابطه منطقی بین چرخه‌های بیوژئوشیمیایی عناصر و نوع پوشش‌های گیاهی مورد بررسی حاصل گردد.

## مواد و روش‌ها

**منطقه مورد مطالعه:** محدوده مورد بررسی در رویشگاه ییلاقی کدیر با پوشش اولیه جنگل‌های تنک و در حال حاضر با کاربری مراتع تبدیلی از توابع بخش کجور در جنوب‌شرقی شهرستان نوشهر و بین طول جغرافیایی ۵۱ درجه، ٤٦ دقیقه و ۲٤ ثانیه تا ۵۱ درجه، ٤٦ دقیقه و ۲۷ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳٦ درجه، ۲۷ دقیقه و ۱٤ ثانیه تا ۳٦

درجه، ۲۷ دقیقه و ۱۶ ثانیه شمالی و در زون البرز مرکزی قرار گرفته است. ارتفاع متوسط منطقه از سطح دریا ۲۳۰۰ متر، متوسط بارندگی سالانه منطقه ۳۹۱/۳۹ میلی‌متر و اقلیم منطقه سرد و نیمه‌خشک می‌باشد. شیب عمومی منطقه یک جانبه و ۱۵ درصد جنوبی است. در پژوهش پیش‌رو چهار نوع پوشش گیاهی شامل جنگل لور- اوری (*Carpinus orientalis* - *Quercus macrocarpa*)، اراضی مرتعی با پوشش غالب و قرق *Astragalus balearicus* - *Teucrium subspinosum*، اراضی مرتعی با پوشش غالب و قرق *Stachys byzantina* و اراضی دیم‌زار گندم (*Triticum aestivum*) مورد توجه قرار گرفته است. در این پژوهش، جهت سهولت بیان، هر یک از این کاربری‌های فوق به‌ترتیب با عناوین کاربری جنگل، مرتع آستراگالوس، مرتع استاخیز و کشاورزی اشاره خواهند شد. در این مطالعه، بخش‌هایی از این کاربری‌ها انتخاب شده که به‌صورت پیوسته با هم بوده و حداقل اختلاف ارتفاع از سطح دریا، حداقل تغییر درصد و جهت شیب، در آن‌ها مشاهده شده است.

**نمونه‌برداری و تجزیه آزمایشگاهی:** پس از بازدید و شناسایی مناطق، در هر یک از کاربری‌های مورد مطالعه سه ترانسکت (به فاصله ۵۰ متر از همدیگر) به طول ۲۰۰ متر پیاده و نمونه‌های خاک در یک سطح ۲۵ سانتی‌متر × ۲۵ سانتی‌متر تا عمق ۱۵ سانتی‌متری در ابتدا، وسط و انتهای هر ترانسکت برداشت شدند. در مجموع ۹ نمونه خاک از هر کاربری به آزمایشگاه انتقال داده شد. جرم مخصوص ظاهری به روش کلوخه، پایداری خاکدانه بر اساس روش الک تر، بافت خاک به روش هیدرومتری، درصد رطوبت به روش توزین و خشک کردن، واکنش (pH) خاک به روش پتانسیومتری، هدایت الکتریکی پس از عصاره‌گیری با استفاده از دستگاه مخصوص هدایت‌گر الکتریکی (EC متر)، کربن آلی به روش والکی‌بلاک، نیتروژن کل به روش کجلدال (۲۴)، کربن و نیتروژن آلی ذره‌ای به روش سیکس و همکاران (۱۹۹۸) (۵۰)، کربن و نیتروژن آلی محلول در عصاره‌ها، فسفر قابل‌جذب به روش اولسن، پتاسیم، منیزیم و کلسیم قابل‌جذب نیز با دستگاه جذب اتمی (۱۸)، زی‌توده ریزریشه‌ها (ریشه‌های نازک‌تر از ۲ میلی‌متر) پس از جداسازی به روش توزین و خشک کردن (۳۸)، مقادیر نیترات و آمونیوم به‌ترتیب به روش احیای کادمیوم و روش رنگ‌سنجی (۲۴) در محیط آزمایشگاه مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

برای اندازه‌گیری مشخصه‌های میکروبی، از نمونه‌های تازه خاک استفاده شد. میزان تصاعد دی‌اکسیدکربن (تنفس پایه) به روش بطری دربسته اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری تنفس برانگیخته، ۸۰ میلی‌گرم گلوکز به ۲۰ گرم خاک اضافه شد و نمونه‌ها به‌مدت ۱۴ ساعت درون ظروف سربسته (همانند اندازه‌گیری تنفس پایه) انکوباسیون شدند و میزان دی‌اکسیدکربن آزادشده بر اثر تنفس ریزجانداران خاک محاسبه شد. اندازه‌گیری زی‌توده میکروبی کربن، نیتروژن و فسفر به روش تدخین- استخراج انجام و مشخصه ضریب متابولیکی، از تقسیم دی‌اکسیدکربن (میلی‌گرم کربن) آزادشده در هر ساعت از هر گرم خاک (در تنفس میکروبی) بر زی‌توده میکروبی کربن خاک (گرم) محاسبه و گزارش گردید. سهم میکروبی از تقسیم میزان زی‌توده میکروبی کربن به کربن آلی خاک محاسبه شد (۳). برای برآورد شاخص دسترسی به کربن (CAI)، تنفس پایه (مقدار $CO_2$-C به‌دست آمده از یک روز تنفس میکروبی بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم خاک در یک روز) بر مقدار $CO_2$-C به‌دست آمده از تنفس برانگیخته با سوبسترا (بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم خاک در روز) تقسیم شد (۵۷).

فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز، آریل‌سولفاتاز، اینورتاز و اسید فسفاتاز با روش انکوباسیون آزمایشگاهی مورد

سنجش قرار گرفت. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم اوره آز ابتدا ۵ گرم خاک با ۰/۲ میلی‌لیتر تولوئن تیمار و پس از افزودن ۹ میلی‌لیتر بافر تریس (تریس هیدروکسی متیل آمینومتان، pH=۹) و یک میلی‌لیتر محلول ۰/۲ مولار اوره، به‌مدت ۲ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوباسیون شد. سپس، ۳۵ میلی‌لیتر محلول KCL- $Ag_2SO_2$ (۲/۵ مولار نسبت به KCL و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نسبت $Ag_2SO_2$) به آن افزوده و مقدار آمونیوم آزادشده در سوسپانسیون به روش تقطیر با بخار آب تعیین شد. با کم کردن مقدار نیتروژن آمونیومی تیمار شاهد (که در شروع انکوباسیون اوره دریافت نمی‌کند) از تیمار اصلی، فعالیت آنزیم اوره‌آز بر حسب $(\mu g / g.2h)\ NH^{4+}$-N محاسبه شد. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آریل‌سولفاتاز، مقدار مشخصی از خاک پس از انکوباسیون با فسفات- نیتروفنیل و اسید سولفوریک (۲۵ میلی‌لیتر) ترکیب و تحت شرایط استاندارد (۲ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفت و مقدار نیتروفنول تجزیه‌شده از هیدرولیز آنزیم به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر به‌دست آمد. برای مشخص کردن فعالیت آنزیم اینورتاز، نمونه مشخص از خاک در یک دوره ۳ روزه در شرایط انکوباسیون در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و محلول ساکاروز ۱/۲ درصد به آن اضافه شد. سپس، مقدار ساکاروز کاهش‌یافته پس از مدت زمان استاندارد، اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز بر اساس سوبسترای پارانیتروفنیل فسفات تعیین شد. یک گرم خاک و ۰/۲ میلی‌لیتر تولوئن، ٤ میلی‌لیتر بافر MUB (با pH=۱۱ برای آلکالاین فسفاتاز) و یک میلی‌لیتر محلول پرانیتروفنیل فسفات ۰/۰۵ مولار (برای آنزیم آلکالین فسفاتاز) به آن افزوده و به‌مدت یک ساعت در انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سپس، یک میلی‌لیتر کلرو کلسیم نیم مولار و ٤ میلی‌لیتر سود نیم مولار افزوده و سوسپانسیون با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره 2V صاف و غلظت پارانیتروفنل در عصاره صاف شده در طول موج ٤۰۰ تا ٤۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر Shimadzu UV-160A اندازه‌گیری شد و بر اساس تیمار شاهد، فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز بر حسب میلی‌گرم پارانیتروفنل آزاد شده در هر گرم خاک در ساعت ($mgPNPg^{-1}h^{-1}$) محاسبه شد (۳).

**تجزیه‌وتحلیل داده‌ها:** در اولین مرحله، نرمال بودن داده‌ها به‌وسیله آزمون کولموگروف‌اسمیرنوف و همگن بودن واریانس داده‌ها با استفاده از آزمون لون مورد بررسی قرار گرفت. به‌منظور مطالعه تفاوت یا عدم تفاوت مقادیر مشخصه‌های مختلف خاک در ارتباط با نوع کاربری اراضی از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه استفاده شد. آزمون دانکن ($P<۰/۰۵$) نیز به‌منظور مقایسه چندگانه میانگین به‌کار گرفته شد. تجزیه‌وتحلیل آماری همه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱٦ صورت پذیرفت. همه نمودارها در نرم‌افزار اکسل ترسیم شدند. همچنین به‌منظور انجام آنالیز چندمتغیره و تعیین ارتباط مشخصه‌های میکروبی و آنزیمی با مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک در کاربری‌های اراضی، تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) با ایجاد ماتریس حاصله در برنامه PC - ORD تحت Windows مورد بررسی قرار گرفت.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس بیانگر آن است که بیش‌ترین مقادیر مشخصه‌های پایداری خاکدانه، محتوی رس، رطوبت، کربن آلی، نیتروژن کل، کربن آلی ذره‌ای، نیتروژن آلی محلول، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم قابل‌جذب، زی‌توده ریزریشه، نیترات و معدنی شدن نیتروژن خاک و کم‌ترین مقادیر مشخصه‌های جرم مخصوص ظاهری و نسبت کربن به نیتروژن خاک به رویشگاه جنگلی اختصاص داشته و تفاوت آماری

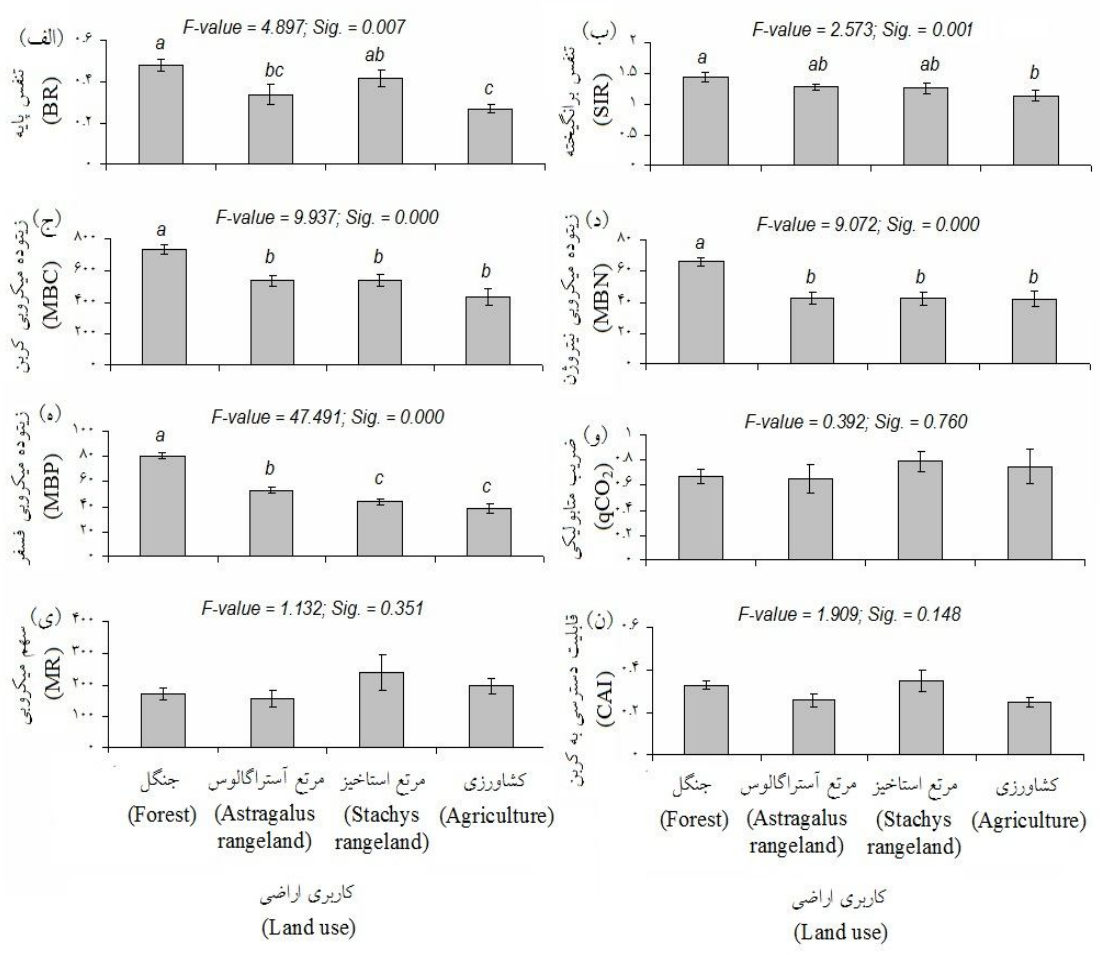
معنی‌داری با سایر کاربری‌های مورد مطالعه داشته است. بیش‌ترین مقدار شن و کم‌ترین مقادیر مشخصه‌های سیلت و کربن آلی محلول در کاربری کشاورزی مشاهده شد. مشخصه‌های اسیدیته، هدایت الکتریکی، نیتروژن آلی ذره‌ای و آمونیوم تفاوت‌های آماری معنی‌داری را در بین کاربری‌های مورد مطالعه نشان ندادند (جدول ۱).

**جدول ۱- میانگین (± اشتباه معیار) مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک در کاربری‌های مختلف اراضی.**

**Table 1. Mean (±SE) of soil physico-chemical and biological properties in different land uses.**

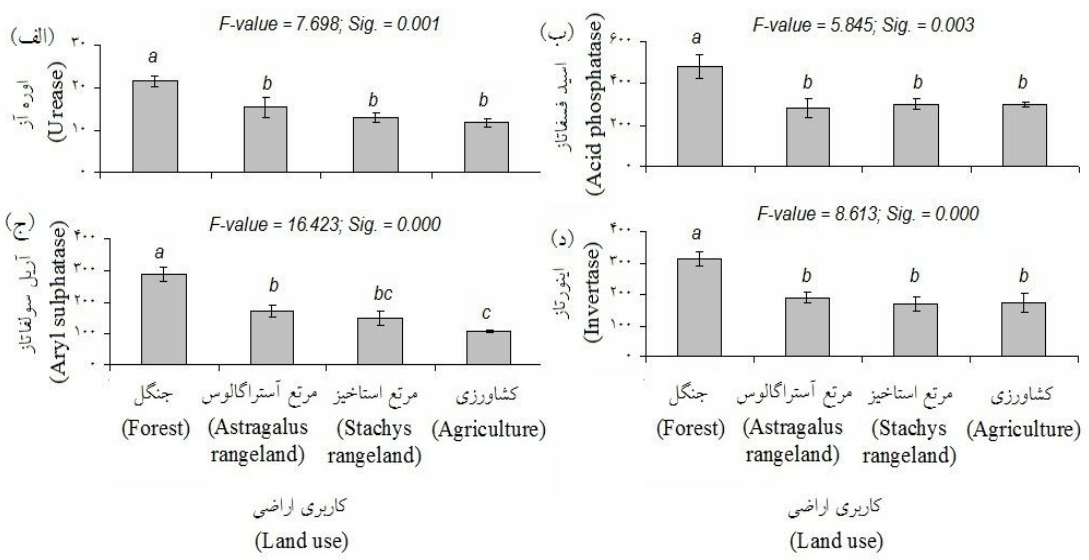
| معنی‌داری Sig. | مقدار F F-value | کشاورزی Agriculture | مرتع استاخیز Stachys rangeland | مرتع آستراگالوس Astragalus rangeland | جنگل Forest | مشخصه خاک / کاربری اراضی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.005 | 5.259 | 1.36±0.08$^{a}$ | 1.34±0.09$^{a}$ | 1.35±0.03$^{a}$ | 1.06±0.01$^{b}$ | جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌مترمکعب) Bulk density (g cm$^{-3}$) |
| 0.000 | 29.358 | 46.31±1.42$^{c}$ | 55.07±2.80$^{b}$ | 61.36±3.04$^{b}$ | 78.59±2.48$^{a}$ | پایداری خاکدانه (درصد) Aggregate stability (%) |
| 0.000 | 12.591 | 41.77±1.38$^{a}$ | 27.00±3.57$^{b}$ | 26.11±2.55$^{b}$ | 21.66±1.74$^{b}$ | شن (درصد) Sand (%) |
| 0.006 | 4.918 | 33.32±1.75$^{b}$ | 44.44±3.27$^{a}$ | 45.22±2.63$^{a}$ | 41.88±1.83$^{a}$ | سیلت (درصد) Silt (%) |
| 0.003 | 5.702 | 24.88±0.58$^{b}$ | 28.55±2.75$^{b}$ | 28.66±2.08$^{b}$ | 36.44±2.06$^{a}$ | رس (درصد) Clay (%) |
| 0.019 | 3.836 | 29.50±1.64$^{b}$ | 39.46±3.65$^{a}$ | 34.63±2.37$^{ab}$ | 44.15±3.86$^{a}$ | رطوبت (درصد) Water content (%) |
| 0.708 | 0.467 | 6.76±0.27 | 6.56±0.22 | 6.55±0.18 | 6.41±0.14 | واکنش خاک (1:2.5 $H_2O$) pH |
| 0.709 | 0.465 | 0.18±0.01 | 0.20±0.03 | 0.19±0.01 | 0.16±0.00 | هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) (ds m$^{-1}$) EC |
| 0.002 | 6.047 | 2.28±0.18$^{c}$ | 2.93±0.47$^{bc}$ | 4.14±0.60$^{ab}$ | 4.57±0.34$^{a}$ | کربن آلی (درصد) Organic carbon (%) |
| 0.000 | 10.207 | 0.25±0.02$^{b}$ | 0.24±0.04$^{b}$ | 0.27±0.03$^{b}$ | 0.49±0.03$^{a}$ | نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%) |
| 0.000 | 7.818 | 15.71±1.45$^{a}$ | 12.89±0.96$^{a}$ | 14.64±0.96$^{a}$ | 9.26±0.32$^{b}$ | نسبت کربن به نیتروژن C/N ratio |
| 0.000 | 21.760 | 1.16±0.06$^{c}$ | 3.03±0.17$^{b}$ | 3.63±0.48$^{ab}$ | 4.43±0.29$^{a}$ | کربن آلی ذره‌ای (گرم بر کیلوگرم) Particulate organic carbon (g kg$^{-1}$) |
| 0.203 | 1.626 | 0.34±0.03 | 0.41±0.07 | 0.37±0.05 | 0.49±0.03 | نیتروژن آلی ذره‌ای (گرم بر کیلوگرم) Particulate organic nitrogen (g kg$^{-1}$) |
| 0.000 | 8.410 | 37.86±3.13$^{b}$ | 66.63±6.52$^{a}$ | 65.57±8.36$^{a}$ | 76.00±2.53$^{a}$ | کربن آلی محلول (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Dissolved organic carbon (mg kg$^{-1}$) |
| 0.038 | 3.156 | 25.67±4.24$^{b}$ | 26.71±2.42$^{b}$ | 31.99±2.70$^{ab}$ | 37.80±2.85$^{a}$ | نیتروژن آلی محلول (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Dissolved organic nitrogen (mg kg$^{-1}$) |
| 0.000 | 10.142 | 13.56±0.88$^{b}$ | 15.71±3.96$^{b}$ | 12.56±0.83$^{b}$ | 28.75±2.25$^{a}$ | فسفر قابل‌جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Availabl P (mg kg$^{-1}$) |
| 0.000 | 13.533 | 260.33±25.24$^{b}$ | 238.67±41.21$^{c}$ | 172.87±14.56$^{c}$ | 422.33±27.71$^{a}$ | پتاسیم قابل‌جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Availabl K (mg kg$^{-1}$) |
| 0.001 | 7.674 | 174.67±13.11$^{b}$ | 184.22±33.01$^{b}$ | 122.69±13.29$^{b}$ | 266.67±20.26$^{a}$ | کلسیم قابل‌جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Availabl Ca (mg kg$^{-1}$) |
| 0.000 | 8.227 | 38.44±1.59$^{b}$ | 37.11±6.80$^{b}$ | 36.22±3.27$^{b}$ | 60.11±2.06$^{a}$ | منیزیم قابل‌جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Availabl Mg (mg kg$^{-1}$) |
| 0.000 | 20.403 | 38.42±3.14$^{c}$ | 45.21±7.12$^{c}$ | 65.81±7.92$^{b}$ | 96.97±3.47$^{a}$ | زیتوده ریزریشه (گرم در مترمربع) Fine root biomass (g m$^{-2}$) |
| 0.156 | 1.861 | 20.65±0.58 | 20.06±2.94 | 28.66±7.46 | 31.57±2.57 | آمونیوم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Ammonium ( mg kg$^{-1}$) |
| 0.000 | 12.747 | 15.02±1.00$^{b}$ | 18.44±1.31$^{b}$ | 20.89±1.91$^{b}$ | 38.01±5.14$^{a}$ | نیترات (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Nitrate ( mg kg$^{-1}$) |
| 0.014 | 4.137 | 33.58±4.57$^{b}$ | 31.73±4.20$^{b}$ | 28.54±3.29$^{b}$ | 46.44±3.19$^{a}$ | معدنی‌شدن نیتروژن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Nitrogen mineralization (mg kg$^{-1}$l) |

مطابق با نتایج، تغییر کاربری اراضی از رویشگاه‌های جنگلی به سایر کاربری‌ها اثرات معنی‌داری بر مشخصه‌های میکروبی و آنزیمی خاک داشته است. در همین راستا، بیش‌ترین مقادیر مشخصه‌های تنفس پایه، تنفس برانگیخته، زی‌توده میکروبی کربن، زی‌توده میکروبی نیتروژن، زی‌توده میکروبی فسفر، اوره‌آز، اسید فسفاتاز، آریل سولفاتاز و اینورتاز در رویشگاه جنگلی مشاهده شد در حالی‌که شاخص‌های میکروبی مورد مطالعه (ضریب متابولیکی، سهم میکروبی و شاخص قابلیت دسترسی به کربن) تفاوت‌های آماری معنی‌داری را در بین کاربری‌ها نشان نداده‌اند (شکل‌های ۱ و ۲). تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) نیز بیانگر وجود فعالیت‌های میکروبی، آنزیمی، زیستی و حاصل‌خیزی بیش‌تر خاک در رویشگاه جنگلی بوده و موقعیت مکانی کامل متفاوتی را نشان می‌دهد (شکل ۳).



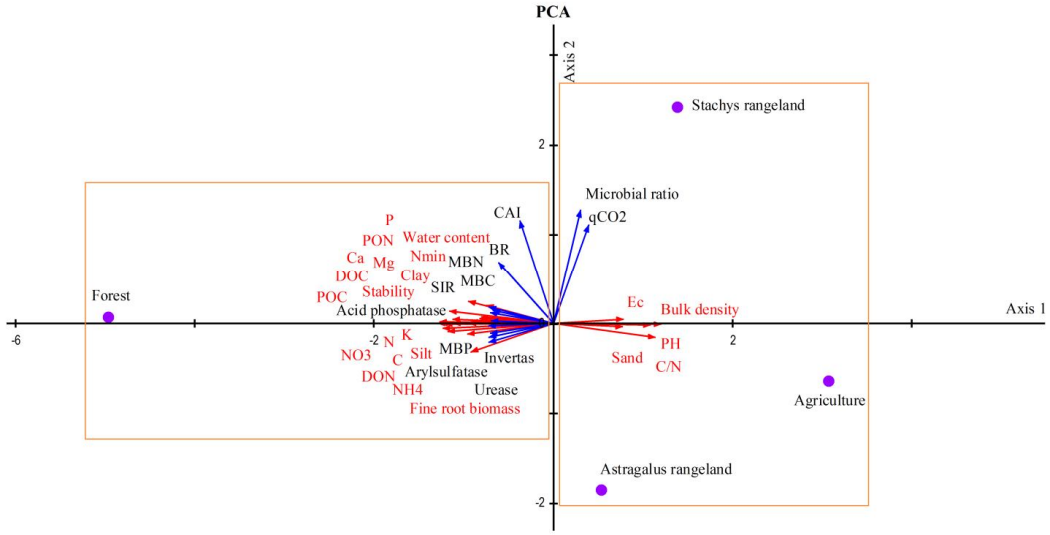

**شکل ۱- میانگین (± اشتباه معیار) مشخصه‌های میکروبی خاک در کاربری‌های مختلف اراضی.**

**Figure 1. Mean (±SE) of soil microbial characters in different land uses. BR: Basal respiration (mg $CO_2$ $g^{-1}$ $day^{-1}$); SIR: Substrate induced respiration (mg $CO_2$ $g^{-1}$ $day^{-1}$); MBC: Microbial biomass carbon (mg $kg^{-1}$); MBN: Microbial biomass nitrogen (mg $kg^{-1}$); MBP: Microbial biomass phosphorous (mg $kg^{-1}$); $qCO_2$: Metabolic quotient (µg $CO_2$-C $mg^{-1}$ MBC $day^{-1}$); MR: microbial ratio; CAI: Carbon availability index.**




شکل ۲- میانگین (± اشتباه معیار) فعالیت‌های آنزیمی خاک در کاربری‌های مختلف اراضی.

**Figure 2. Mean (±SE) of soil enzyme activities in different land uses. Urease (µg $NH^{4+}$–N $g^{-1}$ 2 $h^{-1}$); Acid phosphatase (µg PNP $g^{-1}$ $h^{-1}$); Arylsulfatase (µg PNP $g^{-1}$ $h^{-1}$); Invertase (µg Glucose $g^{-1}$ 3 $h^{-1}$).**




شکل ۳- توزیع مکانی کاربری‌های مختلف اراضی و مشخصه‌های خاک در تحلیل PCA (مؤلفه اول: مقدار ویژه = ۹/۰۷، درصد واریانس متناظر با عامل = ۷۵/۶۱، درصد واریانس تجمعی = ۷۵/۶۱ و مؤلفه دوم: مقدار ویژه = ۲/۴۱، درصد واریانس متناظر با عامل = ۲۰/۱۵، درصد واریانس تجمعی = ۹۵/۷۶).

**Figure 3. Location of different land uses and soil properties in PCA (PC1: Eigen value = 9.07, percent of variance = 75.61, cumulative percent of variance = 75.61; PC2: Eigen value = 2.41, percent of variance = 20.15, cumulative percent of variance = 95.76).**

با توجه به نقش اساسی ریزجانداران خاک‌زی در چرخه کربن، نیتروژن و مواد غذایی، همچنین حساسیت آن‌ها نسبت به تغییرات شرایط خاک (١٦)، فعالیت‌های میکروبی خاک در رویشگاه‌های جنگلی و غیرجنگلی به‌عنوان شاخص‌های عملکردی خاک معرفی شده‌اند (٢٨). هم راستا با بررسی بارسنا و همکاران (٢٠١٤)، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که نوع پوشش‌های گیاهی و شیوه‌های مدیریتی اثرات قابل‌ملاحظه‌ای بر روی مشخصه‌های خاک، به‌ویژه مشخصه‌های میکروبی و بیوشیمی در سطح خاک دارند (٧). با توجه به نتایج حاصل از تنفس میکروبی (تنفس پایه و تنفس برانگیخته) در کاربری‌های مختلف، می‌توان این احتمال را مطرح کرد که فعالیت ریزجانداران دخیل در تجزیه مواد آلی در رویشگاه‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری داشتند. در همین راستا، بای و همکاران (٢٠٠٨) بیان کردند که درصد بالایی از میزان انتشار کربن در نتیجه فعالیت‌های تجزیه‌ای ریزجانداران خاک رخ می‌دهد و طی این عمل ماده آلی خاک توسط ریزجانداران مصرف می‌شود (٦). بنابراین پوشش‌های مختلف گیاهی می‌توانند با تغییر در کمیت و کیفیت مواد آلی و سایر عوامل بر روی جمعیت ریزجانداران خاک به‌عنوان اصلی‌ترین منبع تجزیه و انتشار دی‌اکسیدکربن تأثیرگذار باشند (٨). کمیت و کیفیت لاشبرگ یکی از پارامترهای بسیار مؤثر بر میزان فعالیت میکروبی خاک گزارش شده است (٢٧). بنابراین کمبود کربن آلی ورودی به خاک در اراضی کشاورزی و مرتعی می‌تواند از دلایل کاهش تنفس میکروبی در این رویشگاه‌ها باشد (٤٧). در همین خصوص نتایج پژوهش سینگ و همکاران (٢٠١٨) نیز بیانگر کاهش تنفس میکروبی خاک در اراضی کشاورزی در مقایسه با عرصه‌های جنگلی، به‌دلیل کمبود مواد آلی ورودی به خاک، می‌باشد (٤٩). در راستای نتایج به‌دست آمده در این پژوهش کوچ و همکاران (٢٠١٧) بیان کردند که یک رابطه منفی بین نسبت کربن به نیتروژن خاک و فعالیت‌های میکروبی وجود دارد (٢٩). همچنین وانی و همکاران (٢٠١٨) کاهش فعالیت‌های میکروبی خاک در اراضی کشاورزی را به‌دلیل بالا بودن نسبت کربن به نیتروژن خاک اشاره داشته‌اند (٥٦). پارامترهای بسیاری می‌توانند بر فعالیت‌های میکروبی خاک اثرگذار باشند، به‌طوری‌که نتایج بسیاری از پژوهش‌ها بیانگر آن است که افزایش رطوبت، سرعت بالای تجزیه، افزایش مقدار نیتروژن خاک و کاهش نسبت کربن به نیتروژن خاک، سبب افزایش فعالیت میکروبی (تنفس پایه و برانگیخته) می‌شوند (٣٩). به علاوه مطابق با نتایج تاردی و همکاران (٢٠١٤)، کاهش حاصل‌خیزی خاک می‌تواند تأثیر منفی روی مقادیر تنفس پایه و تنفس برانگیخته داشته باشد که در نتایج این پژوهش نیز مشاهده شد (٥١). همچنین ساسوونگکو و همکاران (٢٠١٩) بیان داشته‌اند که افزایش عناصر غذایی خاک در رویشگاه‌های جنگلی می‌تواند منجر به افزایش فعالیت‌های میکروبی، تنفس‌های پایه و برانگیخته خاک گردد (٤٦). غلظت بالای مواد غذایی و مواد آلی خاک تحت رویشگاه جنگلی می‌تواند دلیل افزایش سطح مقادیر زی‌توده میکروبی کربن، زی‌توده میکروبی نیتروژن و زی‌توده میکروبی فسفر در این رویشگاه باشد (٥). با توجه با مطالعات انجام شده زی‌توده میکروبی خاک تا حد زیادی به کمیت و کیفیت مواد آلی خاکی (به‌عنوان منبع انرژی) بستگی دارد، بنابراین کاهش کربن آلی خاک منجر به کاهش زی‌توده میکروبی می‌شود (٩). بدین‌ترتیب، مقادیر بالاتر زی‌توده میکروبی (کربن، نیتروژن و فسفر) در رویشگاه جنگلی در مقایسه با سایر رویشگاه‌ها عمدتاً به‌دلیل دسترسی بیش‌تر به مواد آلی در این

رویشگاه مربوط می‌باشند، که هم‌راستا با یافته‌های وانگ و وانگ (۲۰۰۷) می‌باشد(٥٤). همچنین لیو و همکاران (۲۰۱۹) اشاره داشته‌اند که رویشگاه‌های جنگلی می‌توانند به واسطه افزایش کمیت لاشبرگ، زی‌توده میکروبی خاک را بهبود بخشند (۳۳). ضریب متابولیکی ($qCO_2$) به‌عنوان یک شاخص حساس به استرس، سهم میکروبی به‌عنوان یک شاخص وضعیت خاک برای خاک‌های با محتوای مواد آلی مختلف و قابلیت دسترسی به کربن (CAI) که نشان‌دهنده توسعه خاک و مسیر توالی اکولوژیکی می‌باشد (۲۰) در بین رویشگاه‌های مورد مطالعه تفاوت آماری معنی‌داری را نشان ندادند.

**فعالیت‌های آنزیمی خاک:** فعالیت آنزیم‌های مورد مطالعه (اوره‌آز، اینورتاز، فسفاتاز و آریل‌سولفاتاز) در رویشگاه جنگلی به‌طور قابل‌توجهی در مقایسه با سایر کاربری‌های اراضی بیش‌تر بود. مطابق با تحلیل PCA، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که فعالیت‌های آنزیمی با تغییرات مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی (۵۸) و حاصل‌خیزی خاک (۲۳) در رویشگاه جنگلی همبستگی قوی دارند. در این پژوهش بخش رس خاک به واسطه اثر پایداری و حفاظت خود بر روی فعالیت آنزیم‌ها، موجب بهبود تجمع آنزیم‌های خاک در رویشگاه جنگلی می‌گردد (٦١). مقادیر بالاتر نیتروژن کل و در دسترس بودن مواد غذایی (٤١) و همچنین مقادیر پایین‌تر کربن آلی و نسبت کربن به نیتروژن (٤) در اراضی جنگلی موجب بهبود فعالیت آنزیم‌های خاک در مقایسه با دیگر کاربری‌ها شده است. آنزیم اوره‌آز، در هیدرولیز اوره به دی‌اکسیدکربن و آمونیاک و بالطبع در افزایش سطح واکنش خاک و کاهش نیتروژن آن از طریق تبخیر آمونیوم مشارکت دارد (٣٤). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تغییرات مشخصه‌های خاک تحت رویشگاه‌های مختلف مورد مطالعه باعث تغییر در فعالیت آنزیم اوره‌آز شده است. در بررسی‌های انجام شده توسط زنگ و همکاران (۲۰۰۹) میزان رطوبت، کربن آلی، نیتروژن کل و فسفر خاک از عوامل تأثیرگذار بر فعالیت آنزیم اوره‌آز ذکر شده‌اند (۵۹). وجود مقادیر بالای کربن آلی، نیتروژن و فسفر در خاک علاوه بر فراهم نمودن امکان فعالیت میکروب‌ها در خاک، جذب مولکول‌های آنزیم را بر روی سطوح کلوئیدهای آلی فراهم کرده و سبب ادامه فعالیت مولکول‌های آنزیم به‌خصوص آنزیم اوره‌آز به‌صورت برون‌سلولی می‌گردد و علاوه بر آن فعالیت‌های آنزیمی را بالا می‌برد. از طرفی حضور مولکول‌های آنزیم روی سطح کلوئیدهای آلی سبب تثبیت و حفاظت از آنزیم‌ها در برابر صدمات ناشی از عوامل مختلف می‌گردد. به‌طورکلی بر اساس پژوهش‌های لیروس و همکاران (۲۰۰۰) محتوی کربن آلی خاک معمولاً به‌طور مثبتی با میزان فعالیت آنزیم‌های خاک در ارتباط است (۳۱)، بنابراین کاهش میزان فعالیت آنزیم اوره‌آز در اراضی کشاورزی را می‌توان به‌دلیل کمبود مقدار کربن آلی خاک توجیح کرد. در همین راستا، نتایج پژوهش او و همکاران (۲۰۱۹) بیانگر اثرات مثبت افزایش مقادیر کربن آلی بر فعالیت‌های آنزیمی مؤثر در چرخه نیتروژن می‌باشد (٤٠).

آنزیم فسفاتاز، به‌عنوان آنزیمی برون‌سلولی که توسط ریزجانداران، ریشه‌های گیاهی و کرم‌های خاک‌زی تولید می‌شود، در ارتباط مستقیم با مواد آلی و رطوبت خاک می‌باشد. فسفاتازها، آنزیم‌های برون‌سلولی هستند که با معدنی کردن فسفات آن را برای گیاه قابل‌جذب می‌کنند (٤٣). تغییرات محتوی آب خاک، کربن آلی و نیتروژن کل (۵۳) باعث تفاوت در فعالیت این آنزیم تحت رویشگاه‌های مورد مطالعه شده است. نتایج پژوهش‌های آکوستا مارتینز و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد که فعالیت آنزیم‌های اسید

فسفاتاز رابطه مثبت و معنی‌داری با کربن آلی داشت (۱) که بیانگر نتایج به‌دست آمده در این پژوهش است. همچنین، متفاوت بودن مواد غذایی در دسترس خاک ناشی از پوشش‌های مختلف اراضی و همچنین شرایط بهتر عرصه جنگلی در مقایسه با سایر رویشگاه‌ها از دلایل تفاوت فعالیت آنزیم فسفاتاز در بین رویشگاه‌های مختلف می‌باشد (۱۰). در همین خصوص، سیلوا و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی فعالیت‌های آنزیمی خاک در پوشش‌های مختلف اراضی بیان نموده‌اند که در مقایسه با اراضی غیرجنگلی، رویشگاه‌های جنگلی به‌دلیل حاصل‌خیزی بالاتر خاک دارای فعالیت آنزیمی فسفاتاز بیش‌تری می‌باشند (٤٨). آنزیم آریل‌سولفاتاز، نقش حیاتی در تجزیه ماده آلی و معدنی شدن در خاک‌ها ایفا کرده و به نوع طرح مدیریتی خاک حساس می‌باشد (۳۷). با توجه به مطالعه انجام شده توسط لینگ و همکاران (۲۰۱٤)، افزایش مقدار رس در خاک اراضی جنگلی فعالیت آنزیم آریل سولفاتاز را تحت این رویشگاه‌ها افزایش داده است (۳۲)، در حالی‌که افزایش اندازه ذرات خاک در سایر رویشگاه‌ها موجب کاهش فعالیت این آنزیم شده است. فعالیت بیش‌تر آنزیم اینورتاز در رویشگاه جنگلی را می‌توان توسط حاصل‌خیزی بیش‌تر (۲۱) در این رویشگاه در مقایسه با سایر اراضی توضیح داد. در همین راستا، زنگ و همکاران (۲۰۰۹) با انجام تحلیل‌های همبستگی بین مشخصه‌های مختلف خاک و میزان فعالیت آنزیم اینورتاز به اثرات مثبت کربن آلی، نیتروژن کل و فسفر کل بر فعالیت آنزیم اینورتاز اشاره کرده‌اند (۵۹). همچنین نتایج به‌دست آمده توسط کوجور و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که فعالیت آنزیم اینورتاز به‌طور عمده توسط کربن آلی و در مرحله بعدی توسط نیتروژن کل تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد (۳۰). با توجه به نتایج به‌دست آمده در پژوهش‌های گذشته، بالا بودن مقادیر کربن آلی و نیتروژن کل در اراضی جنگلی می‌تواند از عوامل تأثیرگذار در افزایش فعالیت آنزیم اینورتاز تحت این رویشگاه‌ها باشد. با توجه به این‌که آنزیم اینورتاز مسئول تبدیل ساکاروز به گلوکز و فروکتوز می‌باشد، این واکنش نیاز به ATP دارد و فسفر می‌تواند در تأمین ATP برای واکنش مؤثر باشد (۵۵)، در نتیجه تفاوت در میزان فسفر در رویشگاه‌های مورد مطالعه احتمال از دلایل تفاوت در فعالیت آنزیم اینورتاز تحت این رویشگاه‌ها می‌باشد.

## نتیجه‌گیری کلی

مطالعه حاضر بیانگر آن است که رویشگاه جنگلی دارای بالاترین مقادیر مشخصه‌های تنفس پایه، تنفس برانگیخته، زی‌توده میکروبی کربن، زی‌توده میکروبی نیتروژن، زی‌توده میکروبی فسفر، آنزیم‌های اوره‌آز، اسید فسفاتاز، آریل سولفاتاز و اینورتاز بوده در حالی‌که ضریب متابولیکی، سهم میکروبی و شاخص قابلیت دسترسی به کربن تفاوت‌های آماری معنی‌داری را در بین کاربری‌های مورد مطالعه نشان نداده است. به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک تحت رویشگاه جنگلی از وضعیت بهتری نسبت به سایر رویشگاه‌های مورد مطالعه برخوردار می‌باشند، در حالی‌که تخریب جنگل با افت شاخص‌های کیفیت مواد آلی و خاک باعث کاهش فعالیت‌های میکروبی و بیوشیمی خاک می‌شود.

## منابع


1. Acosta-Martinez, V., Cruz, L., Sotomayor-Ramirez, D., and Pérez-Alegría, L. 2007. Enzyme activities as affected by soil properties and land use in a tropical watershed. Applied Soil Ecology. 35: 35-45.
2. Acosta-Martínez, V., Klose, S., and Zobeck, T.M. 2003. Enzyme activities in semiarid soils under conservation reserve program, native rangeland, and cropland. J. Plant Nutr. Soil Sci. 166: 699-707.
3. Ali Asgharzad, N. 2010. Laboratory methods in soil biology, Tabriz University Publications, 522p. (In Persian)
4. Aon, M.A., and Colaneri, A.C. 2001. Temporal and spatial evolution of enzymatic activities and physico-chemical properties in an agricultural soil. Applied Soil Ecology. 18: 255-270.
5. Aponte, C., García, L.V., and Marañón, T. 2013. Tree species effects on nutrient cycling and soil biota: a feedback mechanism favoring species coexistence. Forest Ecology and Management. 309: 36-46.
6. Bai, Z.G., Dent, D.L., Olsson, L., and Schaepman, M.E. 2008. Global assessment of land degradation and improvement: 1. identification by remote sensing (No. 5). ISRIC-World Soil Information, 256p.
7. Bárcena, T.G., Kiær, L.P., Vesterdal, L., Stefánsdóttir, H.M., Gundersen, P., and Sigurdsson, B.D. 2014. Soil carbon stock change following afforestation in Northern Europe: a meta-analysis. Global Change Biology. 20: 2393-2405.
8. Burton, J., Chen, C., Xu, Z., and Ghadiri, H. 2010. Soil microbial biomass, activity and community composition in adjacent native and plantation forests of subtropical Australia. J. Soil Sed. 10: 1267-1277.
9. Chen, T.H., Chiu, C.Y., and Tian, G. 2005. Seasonal dynamics of soil microbial biomass in coastal sand dune forest. Pedobiologia. 49: 645-653.
10. Cheng, X., Yang, Y., Li, M., Dou, X., and Zhang, Q. 2013. The impact of agricultural land use changes on soil organic carbon dynamics in the Danjiangkou Reservoir area of China. Plant and Soil. 366: 415-424.
11. Cusack, D.F., Silver, W.L., Torn, M.S., Burton, S.D., and Firestone, M.K. 2011. Changes in microbial community characteristics and soil organic matter with nitrogen additions in two tropical forests. Ecology. 92: 621-632.
12. da Silva Delabona, P., Pirota, R.D.B., Codima, C.A., Tremacoldi, C.R., Rodrigues, A., and Farinas, C.S. 2012. Using Amazon forest fungi and agricultural residues as a strategy to produce cellulolytic enzymes. Biomass and Bioenergy. 37: 243-250.
13. Dick, R.P., Breakwell, D.P., and Turco, R.F. 1996. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. Methods for assessing soil quality, (methods for asses), Pp: 247-271.
14. Doran, J.W., and Parkin, T.B. 1994. Defining and assessing soil quality. Defining soil quality for a sustainable environment, (defining soil qua), Pp: 1-21.
15. Dudley, N., Bhagwat, S.A., Harris, J., Maginnis, S., Moreno, J.G., Mueller, G.M., Oldfield, S., and Walters, G. 2018. Measuring progress in status of land under forest landscape restoration using abiotic and biotic indicators. Restoration Ecology. 26: 5-12.
16. Fang, H., Cheng, S., Wang, Y., Yu, G., Xu, M., Dang, X., Li, L., and Wang, L. 2014. Changes in soil heterotrophic respiration, carbon availability, and microbial function in seven forests along a climate gradient. Ecological Research. 29: 1077-1086.
17. Fukuzawa, K., Shibata, H., Takagi, K., Satoh, F., Koike, T., and Sasa, K. 2013. Temporal variation in fine-root biomass, production and mortality in a cool temperate forest covered with dense understory vegetation in northern Japan. Forest Ecology and Management. 310: 700-710.
18. Ghazan Shahy, C. 2006. Analysis of soil and plants. Homa Publication, 272p. (In Persian)

19. Gil-Sotres, F., Trasar-Cepeda, C., Leirós, M.C., and Seoane, S. 2005. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. Soil Biology and Biochemistry. 37: 877-887.
20. 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). Russ. J. Ecol. 47: 19-25.
21. Guo, P., Wang, C., Jia, Y., Wang, Q., Han, G., and Tian, X. 2011. Responses of Soil Microbial Biomass and Enzymatic Activities to Fertilizations of Mixed Inorganic and Organic Nitrogen at a Subtropical Forest in East China. Plant and Soil. 338: 355-366.
22. Hajabbasi, M.A., Jalalian, A., and Karimzadeh, H.R. 1997. Deforestation effects on soil physical and chemical properties, Lordegan, Iran. Plant and Soil. 190: 301-308.
23. He, W.X., Jiang, X., Bian, Y.R., and Wang, F. 2002. Study on Soil Enzyme Activity Effected by Dimehypo. J. Northwest Sci-Tech. Univ. Agric. Forest. 30: 13-17.
24. Jafari Haghighi, M. 2003. Soil analysis methods. Nedaye Zohi Publication, 236p. (In Persian)
25. Khatir Pasha, N., Hojjati, S.M., Pormajidian, M.R., and Asadian, M. 2018. The effect of land use change on soil physical and chemical in Gholak Forest of Qaemshahr. Iran. J. Water Soil Res. 24: 211-225.
26. Kizilkaya, R., and Dengiz, O. 2010. Variation of land use and land cover effects on some soil physico-chemical characteristics and soil enzyme activity. Zemdirbyste-Agriculture. 97: 15-24.
27. Kooch, Y. 2012. Variability of soil characters related to pit and mound, canopy gaps and single trees in a mixed natural forest. Ph.D. thesis of Forestry, Tarbiat Modares University, 156p. (In Persian).
28. Kooch, Y., Rostayee, F., and Hosseini, S.M. 2016. Effects of Tree Species on Topsoil Properties and Nitrogen Cycling in Natural Forest and Tree Plantations of Northern Iran. Catena. 144: 65-73.
29. 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.
30. Kujur, M., Gartia, S.K., and Patel, A.K. 2012. Quantifying the contribution of different soil properties on enzyme activities in dry tropical ecosystems. J. Agric. Biol. Sci. 7: 763-773.
31. Leirós, M.C., Trasar-Cepeda, C., Seoane, S., and Gil-Sotres, F. 2000. Biochemical properties of acid soils under climax vegetation (Atlantic Oakwood) in an area of the European temperate–humid zone (Galicia, NW Spain): general parameters. Soil Biology and Biochemistry. 32: 733-745.
32. Ling, N., Sun, Y., Ma, J., Guo, J., Zhu, P., Peng, C., and Shen, Q. 2014. Response of the Bacterial Diversity and Soil Enzyme Activity in Particle-size Fractions of Mollisol after Different Fertilization in a Long-term Experiment. Biology and Fertility of Soils. 50: 901-911.
33. Liu, G., Jin, M., Cai, C., Ma, C., Chen, Z., and Gao, L. 2019. Soil microbial community structure and physicochemical properties in amomum tsaoko-based agroforestry systems in the Gaoligong Mountains, Southwest China. Sustainability. 11: 546-552.
34. Martinez-Salgado, M.M., Gutiérrez-Romero, V., Jannsens, M., and Ortega-Blu, R. 2010. Biological soil quality indicators: a review. Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology. 1: 319-328.
35. Moghimian, N., Hosseini, S.M., Kooch, Y., and Darki, B.Z. 2017. Impacts of changes in land use/cover on soil microbial and enzyme activities. Catena. 157: 407-414.

36. Nair, A., and Ngouajio, M. 2012. Soil microbial biomass, functional microbial diversity and nematode community structure as affected by cover crops and compost in an organic vegetable production system. Applied Soil Ecology. 58: 45-55.
37. Ndiaye, E.L., Sandeno, J.M., McGrath, D., and Dick, R.P. 2000. Integrative biological indicators for detecting change in soil quality. Amer. J. Alternative Agric. 15: 26-36.
38. Neatrour, M.A., Jones, R.H., and Golladay, S.W. 2005. Correlations between soil nutrients availability and fine- root biomass at two spatial scales in forested wetlands with contrasting hydrological regimes, NRC Research Press. 35: 2934-2941.
39. Osono, T., Azuma, J.I., and Hirose, D. 2014. Plant species effect on the decomposition and chemical changes of leaf litter in grassland and pine and oak forest soils. Plant and Soil. 376: 411-421.
40. Ou, Y., Rousseau, A.N., Wang, L., and Yan, B. 2019. Identification of the alteration of riparian wetland on soil properties, enzyme activities and microbial communities following extreme flooding. Geoderma. 337: 825-833.
41. Pang, X., Ning, W., Qing, L., and Bao, W. 2009. The relation among soil microorganism, enzyme activity and soil nutrients under subalpine coniferous forest in Western Sichuan. Acta Ecologica Sinica. 29: 286-292.
42. 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: 76-82.
43. Rao, M.A., Violante, A., and Gianfreda, L. 2000. Interaction of acid phosphatase with clays, organic molecules and organo-mineral complexes: kinetics and stability. Soil Biology and Biochemistry. 32: 1007-1014.
44. Riitters, K., Wickham, J., Costanza, J.K., and Vogt, P. 2016. A global evaluation of forest interior area dynamics using tree cover data from 2000 to 2012. Landscape Ecology. 31: 137-148.
45. Salam, A.K., Katayama, A., and Kimura, M. 1998. Activities of some soil enzymes in different land use systems after deforestation in hilly areas of West Lampung, South Sumatra, Indonesia. Soil Science and Plant Nutrition. 44: 93-103.
46. Sasongko, P.E., Purwanto, P., Dewi, W.S., and Hidayat, R. 2019. Soil microbial communities below decomposing plant litter from different land uses in Tutur Village. The 9th International Conference on Global Resource Conservation (ICGRC) and AJI from Ritsumeikan University AIP Conf. Proc. 2019, 040002-1–040002-9; https://doi.org/ 10.1063/1.5061872. Published by AIP Publishing. 978-0-7354-1737-3/$30.00.
47. Saurette, D.D., Chang, S.X., and Thomas, B.R. 2006. Some characteristics of soil respiration in hybrid poplar plantations in northern Alberta. Can. J. Soil Sci. 86: 257-268.
48. Silva, E.D., de Medeiros, E.V., Duda, G.P., Lira, M.A., de Oliveira, J.B., dos Santos, U.J., and Hammecker, C. 2019. Seasonal effect of land use type on soil absolute and specific enzyme activities in a Brazilian semi-arid region. Catena. 172: 397-407.
49. Singh, R., Bhardwaj, D.R., Pala, N.A., Kaushal, R., and Rajput, B.S. 2018. Soil microbial characteristics in sub-tropical agro-ecosystems of North Western Himalaya. Current Science. 115: 1956-1959.
50. Six, J., Elliott, E.T., Paustian, K., and Doran, J.W. 1998. Aggregation and Soil Organic Matter Accumulation in Cultivated and Native Grassland Soils. Soil Sci. Soc. Amer. J. 62: 1367-1377.
51. Tardy, V., Mathieu, O., Lévêque, J., Terrat, S., Chabbi, A., Lemanceau, P., Ranjard, L., and Maron, P.A. 2014. Stability of soil microbial structure and activity depends on microbial diversity. Environmental Microbiology Reports. 6: 173-183.
52. Trasar-Cepeda, C., Leirós, M.C., and Gil-Sotres, F. 2008. Hydrolytic enzyme activities in agricultural and forest soils. Some implications for their use as indicators of soil quality. Soil Biology and Biochemistry. 40: 2146-2155.

53. Ushio, M., Kitayama, K., and Balser, T.C. 2010. Tree species effects on soil enzyme activities through effects on soil physicochemical and microbial properties in a tropical montane forest on Mt. Kinabalu, Borneo. Pedobiologia. 53: 227-233.
54. Wang, Q.K., and Wang, S.L. 2007. Soil organic matter under different forest types in Southern China. Geoderma. 142: 349-356.
55. Wang, Y., Zhang, L., and Liu, D. 2003. Relationship among soil enzyme activities, vegetation state, and soil chemical properties of coal cinder yard. Chine. J. Appl. Ecol. 14: 110-112.
56. 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. Inter. J. Current Microbiol. Appl. Sci. 7: 266-279.
57. Weixin, C., Coleman, D.C., Carroll, C.R., and Hoffman, C.A. 1993. In situ measurement of root respiration and soluble C concentrations in the rhizosphere. Soil Biology and Biochemistry. 25: 1189-1196.
58. Yang, L.L., Zhang, F.S., Mao, R.Z., Ju, X.T., Cai, X.B.,, and Lu, Y.H. 2008. Conversion of Natural Ecosystems to Cropland Increases the Soil Net Nitrogen Mineralization and Nitrification in Tibet. Pedosphere. 18: 699-706.
59. Zeng, D.H., Hu, Y.L., Chang, S.X., and Fan, Z.P. 2009. Land cover change effects on soil chemical and biological properties after planting Mongolian pine (*Pinus sylvestris* var. mongolica) in sandy lands in Keerqin, northeastern China. Plant and Soil. 317: 121-133.
60. Zhao, S., Li, K., Zhou, W., Qiu, S., Huang, S., and He, P. 2016. Changes in soil microbial community, enzyme activities and organic matter fractions under long-term straw return in north-central China. Agriculture, Ecosystems and Environment. 216: 82-88.
61. Zhong, S., Huicai, Z.E.N.G., and Zhiqiang, J.I.N. 2015. Soil Microbiological and Biochemical Properties as Affected by Different Long-Term Banana-Based Rotations in the Tropics. Pedosphere. 25: 868-877.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 26(3), 2019*
*http://jwsc.gau.ac.ir*
*DOI: 10.22069/jwsc.2019.16191.3147*

# The effect of forest, rangeland and agriculture covers on soil microbial characters and enzyme activities

***Y. Kooch[1] and N. Noghre[2]**
[1]Assistant Prof., Dept. of Range Management, Tarbiat Modares University,
[2]M.Sc. Student, Dept. of Range Management, Tarbiat Modares University
Received: 01.19.2019; Accepted: 03.06.2019

**Abstract**

**Background and Objectives:** Forest degradation and land use change are among the factors affecting the changes of soil properties. Microbial characters and enzyme activity, as soil health indicators, are the most dynamic and sensitive soil properties, which play an important role in the nutrient cycle, long-term fertilization and energy flow in the soil. These characteristics provide useful and complete information on the biogeochemical cycles, since they react quickly to changes in the soil environment and provide comprehensive information on the soil physical, chemical and biological properties.

**Materials and Methods:** With the aim of studying and evaluating the effect of forest, rangeland and crop cover on soil microbial and enzymes activities, the mountainous habitat of Kodir was considered from the Kojur region in the south-east of the Noshahr city. In this study, four types of vegetation including natural forest (*Carpinus orientalis* - *Quercus macrocarpa*), rangeland dominated by *Astragalus balearicus* -*Teucrium subspinosum*, rangeland dominated by *Stachys byzantina* and agriculture field (*Triticum aestivum*) were selected. Following field trip, in each of the studied land uses, three transects (50 meters apart from each other) with 200 meters in length were considered. Soil samples (25 × 25 cm area) were taken from a depth of 15 cm at the first, middle and at the end of each transect. In total, nine soil samples from land uses were transferred to the laboratory for analysis of soil physico-chemical, biological, microbial and enzyme activities.

**Results:** The ANOVA indicate that the higher values of aggregate stability, clay and water contents, organic carbon, total nitrogen, particulate organic carbon, dissolved organic nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, fine root biomass, nitrate and nitrogen mineralization and the lower amounts of soil bulk density and carbon to nitrogen ratio were found in forest site. The greater amounts of sand content and the lower values of silt and dissolved organic carbon were observed in the agricultural field. Soil pH, electrical conductivity, particulate organic nitrogen and ammonium were not significantly different among the studied land uses. The highest values of basal respiration, substrate induced respiration, microbial biomass (carbon and nitrogen, phosphorus) and enzyme activities (i.e. urease, acid phosphatase, arylsulfatase and invertase) were found in forest ecosystem, while the studied microbial indices (i.e. $qCO_2$, microbial ratio and carbon capability index) did not show statistically significant differences among the studied land uses. The principal component analysis (PCA) also showed higher values of soil microbial and enzyme activities, biological and fertility in the forest site with a completely different location on the axis.

* Corresponding Author; Email: yahya.kooch@modares.ac.ir

**Conclusions:** In general, the results of this study showed that different soil properties in forest ecosystem have better condition than the other studied land uses, while deforestation and land use change decrease soil microbial and biochemical activities due to decreasing organic matter quality.

***Keywords:*** *Astragalus* rangeland cover, *Carpinus orientalis* - *Quercus macrocarpa* forest, *Stachys* pasture, *Triticum aestivum*