دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

اثر تیپ‌های مختلف جنگلی بر کیفیت لاشبرگ و فعالیت آنزیمی خاک در جنگل واز نور- استان مازندران

کتایون حق‌وردی[۱]، بهناز صمدزاده[۲] و یحیی کوچ[۳]

۱- استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران (نویسنده مسوول: katayoun.haghverdi@kiau.ac.ir)
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس
۳- استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۲/۲۳
صفحه: ۷۲ تا ۸۰

چکیده

کیفیت لاشبرگ و فعالیت‌های آنزیمی خاک شاخص‌هایی به‌منظور ارزیابی کیفیت و سلامت خاک می‌باشند. هدف پژوهش حاضر، بررسی اثر تیپ‌های مختلف در جنگل واز نور- استان مازندران (شامل راش- ممرز، راش- افرا شیردار، راش- بلوط و راش خالص) بر کیفیت لاشبرگ و فعالیت برخی از مهم‌ترین آنزیم‌های خاک (اوره آز، اسید فسفاتاز، آریل سولفاتاز و اینورتاز) بود. به‌همین‌منظور، در فصل رویش از هر تیپ هشت نمونه لاشبرگ و خاک از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری جمع‌آوری شدند. تجزیه واریانس مشخصه‌های لاشبرگ، مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی خاک و نرخ فعالیت آنزیم‌های خاک حاکی از وجود تفاوت آماری معنی‌دار در بین تیپ‌های مورد مطالعه می‌باشد. به‌طوری‌که، بیش‌ترین مقادیر ضخامت (۱۵/۱۵ سانتی‌متر) و نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ (۷۹/۰۸) به‌طور معنی‌دار ($p < ۰/۰۱$) به خاک تحتانی تیپ راش خالص و مقدار این مشخصه‌ها به‌ترتیب ۸/۰۹ سانتی‌متر و ٤۲/۱۵ به خاک زیرین تیپ راش- ممرز اختصاص داشت. مطابق با نتایج، بالاترین نرخ فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز (۲۳/۱٤ میکروگرم آمونیوم در گرم خاک در دو ساعت)، اسید فسفاتاز (۵۲۱/۱۲ میکروگرم پارانیتروفنیل در گرم خاک در یک ساعت)، آریل‌سولفاتاز (۱۲۹ میکروگرم پارانیتروفنیل در گرم خاک در یک ساعت) و اینورتاز (۲۱۰/۳۷ میکروگرم گلوکز در گرم خاک در یک ساعت) به‌طور معنی‌دار ($p < ۰/۰۱$) در خاک تیپ راش- ممرز مشاهده شد. یافته‌ها حاکی از آنست که خاک تیپ راش- ممرز نسبت به سایر تیپ‌های مورد بررسی از کیفیت بالاتری برخوردار می‌باشد. نتایج این تحقیق می‌تواند در خصوص اولویت‌بندی توده‌های جنگلی بر مبنای کیفیت بقایای گیاهی و خاک به مدیران کمک شایانی نماید.

واژه‌های کلیدی: راش، فیزیکوشیمیایی و زیست‌شیمی خاک، لایه آلی، لایه معدنی

مقدمه

یکی از مهم‌ترین اهداف در مدیریت واحدهای زیست‌بوم، بررسی و شناخت روابط بین پوشش گیاهی و شرایط رویشگاهی در بوم‌سازگان‌های طبیعی می‌باشد (۱۶). از طرفی خاک به‌عنوان سیستمی زنده یکی از عوامل مؤثر در تعادل بوم‌سازگان بوده و فرآیندهای زیستی و زیست‌شیمیایی بی‌شماری بخصوص در سطح ریزمقیاس در آن جریان دارد (۳۱). لاشبرگ جنگل به‌عنوان مهمترین عامل تأثیرگذار بر مشخصه‌های خاک در جنگل، محل تحولات زیستی و زیست‌شیمیایی‌های متعدد بوده که برای عمل‌کرد بوم‌سازگان‌های جنگلی دارای اهمیّت ویژه‌ای می‌باشد؛ از طرف دیگر حضور تیپ‌های درختی مختلف روی کیفیت لاشبرگ کف جنگل تأثیر متفاوت می‌گذارند (۳۶،۲۰). براساس پژوهش‌های پیشین، مهم‌ترین عامل اثرگذار بر کیفیت لاشبرگ نوع پوشش گیاهی و ترکیب گونه‌های خاص می‌باشد (۲۰). کیفیت لاشبرگ که خود متأثر از ترکیب گونه‌های درختی و شرایط محیطی رویشگاه می‌باشد (۳۷،۲)، به‌عنوان عامل مهم تأثیرگذار بر نوع خاک و چرخه عناصر خاک معرفی شده است. بنابراین تغییرپذیری کیفیت لاشبرگ باعث تغییراتی در مشخصه‌های مختلف خاک می‌شود (۲۸). گروه‌های درختی متنوع با توجه به لاشه‌ریزی متفاوت سالیانه خود منجر به بروز اختلاف در مواد غذایی زیر تاج‌پوشش درختان می‌شوند؛ هم‌چنین ویژگی‌های لاشبرگ اثرات متفاوتی بر مشخصه‌های مختلف خاک دارند که در این بین فعالیت‌های آنزیمی تأثیر بالایی را نشان داده‌اند (۲۹). به‌طور کلی آنزیم‌هایی که در معدنی‌شدن عناصر غذایی شرکت می‌کنند، اصولاً همبستگی خوبی با تجزیه لاشبرگ‌های گیاهی و سهولت دسترسی عناصر غذایی نشان می‌دهند؛ چرا که برخی از آنزیم‌ها ممکن است از ریشه‌ها و یا بخش مربوط به مایکوریزا نشأت گرفته باشند (۳۹). بنابراین، در تمامی این فرآیندها، آنزیم‌ها نقش اساسی را ایفا می‌کنند. از این‌رو 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 (۹).

خاک حاوی آنزیم‌های متنوعی است که به‌صورت برون سلولی، درون سلولی، آزاد و یا ترکیبی از این حالت‌ها می‌باشد. آنزیم اوره‌آز با هیدرولیز اوره، آمونیاک تولید می‌کند و منشأ آن میکروبی است که مقاوم به تجزیه است و به همین علّت در سلول‌های آزاد انباشته می‌شود. بنابراین اهمیّت آنزیم اوره‌آز در تعیین میزان کیفیت خاک از نقطه نظر چرخه ازت در خاک است. اهمیّت سنجش اوره‌آز به‌دلیل ارزیابی هیدرولازها در خاک است که می‌توانند در فرایندهای تجزیه مؤثر باشند (۱۰). آنزیم فسفاتاز، هیدرولیز ترکیبات آلی فسفردار به یون‌های فسفات قابل جذب برای گیاه را به‌عهده دارد. بنابراین، یکی از آنزیم‌های مهم در چرخه فسفر خاک به‌شمار می‌آید و معمولاً در خاک‌هایی با pH بالا، فراوان و فعال‌تر است. افزایش مواد آلی نه‌تنها از طریق افزایش فعالیت میکروبی بلکه از طریق پایدارسازی آنزیم فسفاتاز در خاک

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.8.1]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.72]

باعث افزایش فعالیت این آنزیم می‌شود. به‌طور کلی از آن جا که آنزیم فسفاتاز، یکی از آنزیم‌های ضروری در چرخه فسفر بوده و فعالیت اغلب فسفاتازها وابسته به تغییر و تبدیل ترکیبات حاوی فسفر آلی و غیرآلی در خاک است، فعالیت آن می‌تواند به عنوان شاخصی از قابلیت دسترسی فسفر برای گیاهان و جانوران ریز خاک قلمداد شود (۱۵). آریل سولفاتاز، آنزیمی است که مسوولیت تبدیل فسفر آروماتیک به فسفر معدنی مورد نیاز گیاهان و ریزگیاهان خاک را برعهده دارد (۷) و آنزیم اینورتاز ساکارز را به گلوکز و فروکتوز تبدیل می‌کند و با کیفیت بقایای گیاهی رویشگاه‌ها در ارتباط است (۱۰).

آنزیم‌های خاک از منابع گیاهی و میکروبی منشأ می‌گیرند، با این حال پژوهش‌های اندکی اثر تیپ‌های جنگلی بر روی آنزیم‌های خاک را مورد بررسی قرار داده‌اند. در یک پژوهش، آدامسزیک و همکاران (۱) در بررسی اثر سه گونه توس (*Betula pendula*)، نراد (*Picea abies*) و کاج (*Pinus sylvestris*) اشاره داشتند که آنزیم‌های آریل‌سولفاتاز و پروتئاز زیر تاج‌پوشش گونه توس بیش‌ترین مقدار را داشته است. در مطالعه دیگر، بلونسکا و همکاران (۷) اذعان داشتند که نرخ فعالیت آنزیم اوره‌آز در زیر تاج‌پوشش گونه‌های ممرز (*Carpinus betulus*) و بلوط (*Quercus robur*) نسبت به گونه‌های راش (*Fagus sylvatica*)، نراد (*Picea abies*) و کاج (*Pinus sylvestris*) بیشتر بوده است. در داخل کشور نیز برخی بررسی‌ها به مقایسه تأثیر توده‌های جنگلی مختلف بر فعالیت‌های آنزیمی خاک پرداخته‌اند. در یک مطالعه، سنجی (۳۰) به‌بررسی اثر توده طبیعی ممرز–انجیلی و جنگل‌کاری‌های پهن‌برگ ون، افراپلت و سوزنی‌برگ کاج بروسیا و زربین، مستقر در حوزه چوب و کاغذ مازندران، بر فعالیت آنزیمی خاک پرداخته و اشاره داشتند که بالاترین فعالیت آنزیم اوره‌آز به‌ترتیب در جنگل‌کاری ون و توده طبیعی مشاهده شد؛ درحالی‌که بیشترین فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز، آریل سولفاتاز و اینورتاز به توده طبیعی تعلّق داشت. توکلی (۳۲) با هدف بررسی اثر رویشگاه‌های جنگلی تخریب و احیا شده ناحیه هیرکانی (رویشگاه‌های جنگل‌طبیعی کمتر دست‌خورده ممرز– انجیلی، جنگل طبیعی تخریب‌یافته پوشیده شده با تک‌درختانی از ممرز و انجیلی، جنگل‌کاری‌های ۳۱ ساله توسکا، بلندمازو و زربین در منطقه نوشهر) اشاره داشتند که بیشترین مقادیر فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز، اسید فسفاتاز، آریل‌سولفاتاز و اینورتاز به‌ترتیب به رویشگاه‌های جنگل طبیعی، توسکا، بلندمازو، زربین و تخریب‌شده اختصاص داشته است. در پژوهشی، مقیمیان (۲۴) به بررسی تأثیر پوشش‌های مختلف اراضی (جنگل طبیعی ممرز– انجیلی، جنگل مخروبه ممرز– انجیلی، جنگل‌کاری توسکا، جنگل‌کاری سکویا، آیش رها شده و اگروفارستری بارده) در منطقه گردکوه صافک استان مازندران پرداخته و اذعان نمودند که بیشترین فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز، فسفاتاز، آریل سولفاتاز و اینورتاز در کاربری‌های توسکا و جنگل طبیعی بوده و کمترین میزان فعالیت این آنزیم ها در کاربری‌های آیش، مخروبه و سکویا مشاهده شد.

آنزیم‌های خاک نقش حیاتی در فرآیندهای میکروبی و زیست‌شیمیایی خاک نظیر جریان و انتقال مواد بین اجزاء مختلف بوم‌سازگان، پاکسازی آلاینده‌ها در محیط، تجزیه مواد آلی، چرخه عناصر غذایی خاک و تغییرات جهانی اقلیم ایفا می‌کنند (۹). ارزیابی ارتباط بین فعالیت آنزیم‌های معدنی کننده عناصر غذایی مثل فسفاتاز، اوره‌آز و سولفاتاز با مقدار مواد آلی تجمّع یافته می‌تواند در پایداری چرخه عناصر در خاک مؤثر باشد. در واقع متعادل بودن چرخه عناصر غذایی شاخص مهمی است که می‌تواند بیانگر افت یا بهبود کیفیت خاک باشد (۱). از این رو هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر توده‌های مختلف درختی (شامل راش–ممرز، راش–افرا شیردار، راش– بلوط و راش خالص) بر مشخصه‌های کیفی لاشبرگ، فیزیکوشیمیایی و فعالیت‌های آنزیمی خاک در جنگل‌های پهن‌برگ واز شهرستان نور در استان مازندران واقع در شمال ایران است؛ تا در نهایت رابطه منطقی بین شاخص‌های مورد بررسی و نوع تیپ‌های مورد بررسی، که از تیپ‌های مهم جنگل‌های هیرکانی هستند، حاصل شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

برای انجام این مطالعه جنگل تحقیقاتی واز در شهرستان نور در حوزه آبخیز ۴۹ واقع در استان مازندران با طول شرقی ’۲۰ ”۷ °۵۷ تا ’۵۰ ”۳ °۵۲ و عرض شمالی ’۲۸ ”۲۵ °۳۶ تا ’۴۵ ”۲۲ °۳۶ انتخاب شد. مساحت حوزه بالغ بر ۱۴۱۰۰ هکتار بوده (همراه با دامنه ارتفاعی ۲۰۰ تا ۲۰۰۰ متری از سطح دریا) که از این مقدار حدود ۸۶۷۰ هکتار آن جنگل و بقیه مراتع ییلاقی را تشکیل می‌دهند. بر اساس جدیدترین آمار سی ساله میانگین بارندگی سالیانه منطقه چمستان ۸۴۰ میلی‌متر، میانگین تعداد روزهای یخبندان سالانه ۲۷ روز، میانگین رطوبت نسبی سالانه حدود ۷۹ درصد و کمینه و بیشنه دمای مطلق به‌ترتیب ۸/۵– و ۳۶ درجه سانتی‌گراد و متوسط دمای سالانه ۱۵/۸ درجه سانتی‌گراد است. بر اساس مطالعات خاک‌شناسی انجام شده خاک‌های محدوده سری عمدتاً از تیپ راندزین تکامل نیافته – قهوه‌ای– جنگلی با pH اسیدی و قهوه‌ای شسته‌شده با افق آرجیلیک تشکیل یافته‌اند. گونه‌های درختی راش، ممرز، بلوط، توسکا، خرمندی، افرا پلت، افرا شیردار و انجیلی پوشش‌های غالب چوبی در منطقه مورد مطالعه می‌باشند که سطوح مختلفی را در این جنگل اشغال نموده‌اند (۱۱).

روش نمونه‌برداری و تجزیه آزمایشگاهی

به‌منظور انجام پژوهش حاضر، چهار توده جنگلی (راش– ممرز، راش– افرا شیردار، راش– بلوط و راش خالص) در شرایط فیزیوگرافی تقریباً مشابه (دامنه ارتفاعی ۱۹۵۰–۱۹۰۰ متر از سطح دریا، شیب ۲۰– ۱۵ درصد و جهت جغرافیایی شمالی) انتخاب شد. از هر یک از این توده‌های جنگلی در فصل رویش (مردادماه)، هشت نمونه لاشبرگ و خاک از عمق ۱۵–۰ سانتی‌متری (۳۰) برداشت شد. یک

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.8.1]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.72]

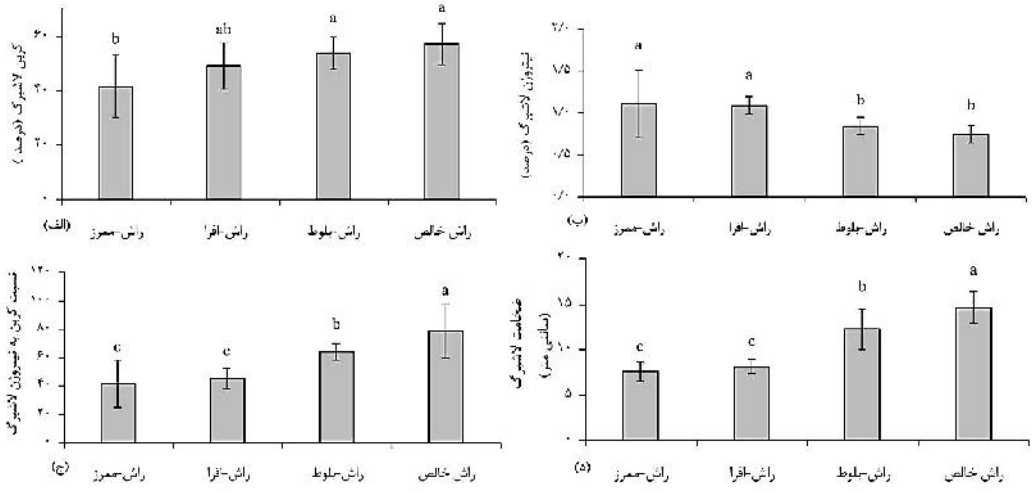
بخش از نمونه‌های خاک جهت انجام آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی، پس از خشک شدن در هوا از الک دو میلی‌متری عبور داده شده و بخش دوم نمونه‌ها به‌منظور اندازه‌گیری فعالیت‌های آنزیمی تا زمان آزمایش در سردخانه نگهداری شد. جهت اندازه‌گیری مقدار کربن آلی لاشبرگ از روش احتراق (۲۵) و نیتروژن لاشبرگ از روش کجلدال (۸) استفاده شد. جرم مخصوص ظاهری، درصد اجزاء تشکیل دهنده بافت، محتوی رطوبت، pH، هدایت الکتریکی با استفاده از روش‌های استاندارد (۱۲) در محیط آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. مقدار کربن و نیتروژن خاک به‌ترتیب از روش‌های والکلی‌بلاک (۳۴) و کجلدال (۸) اندازه‌گیری شدند. عناصر خاک شامل فسفر قابل جذب از روش اولسن و همکاران (۲۶)، پتاسیم، کلسیم و منیزیم قابل جذب از روش عصاره-گیری و با استفاده از دستگاه جذب اتمی تعیین شدند. به‌منظور سنجش فعالیت آنزیم‌ها، نمونه‌های خاک در یک بستر کافی و در شرایط استاندارد انکوباسیون شدند، سپس بر اساس تعیین رنگ‌سنجی محصول آزاد شده از آنزیم نرخ فعالیت آنزیم طبق روش‌های استاندارد (۲) تعیین شدند. نرخ فعالیت آنزیم اوره‌آز با استفاده از ۲۰۰ میلی‌مول اوره به‌عنوان سوبسترا تحت شرایط استاندارد (۲ ساعت در ۲۷ درجه سانتی‌گراد) تعیین شد (۲). فعالیت آنزیم فسفاتاز با استفاده از ۱۵ میلی‌مولار پارانیتروفنل فسفات به عنوان سوبسترا و انکوباسیون شده در شرایط pH=۱۱ و در مدت زمان یک ساعت و در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد (۲). نرخ فعالیت آنزیم آریل سولفاتاز پس از انکوباسیون خاک در پارانیتروفنل سولفات به‌مدت یک ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و اندازه‌گیری مقدار پارانیتروفنل آزاد شده در طول هیدرولیز آنزیمی توسط اسپکتروفتومتری، اندازه‌گیری شد (۲). برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم اینورتاز از محلول گلوکز ۱/۲٪ به‌عنوان سوبسترا با دوره انکوباسیون ۳ ساعت در ۵۰ درجه سانتی‌گراد استفاده شد (۲).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این مطالعه برای انجام بررسی‌های آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ استفاده شد (۳۰). به‌منظور تفاوت یا عدم تفاوت مقادیر مشخصه‌های کیفی لاشبرگ و سایر مشخصه‌های خاک (بیست و دو فاکتور) در ارتباط با نوع تیپ‌های درختی (چهار تیمار و هشت تکرار) از آزمون تجزیه واریانس یکطرفه در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی استفاده شد. مقایسه چندگانه میانگین به‌روش دانکن و بررسی ارتباط بین فعالیت آنزیمی با کیفیت لاشبرگ و خواص فیزیکوشیمیایی خاک از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد که این تحلیل در نرم‌افزار PC-Ord نسخه ۵ انجام شد (۳۰).

نتایج و بحث

نتایج نشان‌داد که تأثیر تیپ‌های جنگلی بر برخی مشخصه‌های لاشبرگ شامل ضخامت، نیتروژن، کربن و نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (شکل ۱). بیش‌ترین مقادیر مشخصه‌های ضخامت، کربن و نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ به خاک بخش تحتانی توده راش خالص اختصاص داشته، در حالی‌که بیش‌ترین مقدار نیتروژن به لاشبرگ توده‌های راش–ممرز و راش– افرا شیردار تعلق دارد و با سایر توده‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری را نشان داد (شکل ۱ الف، ج و د). کم‌ترین ضخامت لاشبرگ و مقدار نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ در توده‌های راش– ممرز و راش– افرا شیردار مشاهده شد. کم‌ترین مقدار نیتروژن لاشبرگ به توده‌های راش– بلوط و راش خالص تعلق داشت (شکل ۱ب).



شکل ۱- میانگین (±اشتباه معیار) مشخصه‌های لاشبرگ در ارتباط با تیپ‌های جنگلی ($p < ۰/۰۱$).
Figure 1. Mean (±SE) of litter characters related to forest types ($p < 0.01$)

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.8.1]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.72]

از میان مشخصه‌های فیزیکی خاک، تنها محتوی شن به‌طور معنی‌دار ($p < ۰/۰۱$) متأثر از نوع تیپ‌های جنگلی بوده در حالی‌که مشخصه‌های دیگر مورد بررسی تفاوت آماری معنی‌داری را در بین تیپ‌های جنگلی مورد مطالعه نشان ندادند (جدول ۱). بیش‌ترین مقادیر مشخصه شن به خاک بخش تحتانی تیپ راش خالص تعلق داشته است. مطابق با نتایج، تمامی پارامترهای شیمیایی مورد بررسی به‌طور معنی‌دار ($p < ۰/۰۱$) متأثر از نوع تیپ درختی بوده‌اند به‌طوری که بالاترین مقادیر pH، هدایت الکتریکی و نیتروژن کل، فسفر، کلسیم، منیزیم و پتاسیم به خاک تحتانی تیپ راش- ممرز اختصاص داشته و بیش‌ترین مقادیر کربن آلی و نسبت کربن به نیتروژن خاک در تیپ راش خالص مشاهده شد (جدول ۱).

جدول ۱- میانگین (±اشتباه معیار) مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در ارتباط با تیپ‌های جنگلی

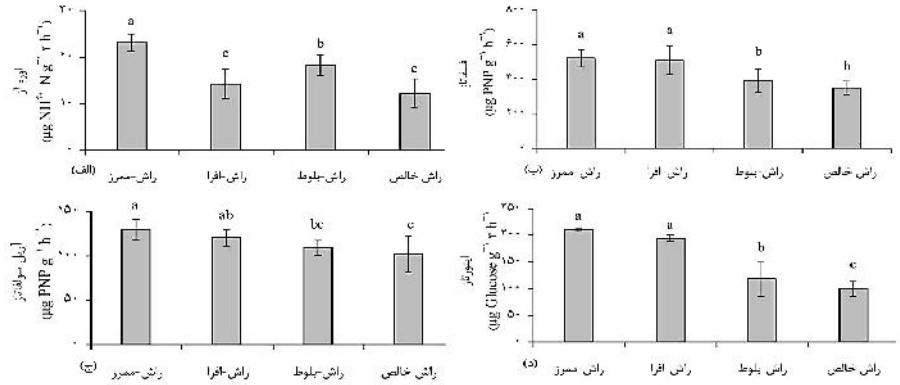
Table 1. Mean (±SE) of soil physico-chemical related to forest types

مشخصه / تیپ جنگل	راش- ممرز	راش- افرا شیردار	راش- بلوط	راش خالص	مقدار F	سطح معنی‌داری
جرم مخصوص ظاهری	۱/۳۳±۰/۱۳ ^{ns}	۱/۲۶±۰/۰۷ ^{ns}	۱/۱۹±۰/۱۷ ^{ns}	۱/۲۳±۰/۰۸ ^{ns}	۱/۸۵	۰/۱۶۱
شن	۱۹/۱۲±۴/۵۴ ^{c}	۲۴/۱۲±۲/۸۵ ^{bc}	۲۷/۲۵±۵/۳۹ ^{ab}	۳۲/۱۲±۸/۳۰ ^{a}	۷/۵۱	۰/۰۰۱
سیلت	۴۹/۷۵±۷/۷۹ ^{ns}	۴۵/۳۷±۲/۷۲ ^{ns}	۴۵/۱۲±۵/۳۰ ^{ns}	۴۱/۷۸±۹/۹۴ ^{ns}	۱/۷۱	۰/۱۸۷
رس	۳۱/۱۲±۵/۳۵ ^{ns}	۳۰/۵۰±۳/۲ ^{ns}	۲۷/۶۲±۴/۰۶ ^{ns}	۲۶/۰۰±۴/۳۴ ^{ns}	۲/۵۵	۰/۰۷۶
رطوبت نسبی	۳۱/۵۰±۷/۸۲ ^{ns}	۳۶/۸۷±۱۱/۵۴ ^{ns}	۴۴/۰۰±۱۱/۳۱ ^{ns}	۴۲/۳۷±۱۱/۴۲ ^{ns}	۲/۲۷	۰/۱۰۱
pH	۶/۸۳±۰/۰۵ ^{a}	۶/۷۲±۰/۱۷ ^{a}	۶/۱۵±۰/۳۵ ^{b}	۵/۸۸±۰/۵۵ ^{b}	۱۴/۳۴	۰/۰۰۰
هدایت الکتریکی	۰/۲۸±۰/ ۰۴۷ ^{a}	۰/۲۳±۰/ ۰۴۵ ^{b}	۰/۱۸±۰/۰۳ ^{c}	۰/۱۱±۰/۰۳ ^{a}	۲۵/۲۹	۰/۰۰۰
کربن آلی	۱/۳۸±۰/۲۴ ^{c}	۱/۵۵±۰/۳۱ ^{bc}	۱/۹۵±۰/۲۱ ^{b}	۲/۵۵±۰/۶۶ ^{a}	۱۳/۲۰	۰/۰۰۰
نیتروژن کل	۰/۲۶±۰/۰۴ ^{a}	۰/۲۳±۰/۰۶ ^{a}	۰/۱۷±۰/۰۴ ^{b}	۰/۱۳±۰/۰۱ ^{b}	۱۴/۶۶	۰/۰۰۰
نسبت کربن به نیتروژن	۵/۳۵±۱/۰۷ ^{c}	۶/۸۷±۱/۹۰ ^{c}	۱۱/۸۹±۲/۹۳ ^{b}	۱۹/۵۶±۴/۵۸ ^{a}	۳۸/۲۰	۰/۰۰۰
فسفر	۲۰/۰۹±۵/۶۹ ^{a}	۱۹/۰۲±۶/۴۷ ^{a}	۱۳/۳۸±۲/۳۷ ^{b}	۷/۴۶±۱/۲۳ ^{c}	۱۳/۳۱	۰/۰۰۰
پتاسیم	۳۷۵/۸۷±۴۴/۸۵ ^{a}	۳۰۸/۱۲±۳۳/۲۴ ^{b}	۱۵۱/۷۵±۴۱/۳۴ ^{c}	۱۳۹/۱۲±۳۵/۵۵ ^{c}	۷۱/۸۲	۰/۰۰۰
کلسیم	۲۲۱/۸۷±۴۱/۴۰ ^{a}	۲۱۶/۱۲±۳۳/ ۷۴ ^{a}	۱۳۸/۱۲±۳۶/ ۵۹ ^{b}	۱۳۷/۶۲±۴۷/ ۲۴ ^{b}	۱۰/۹۵	۰/۰۰۰
منیزیم	۴۵/۵۰±۱۴/۵۰ ^{a}	۴۵/۲۵±۶/ ۲۰a	۳۲/۳۷±۷/ ۸۳ ^{b}	۲۷/۰۰±۷/ ۸۹ ^{b}	۷/۴۶	۰/۰۰۱

۱- واحد مشخصه‌ها: جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، شن، سیلت، رس، رطوبت نسبی، کربن آلی و نیتروژن کل (درصد)، هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)؛

۲- اعداد نشان‌دهنده میانگین± انحراف معیار می‌باشند. ns نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌داری و حروف لاتین غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌داری ($p < ۰/۰۱$) در ارتباط با تیپ‌های مختلف جنگلی است.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیپ‌های مختلف جنگلی از نظر آماری تأثیر معنی‌داری ($p < ۰/۰۱$) بر مقادیر فعالیت آنزیم‌های خاک گذاشته است. بیش‌ترین مقادیر فعالیت آنزیم اوره‌آز به تیپ جنگلی راش- ممرز تعلق داشته در حالی‌که کم‌ترین مقادیر آن در تیپ راش خالص مشاهده شد (شکل ۲ الف). در ارتباط با آنزیم اسید فسفاتاز، بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر آن به‌ترتیب در تیپ‌های راش- ممرز و راش خالص مشاهده شد (شکل ۲ ب). خاک تحتانی تیپ راش- ممرز دارای میزان فعالیت آنزیم‌های آریل سولفاتاز و اینورتاز بالاتری نسبت به سایر تیپ‌های درختی بوده است (شکل ۲ ج و د).



شکل ۲- میانگین (±اشتباه معیار) فعالیت‌های آنزیمی خاک در ارتباط با تیپ‌های جنگلی ($p < ۰/۰۱$)

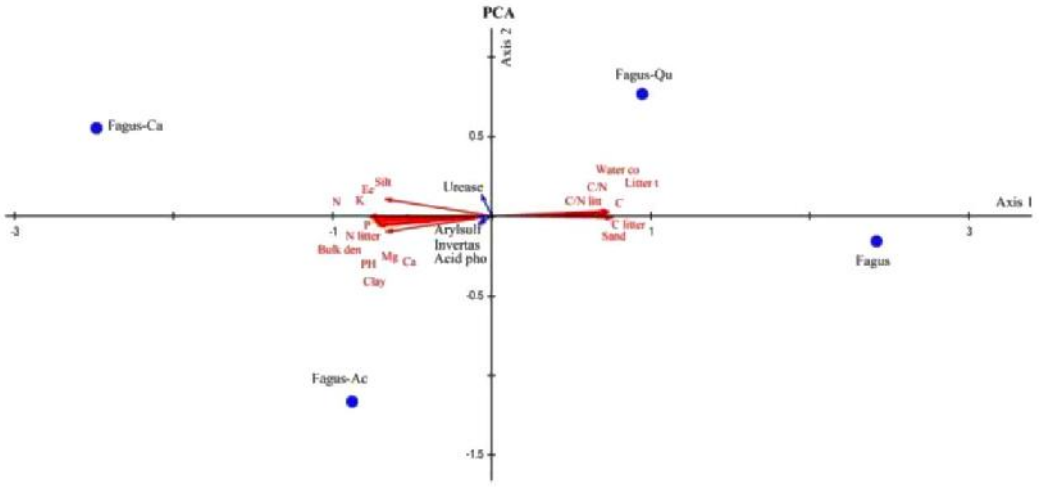
Figure 2. Mean (±SE) of soil enzyme activities related to forest types ($p < 0.01$)

مطابق با تجزیه PCA، محورهای اول و دوم حدود ۹۹٪ از تغییرات را تبیین می‌نمایند. موقعیت قرارگیری تیپ‌های درختی، مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی و آنزیم‌های خاک بر روی محورهای PCA در شکل ۳ نمایش داده شده است. در مقایسه متغیرهای مورد مطالعه توسط تحلیل PCA، تیپ‌های درختی بیش‌ترین همبستگی را با محور اول نشان دادند (شکل ۳). طبق نتایج به‌دست‌آمده، تیپ راش- ممرز در قسمت منفی محور قرار گرفته و با میزان بالای نیتروژن

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.8.1]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.72]

لاشبرگ، متغیرهای فیزیکوشیمیایی و آنزیم‌اوره‌آز خاک در ارتباط است. هم‌زمان، تیپ راش–بلوط در قسمت مثبت محور یک، در ارتباط با میزان پایین این متغیرها قرار گرفت (شکل ۳). محور دوم تیپ راش–افراشیردار را در ارتباط با میزان بالای آنزیم‌های خاک از سایر تیپ‌ها متمایز کرد (شکل ۳).

فعالیت‌های آنزیمی خاک با مشخصه‌های حاصل‌خیزی، محتوی نیتروژن لاشبرگ و خاک، pH و هدایت الکتریکی رابطه مثبت داشته در حالی که با مشخصه‌های کربن لاشبرگ و همچنین نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ و خاک رابطه منفی نشان دادند (شکل ۳).



شکل ۳- توزیع مکانی نرخ فعالیت آنزیمی در ارتباط با تیپ‌های جنگلی، کیفیت لاشبرگ و مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی خاک در تحلیل PCA (فاکتور اول: مقدار ویژه = ۳/۴۲، درصد واریانس متناظر با عامل = ۸۵/۶۱، درصد واریانس تجمعی = ۸۵/۶۱ و فاکتور دوم: مقدار ویژه = ۰/۵۷، درصد واریانس متناظر با عامل = ۱۴/۲۳، درصد واریانس تجمعی = ۹۹/۸۴).

Figure 3. Spatial pattern of soil enzyme activities related to forest types, litter quality and soil physico-chemical characters in PCA (PC1: Eigen value = 3.42, percent of variance = 85.61, cumulative percent of variance = 85.61; PC2: Eigen value = 0.57, percent of variance = 14.23, cumulative percent of variance = 99.84).

از آن‌جایی که لاشبرگ گونه‌های گیاهی مواد شیمیایی منحصر بفردی دارند و همچنین خواص فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک به‌شدّت تحت تأثیر خواص لاشبرگ قرار می‌گیرد، رابطه‌ای قوی بین نوع پوشش گیاهی و نوع خاک وجود داشته و نقش آن در پایداری خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حاصل‌خیزی خاک از اهمیّت بسیار بالایی برخوردار است (۲۹). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تیپ‌های جنگلی مختلف می‌توانند بر مشخصه‌های لاشبرگ اثرات متفاوتی بگذارند. نرخ تجزیه لاشبرگ به‌ترتیب با مقدار غلظت نیتروژن لاشبرگ رابطه مستقیم و با غلظت کربن و نسبت کربن به نیتروژن رابطه منفی دارد (۲۲). در حقیقت تولید و تجزیه لاشبرگ دو فرآیند مهم در تأمین ورودی اصلی برای شکل‌گیری ماده آلی خاک و تنظیم چرخه مواد غذایی در بوم‌سازگان‌های جنگلی است. میزان وقوع این دو فرآیند ضخامت لاشبرگ را بوم‌سازگان جنگل تعیین می‌کند (۲۱،۱۸). بر این اساس ضخامت لاشبرگ گونه‌های درختی مختلف، بسیار متفاوت است. تجمّع لاشبرگ در کف جنگل مهم‌ترین منبع کربن آلی ورودی به خاک محسوب می‌شود و تجزیه آن، یکی از فرآیندهای تعیین‌کننده میزان کربن آلی ذخیره شده در خاک می‌باشد (۶). در این مطالعه لاشبرگ موجود در خاک تحتانی توده راش خالص به‌علّت دارا بودن نرخ کربن و نسبت کربن به نیتروژن بالاتر نسبت به سایر توده‌های مورد بررسی، دارای ضخامت لاشبرگ بالاتری بودند. از طرف دیگر نسبت کربن به نیتروژن در توده‌های راش– ممرز و راش– افرا شیردار از کم‌ترین مقدار برخوردار بودند. بنابراین، می‌توان اذعان داشت که در این توده‌ها سرعت تجزیه لاشبرگ و در نتیجه سرعت بازگشت عناصر غذایی به خاک نسبت به سایر توده‌های مورد بررسی بیش‌تر است که در گزارش صمدزاده و همکاران (۲۹) به این مورد اشاره شده است. بر مبنای بررسی کوچ و ذوقی (۱۷) بین مواد آلی و pH خاک یک رابطه منفی قوی وجود دارد. تجمّع بسیار زیاد مواد آلی در بخش تحتانی تیپ راش خالص منجر به بالا رفتن مقادیر کربن شده، در نتیجه میزان اسیدی‌تر شدن خاک افزایش می‌یابد. همچنین لاشبرگ‌های گونه راش دارای محتوی نیتروژن پایین‌تری نسبت به گونه‌های دیگر می‌باشند؛ بنابراین، نسبت کربن به نیتروژن خاک در تیپ راش خالص نسبت به سایر تیپ‌های مورد مطالعه مقادیر بالاتری را نشان می‌دهد. در رابطه با تأثیر لاشبرگ تاج‌پوشش گونه‌های مختلف روی مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی می‌توان به مطالعه صمدزاده و همکاران (۲۹) اشاره داشت.

نرخ تجزیه لاشبرگ گونه‌های ممرز و افرا نسبت به گونه‌های راش و بلوط بیشتر می‌باشد (۳۰). افزایش سرعت

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.8.1]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.72]

تجزیه در این گونه‌ها به‌طور عمده به علّت غلظت بالایی از کربوهیدرات محلول و غلظت کم لیگنین می‌باشد (۱۴). این عوامل باعث می‌شود که میزان کربن لاشبرگ در این گونه‌ها کمتر باشد که مطابق با نتایج مطالعه حاضر است. مطابق با پژوهش آگوستو و همکاران (۵) در جنگل‌های معتدله گونه‌های درختی دارای ترکیب شیمیایی شاخ و برگ متفاوتی هستند. بر اساس گزارش اوبرت و همکاران (۴)، لاشبرگ گونه ممرز دارای غلظت بالای نیتروژن و میزان کربن کم و سرعت تجزیه آن بالا است. نسبت C/N یک شاخص از محتوی کربن و نیتروژن لاشبرگ است و شاخص مناسبی برای تجزیه لاشبرگ می‌باشد؛ به‌خصوص اگر میزان لیگنین لاشبرگ کم باشد (۵). در جنگل‌های راش و بلوط، به‌دلیل عرضه مقدار زیاد لاشبرگ به خاک، ضخامت افق O توسعه‌یافته است، همچنین تجزیه شاخه و برگ‌ها منجر به ایجاد یک شرایط ریزاقلیمی خاص و اسیدی در جنگل می‌شود (۳۰). افزون‌براین، پلی‌فنل‌ها در لاشبرگ‌های راش و بلوط منجر به کاهش فعالیت میکروبی و نرخ تجزیه لاشبرگ می‌شود (۲۱). افزایش قابل توجه میزان C/N در توده‌های خالص راش و آمیخته با بلوط، حاکی از تغییرات کیفیت ماده آلی است (۲۳). با توجه به دسته‌بندی مقدار نیتروژن لاشبرگ توسط امینی و همکاران (۳)، گروه غنی دارای نیتروژن بیش از ۱/۵ درصد، گروه متوسط مقدار نیتروژن بین یک تا ۱/۵ درصد و گروه فقیر، نیتروژن کمتر از یک درصد، می‌توان گفت که توده‌های راش–ممرز (۱/۱۰ درصد) و راش–افرا (۱/۰۹ درصد) دارای لاشبرگ‌های متوسط از نیتروژن می‌باشند. درحالی‌که توده‌های جنگلی خالص راش (۰/۷۴ درصد) یا آمیخته با بلوط (۰/۸۴ درصد) از نظر میزان نیتروژن لاشبرگ فقیر می‌باشند. در همین راستا اوبرت و همکاران (۴) به اهمیّت و نقش گونه‌های جنگلی در بازگرداندن عناصر غذایی به خاک اشاره کرده و بیان داشتند که کیفیت لاشبرگ گونه‌ها در سرعت تجزیه و برگشت عناصر غذایی موجود در آنها بسیار تأثیرگذار می‌باشد.

آنزیم‌های خاک مسوول کنترل واکنش‌ها و فرایندهای مختلف متابولیکی در چرخه زیست‌شیمیایی مواد غذایی می‌باشند (۳۵). هر گونه تغییر در نوع پوشش گیاهی بوم‌سازگان‌های جنگلی بر روی فعالیت آنزیم‌های خاک اثرگذار می‌باشد (۱۳). مرور منابع گذشته نشان داده‌اند که به‌دلیل گسترش متفاوت ریشه گیاهان و تأثیر تاج پوشش بر دما و رطوبت، در مقایسه با بیرون تاج پوشش، فعالیت آنزیم‌های خاک در زیر تاج پوشش درختان بیش‌تر از بیرون آن می‌باشد که این شرایط به‌دلیل فراهم آمدن امکان تکثیر و عملکرد بیش‌تر ریزموجودات خاک می‌باشد (۲۰).

در مطالعه حاضر بیش‌ترین نرخ فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز، فسفاتاز، آریل سولفاتاز و اینورتاز در خاک تحتانی مربوط به تیپ راش–ممرز اندازه‌گیری شد. یکی از دلایل افزایش فعالیت آنزیم‌های مورد بررسی را می‌توان در سرعت زیاد تجزیه لاشبرگ‌ها و باقی‌مانده‌های گیاهی و جانوری در نتیجه فعالیت بیش‌تر ریزموجودات دانست. چرا که لاشبرگ‌های ممرز به‌خوبی تجزیه شده و هوموس مول بسیار عالی تولید می‌کنند، به‌طوری‌که محققین اعتقاد دارند که لاشبرگ ممرز پس از شش ماه تانن خود را از دست می‌دهد (۱۹). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تیپ‌های مختلف جنگلی بر میزان فعالیت آنزیم اوره‌آز تأثیر می‌گذارند که در راستای پژوهش وانگ و همکاران (۳۵) است. در همین راستا زینگ و همکاران (۳۸) در مطالعه خود گزارش کردند که فعالیت آنزیم اوره‌آز در خاک تحت جنگل‌های پهن‌برگ با کیفیت بهتر لاشبرگ (توده‌های دارای ممرز) بیشتر از جنگل‌های با کیفیت پایین‌تر لاشبرگ (راش و بلوط) می‌باشد. الگوهای متفاوت فعالیت آنزیم‌ها در توده‌های جنگلی، حاکی از آن است که آنزیم‌های خاک پاسخ‌های متفاوتی نسبت به گونه‌های درختی مختلف نشان می‌دهند (۳۵). فعالیت آنزیم اوره‌آز در جنگل پهن‌برگ راش– ممرز به‌طور معنی‌داری بیشتر از توده‌های جنگلی دیگر بود. این نتیجه نشان می‌دهد که جنگل راش–ممرز در مقایسه با دیگر تیپ‌های جنگلی، اثر بیشتری درتسریع فعالیت آنزیم اوره‌آز و بهبود شرایط نیتروژن در خاک دارد (۲۷). مقادیر بالاتر pH، هدایت الکتریکی (۱۰)، نیتروژن کل و مواد غذایی در دسترس (۲۷) و میزان کمتر کربن آلی و نسبت C/N خاک (۳۵)، باعث بهبود فعالیت آنزیم اوره‌آز در تیپ جنگلی راش– ممرز شده است.

فعالیت آنزیم فسفاتاز در بین تیپ‌های مختلف جنگلی به‌طور معنی‌داری متفاوت بوده که مطابق با یافته‌های یوشیو و همکاران (۳۳) و وانگ و همکاران (۳۵) می‌باشد. تفاوت فعالیت آنزیم فسفاتاز در بین توده‌های جنگلی مختلف، به‌دلیل متفاوت بودن موادغذایی در دسترس خاک ناشی از گونه‌های درختی مختلف و همچنین شرایط بهتر جنگل راش– ممرز و راش– افرا در مقایسه با دیگر تیپ های جنگلی مورد مطالعه می‌باشد (۳۵،۱۰). فعالیت آنزیم فسفاتاز ممکن است در اثر بیشتر شدن کربن در خاک و فسفر غیرمعدنی کاهش یابد از این‌رو در مطالعه حاضر نرخ فعالیت این آنزیم در خاک تحتانی تیپ راش خالص کاهش یافته‌بود که می‌توان دلیل آن را بیش‌تر بودن مقدار کربن آلی در خاک این تیپ دانست. هم‌راستا با پژوهش حاضر، بلونسکا و همکاران (۷) نیز در مطالعه خود به‌این نتیجه دست‌یافته‌اند که ریزموجودات خاک‌زی منشأ آنزیم‌ها بوده و وجود شرایط اسیدیته مناسب، کربن، نیتروژن و سایر مواد غذایی عامل مهمی برای افزایش فعالیت ریزموجودات و در نتیجه فعالیت این آنزیم‌ها هستند. نتایج تحلیل PCA نیز به وضوح نشان داد که فعالیت آنزیم‌های مورد بررسی ارتباط قوی و مثبتی با مشخصه نیتروژن لاشبرگ، اسیدیته، هدایت الکتریکی، فسفر، کلسیم، منیزیم و پتاسیم قابل جذب خاک دارند. این ارتباط نشان از افزایش فعالیت این آنزیم‌ها همگام با بهبود شرایط خاک برای فعالیت ریزموجودات خاک است. رابطه قوی و مثبت بین نرخ فعالیت آنزیم‌های خاک و مشخصه‌های حاصل‌خیزی خاک در پژوهش‌های بلونسکا و همکاران (۷)؛ کیاسچنکو و همکاران (۱۹) نیز اثبات شده است. نتایج تحلیل PCA نشان داد که آنزیم اوره‌آز با تیپ راش– ممرز به‌دلیل میزان بالای نیتروژن لاشبرگ در ارتباط است. آنزیم اوره‌آز در چرخه نیتروژن به‌عنوان کاتالیزور آزاد کردن آمونیاک از اوره نقش دارد

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.8.1]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.72]

کیاسچنکو و همکاران (۱۹)؛ بنابراین، ارتباط مثبت و قوی بین اوره‌آز و نیتروژن خاک، می‌تواند نشان‌دهنده این موضوع باشد.

به‌طورکلی، می‌توان اذعان داشت که تیپ‌های مختلف جنگلی با تحت تأثیر قرار دادن فعالیت موجودات ریز و درشت خاک از طریق تأثیر بر نوع پوشش گیاهی همراهِ رطوبت، اسیدیته، هدایت الکتریکی و عناصر غذایی خاک، نرخ فعالیت آنزیم‌های خاک را کنترل می‌کنند؛ به‌طوری که در پژوهش پیش‌رو بیشترین نرخ فعالیت آنزیم‌های خاک در زیر تاج‌پوشش تیپ راش–ممرز به‌واسطه داشتن خاکی حاصل‌خیزتر مشاهده شد. نتایج این تحقیق در جهت تعیین کیفیت خاک‌های جنگلی با استفاده از نرخ فعالیت آنزیم‌های خاک، به‌دلیل حساسیت بسیار بالا در برابر اختلافات موجود و همچنین اولویت‌بندی در مدیریت تیپ‌های جنگلی، می‌تواند به مدیران عرصه‌های جنگلی شمال کشور کمک شایانی نماید. در هر حال به‌نظر می‌رسد بررسی‌های جامع‌تری برای درک بهتر روابط موجود ضروری می‌باشد.

منابع

1. Adamczyk, B., P. Kilpeläinen, V. Kitunen and A. Smolander. 2014. Potential activities of enzymes involved in N, C, P and S cycling in boreal forest soil under different tree species. Pedobiologia, 57(2): 97-102.
2. Alef, K. and P. Nannipieri, P. 1995. Methods in applied soil microbiology and biochemistry Academic Press, London.
3. Amini, R., R. Rahmani and H. Habashi. 2011. Dynamics of litter N, P and C of hornbeam trees (Case study: Series 1, Shast-Kolateh Forest). Iranian Journal of Forests and Poplar Research, 19(1): 94-103.
4. Aubert, M., M. Hedde, T. Decaëns, F. Bureau, P. Margerie and D. Alard. 2003. Effects of tree canopy composition on earthworms and other macro-invertebrates in Beech forests of upper normandy (France): The 7th International Symposium on Earthworm Ecology Cardiff Wales 2002. Pedobiologia, 47(5-6): 904-912.
5. Augusto, L., J. Ranger, D. Binkley and A. Rothe. 2002. Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. Annals of Forest Science, 59(3): 233-253.
6. Berg, B. and C. Mc Claugherty. 2008. Plant litter decomposition, humus formation, carbon sequestration. Second edition, Berlin: Springer Publication.
7. Błońska, E., J. Lasota and P. Gruba. 2016. Effect of temperate forest tree species on soil dehydrogenase and urease activities in relation to other properties of soil derived from loess and glaciofluvial sand. Ecological Research, 31(5): 655-664.
8. Bremmer, J.M. and C.S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-total. In: Page, A.L., (Ed.). Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Biological Methods. Agronomy Monograph 9, Part 2, 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI, 595-624.
9. Burns, R.G., J.L. De Forest, J. Marxsen, R.L. Sinsabaugh, M.E. Stromberger, M.D. Wallenstein, M. N. Weintraub and A. Zoppini. 2013. Soil enzymes in a changing environment: current knowledge and future directions. Soil Biology and Biochemistry, 58(5): 216-234.
10. Cheng, F., X. Peng, P. Zhao, J. Yuan, C. Zhong, Y. Cheng, C. Cui and S. Zhang. 2013. Soil microbial biomass, basal respiration and enzyme activity of main forest types in the Qinling Mountains. PLoS One, 8(6): e67353.
11. Ebrahimi, E. and J. Mokhtari. 1998. Chamestan Forest and Rangeland Research Station (Noor) from the beginning to the present. Internal report of Natural Resources and Animal Sciences Research Center of Mazandaran province, 50 pp (In Persian).
12. Ghazanshahi, J. 2006. Soil and plant analysis. Hooma Publication, 272 pp (In Persian).
13. Guo, Y.J. and J.G. Han. 2008. Soil biochemical properties and arbuscular mycorrhizal fungi as affected by afforestation of rangelands in northern China. Journal of Arid Environments, 72(9): 1690-1697.
14. Hobbie, S.E., M. Ogdahl, J. Chorover, O.A. Chadwick, J. Oleksyn, R. Zytkowiak and P.B. Reich. 2007. Tree species effects on soil organic matter dynamics: the role of soil cation composition. Ecosystems, 10(6): 999-1018.
15. Hu, Y.L., S.L.Wang and D.H. Zeng. 2006. Effects of single Chinese fir and mixed leaf litters on soil chemical, microbial properties and soil enzyme activities. Plant and Soil, 282(2): 379-386.
16. Kazemi, S., S.M. Hojjati, A. Fallah and K. Barari. 2016. The effect of forest management on soil Net mineralization rate in Khalilmahle, Behshahr forest. Ecology of Iranian Forests, 4(8): 9-18 (In Persian).
17. Kooch, Y. and Z. Zoghi. 2014. Comparison of soil fertility of *Acer insigne*, *Quercus castaneifolia*, and *Pinus brutia* stands in the Hyrcanian forests of Iran. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 20(4): 899-905.
18. Kooch, Y., B. Samadzadeh and S.M. Hosseini. 2017. The effects of broad-leaved tree species on litter quality and soil properties in a plain forest stand. Catena, 150(4): 223-229.
19. Kyaschenko, J., K.E. Clemmensen, A. Hagenbo, E. Karltun and B.D. Lindahl. 2017. Shift in fungal communities and associated enzyme activities along an age gradient of managed Pinus sylvestris stands. The ISME journal, 11(5): 863-874.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.8.1]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.72]

20. Labaz, B., B. Galka, A. Bogacz, J. Waroszewski and C. Kabala. 2014. Factors influencing humus forms and forest litter properties in the mid-mountains under temperate climate of southwestern Poland. Geoderma, 230(6): 265-273.
21. León, J.D. and N.W. Osorio. 2014. Role of litter turnover in soil quality in tropical degraded lands of Colombia. The Scientific World Journal, 23(3): 231-243.
22. Lin, N., N. Bartsch, S. Heinrichs and T. Vor. 2015. Long-term effects of canopy opening and liming on leaf litter production, and on leaf litter and fine-root decomposition in a European beech (Fagus sylvatica L.) forest. Forest Ecology and Management, 338(3): 183-190.
23. Liorente, M., B. Glaser and M.B. Turrión. 2010. Storage of organic carbon and black carbon in density fractions of calcareous soils under different land uses. Geoderma, 159(1): 31-38.
24. Moghimian, N. 2018. Ecological potential assessment of forest and non-forest land using soil Eco chemical indices and Cyanobacter diversity. M.Sc. Thesis of Forestry, Tarbiat Modares University, 142 pp.
25. Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter, In: Page, A.L., R.H. Miller, and D.R. Keeny, (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2, Soil Science Society of America, Madison, WI, 539-579.
26. Olsen, S.R., C.V. Cole, F.S. Vatanbe and L.A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate, U.S.D.A. cir. 939. Washington D.C, 75-79.
27. Pang, X., W. Ning, L. Qing and W. Bao. 2009. The relation among soil microorganism, enzyme activity and soil nutrients under subalpine Coniferous forest in Western Sichuan. Acta Ecologica Sinica, 29(5): 286-292.
28. Ponge, J.F., B. Jabiol and J.C. Gégout. 2011. Geology and climate conditions affect more humus forms than forest canopies at large scale in temperate forests. Geoderma, 162(1): 187-195.
29. Samadzadeh, B., Y. Kooch and S.M. Hosseini. 2016. The effect of tree covers on topsoil biological indices in a plain forest ecosystem. Journal of Water and Soil Conservation, 23(5): 105-121 (In Persian).
30. Sanji, R. 2017. Comparison of litter, soil biology and biochemistry indices under natural and afforested stands in Sari Region. M.Sc. Thesis of Forestry, Tarbiat Modares University, 165 pp.
31. Soleimani Rahim Abadi, M., M. Akbarinia and Y. Kooch. 2015. Comparison of soil macro elements in the plantation of Forest Stand in Khazar Forest Seed Center, Amol. Ecology of Iranian Forests, 3(6): 46-54 (In Persian).
32. Tavakoli, M. 2018. Detritivores diversity in relation to litter and soil quality characters in degraded and reclaimed forest areas in Hyrcanian region. M. Sc. thesis of Forestry, Tarbiat Modares University, 180 pp.
33. Ushio, M., K. Kitayama and T.C. Balser. 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(4): 227-233.
34. Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. Soil Science, 63(5): 251-263.
35. Wang, Q., F. Xiao, T. He and S. Wang. 2013. Responses of labile soil organic carbon and enzyme activity in mineral soils to forest conversion in the Subtropics. Annals of Forest Science, 70(6): 579-587.
36. Wardle, D.A., R.D. Bardgett, J.N. Klironomos, H. Setälä, W.H. Van der Putten and D.H. Wall. 2004. Ecological linkages between aboveground and belowground biota. Science, 304(6): 1629-1633.
37. Weland, N. 2009. Diversity and trophic structure of the soil fauna and its influence on litter decomposition in deciduous forests with increasing tree species diversity, PhD thesis, Gottingen University, 239 pp.
38. Xing, S., C. Chen, B. Zhou, H. Zhang, Z. Nang and Z. Xu. 2010. Soil soluble organic nitrogen and active microbial characteristics under adjacent coniferous and broadleaf plantation forests. Journal of Soils and Sediments, 10(4): 748-757.
39. Yang, K. and J.J. Zhu. 2015. Impact of tree litter decomposition on soil biochemical properties obtained from a temperate secondary forest in Northeast China. Journal of Soils and Sediments, 15(1): 13-23.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.8.1]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.72]

The Effect of Different Forest Types on Litter Quality and Soil Enzyme Activity in the Vaz Forest of Noor-Mazandaran Province

Katayoun Haghverdi[1], Behnaz Samadzadeh[2] and Yahya Kooch[3]

1- Assistant Professor, Department of Wood and Paper Science and Technology, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran (Corresponding author: Katayoun.haghverdi@kiau.ac.ir)
2- M.Sc. of Forestry Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University
3- Assistant Professor Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University
Received: December 23, 2018 Accepted: May 13, 2019

Abstract

The study of the litter quality and soil enzymes activities are used as indicators for soil quality and soil health assessment. The aim of this research was to investigate the effect of different vegetation types of Vaz forest of Noor-Mazandaran Province (i.e. *Fageto-Carpinetum*, *Fageto-Aceretum*, *Fageto-Quercetum* and *Fagetum*) on litter quality and activity of some of the most important soil enzymes. For this, eight samples of litter and soil (0 to 15 cm) were collected within the forest types in growing season. The ANOVA of litter, soil physio-chemical and enzymes activities rate indicate a significant statistical difference among forest types. The highest amounts of litter thickness (15.15 cm) and C/N ratio (79.08) were allocated to the *Fagetum* type and the least amounts of litter thickness (8.09 cm) and C/N ratio (42.15) were found under *Fageto-Carpinetum* type. The results showed that the highest activity rate of urease (23.14 µg NH4+–N g−1 2 h−1), acid phosphatase (521.12 µg PNP g−1 h−1), arile sulfatase (129 µg PNP g−1 h−1) and invertase (210.37 µg Glucose g−1 3 h−1) were significantly observed under *Fageto-Carpinetum* forest type. Based on findings, the soil of *Fageto-Carpinetum* forest type has better quality compared to other studied types. The results of this research can be helpful for prioritizing of forest stands based on plant residual and soil quality.

Keywords: *Beech*, Soil Physico-Chemical and Biochemical, Organic Layer, Mineral Layer

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.8.1]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.72]