

تأثیر سطوح مختلف روشنه بر فعالیت‌های زیستی و آنزیمی خاک در جنگل‌های راش (مطالعه موردی: سری ۷ شنرود، سیاهکل)

فرحمند فرضعلی‌زاده^۱، وحید همتی خشکدشتی^{۲*}، میرمظفر فلاح‌چای^۳، رامین نقدی^۴

۱. دانشجوی دکتری علوم جنگل، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

۲. استادیار گروه جنگلداری، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

۳. دانشیار گروه جنگلداری، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

۴. استاد گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۰۷، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۱۲

چکیده

روشنه‌ها از مهم‌ترین پدیده‌های طبیعی در جنگل‌ها هستند و اثر مهمی در پویایی آنها دارند. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف روشنه بر فعالیت‌های زیستی و آنزیمی خاک در جنگل‌های راش سیاهکل انجام گرفت. به این منظور هجده روشنه در چهار کلاس کوچک (کمتر از ۲۰۰ متر مربع)، متوسط (۲۰۰-۳۰۰ متر مربع)، بزرگ (۳۰۰-۴۰۰ متر مربع) و خیلی بزرگ (بیشتر از ۴۰۰ متر مربع) انتخاب شدند. نمونه‌های ترکیبی خاک از عمق ۲۰-۳۰ سانتی‌متری در داخل هر حفره برداشت شد. فراوانی جمعیت کل باکتری و قارچ برای اندازه‌گیری فعالیت‌های بیولوژیکی خاک شمارش شد. فعالیت آنزیم‌های اسید فسفاتاز و دهیدروژناز با استفاده از واکنش با سوبسترا و با اسپکتروفتومتر سنجش شد. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون آنالیز واریانس و مقایسه میانگین دانکن استفاده شد. نتایج نشان داد که بیشترین فعالیت آنزیم‌های اسید فسفاتاز و دهیدروژناز در سطح روشنه ۳۰۰-۴۰۰ متر مربع مشاهده شد، ولی تنها اختلاف معنی‌داری بین میزان فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز در سطوح مختلف روشنه وجود داشت. بیشترین فراوانی جمعیت باکتری‌ها و قارچ‌ها به ترتیب در سطوح روشنه کمتر از ۲۰۰ متر مربع و بیشتر از ۴۰۰ متر مربع مشاهده شد و از نظر آماری نیز اختلاف معنی‌داری بین فراوانی جمعیت باکتری و قارچ در سطوح مختلف روشنه وجود داشت. به طور کلی، نتایج نشان داد که تأثیر روشنه‌ها بر فعالیت‌های آنزیمی و بیولوژیکی خاک معنی‌دار بوده و بیانگر اهمیت و تأثیر روشنه‌ها در اکوسیستم‌های جنگلی است.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های خاک، جنگل‌های هیرکانی، سطح روشنه، شاخص‌های زیستی.

مقدمه

ایجاد می‌شوند [۱]. اندازه روشنه‌ها بیشترین اثر را بر خصوصیات ساختار و ترکیب گونه‌ای جنگل دارد [۲]. به دلیل تأثیر روشنه‌های ایجادشده در جنگل بر استقرار زادآوری، چرخه مواد غذایی و فعالیت‌های آنزیمی خاک در اکوسیستم جنگل، تحقیق درباره آنها از اهمیت خاصی برخوردار است. روشنه‌های جنگلی به لحاظ زادآوری زیاد، از شاخصه‌های اصلی در عرصه‌های جنگلی مناطق

روشنه‌ها حفره‌هایی‌اند که در اثر باز شدن تاج پوشش درختان ایجاد می‌شوند. روشنه‌ها گاهی کوچک‌اند که به علت حذف تک‌درخت با تاج کوچک ایجاد می‌شوند و گاهی شامل سطح وسیعی‌اند که در اثر افتادن چند درخت

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۲۴۰۳۹۷۲۲

Email: dr.vahid.hemmati@liau.ac.ir

کرد و دریافت که فعالیت آنزیم‌های مختلف در جنگل دارای تاج پوشش بسته بیشتر است. او همچنین بیان کرد که تغییرات در تاج پوشش جنگل بر تعداد جمعیت باکتریایی و قارچی و فعالیت آنزیم‌های میکروبی اثرگذار است [۹]. ژو و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی تأثیر سطوح مختلف روشن‌ها بر ترکیب جمعیت فون خاک دریافتند که فراوانی و ترکیب جمعیت فون خاک در اندازه‌های مختلف روشن‌ها متفاوت است [۱۰]. کوچ و حقوردی (۲۰۱۸) تأثیر روشن‌های تاجی جنگل بر فعالیت آنزیمی، مواد آلی محلول و اسیدهای آلی خاک را در منطقه خانیکان نوشهر بررسی کردند. نتایج حاکی از اثر معنی‌دار سطوح مختلف روشن‌های تاجی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی (به جز محتوای سیلت) و بیولوژی خاک بود. همچنین بیشترین فعالیت اوره‌آز در روشن‌های متوسط و کوچک مشاهده شد. اسید فسفاتاز، آریل سولفاتاز و اینورتاز خاک دارای بیشترین مقدار خود در روشن‌های متوسط بودند. روشن‌های تاجی با سطح خیلی بزرگ بیشترین مقادیر کربن آلی محلول را به خود اختصاص دادند، در حالی که بیشترین نیتروژن آلی محلول در روشن‌های تاجی متوسط مشاهده شد. حضور روشن‌های تاجی خیلی بزرگ، سبب تجمع اسیدهای آلی فولویک و هیومیک در خاک جنگل بررسی شده بود [۱۱]. قربانزاده و همکاران (۲۰۱۸) فراوانی جمعیت باکتری و قارچ را در خاک جنگل‌های طبیعی، جنگلکاری پهن‌برگ و جنگل‌کاری سوزنی‌برگ برآورد کردند که نتایج نشان داد میانگین فراوانی جمعیت باکتری‌ها به ترتیب $5/03 \times 10^5$ ، $6/18 \times 10^5$ و $2/56 \times 10^5$ و میانگین فراوانی جمعیت قارچ‌ها $2/08 \times 10^3$ ، $2/22 \times 10^3$ و $3/46 \times 10^3$ است [۱۲]. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر سطوح مختلف روشن‌ها بر فعالیت‌های زیستی (جمعیت باکتری و قارچ) و آنزیمی (اسید فسفاتاز و دهیدروژناز) در جنگل‌های سری ۷ سنرود استان گیلان بود.

معتدل‌اند [۳]. از جمله عوامل مؤثر در پیدایش زادآوری مناسب در این عرصه‌ها، تغییر در خاک و چرخه عناصر غذایی است [۴]. روشن‌ها می‌توانند با تغییر میزان نور رسیده به کف جنگل، تغییراتی در شرایط خاک جنگل از جمله عناصر غذایی، مقدار کربن و ماده آلی خاک که سرشار از مواد غذایی برای گیاهان و میکروارگانیسم‌های خاک است، پدید آورند [۵].

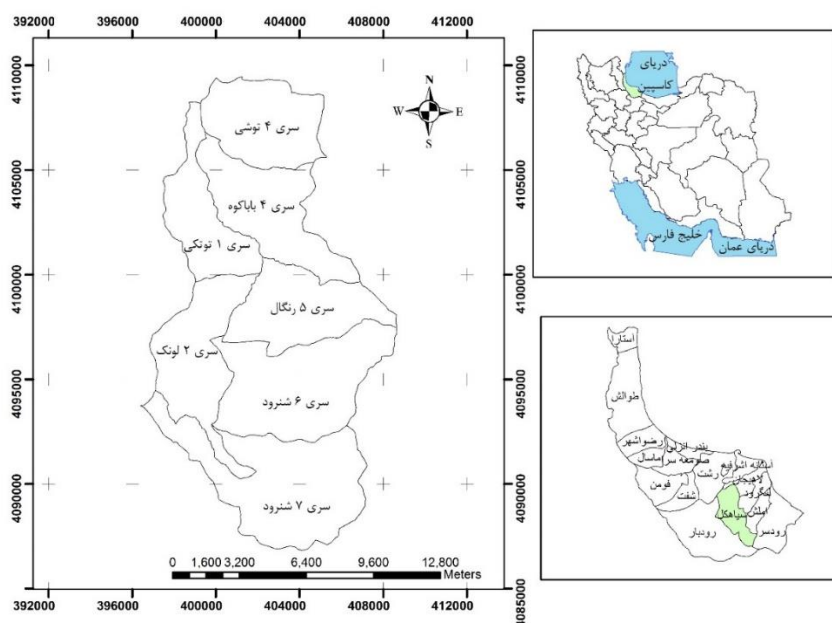
برای ارزیابی کیفیت و حاصلخیزی خاک می‌توان از آنزیم‌های خاک که شاخص فعالیت زیستی خاک محسوب می‌شوند استفاده کرد. میزان فعالیت آنزیم‌ها، شاخص مناسبی برای بررسی کیفیت خاک است و تغییر در فعالیت آنها توان اکوسیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۶]. با توجه به مقادیر متفاوت مواد آلی، فعالیت موجودات زنده و شدت فرایندهای زیستی، میزان فعالیت آنزیم‌ها در خاک‌های مختلف متفاوت است [۷]. آنزیم‌ها از یک سو بیانگر جمعیت میکروبی خاک و از سوی دیگر منعکس‌کننده شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک هستند [۸]. فعالیت‌های آنزیمی خاک به شدت به فعالیت میکروبی وابسته‌اند، چراکه آنها واکنش‌های بیوشیمیایی و چرخه غذایی در خاک را کاتالیز می‌کنند. قبلاً ثابت شده است که کاربرد فعالیت آنزیمی خاک، شاخص تغییرات در فرایندهای درون خاک و ابزار مهمی برای حمایت از دیگر پارامترهای مرتبط با خاکریز خرد که به افزایش دی‌اکسید کربن پاسخ می‌دهند است [۸]. واکنش‌های بیوشیمیایی داخل خاک به صورت مستقیم و غیرمستقیم تحت تأثیر فون و فلور خاک است و توسط آنزیم‌ها کاتالیز می‌شود. در واقع آنزیم‌ها مهم‌ترین پروتئین‌های شناخته‌شده در فرایندهای متابولیکی موجودات زنده محسوب می‌شوند و به دلیل اینکه در ساده‌ترین تک‌سلولی‌ها تا پیچیده‌ترین ارگانیسم‌های حیاتی قابل مطالعه هستند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. کایانگ (۲۰۰۱) فعالیت آنزیم‌های قارچی و باکتریایی دو جنگل با تاج پوشش باز و بسته را بررسی

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

منطقه تحت بررسی بخشی از حوزه آبخیز ۲۵ شنرود به نام طرح جنگلداری سری ۷ شنرود بود که در ۱۵ کیلومتری جنوب شهرستان سیاهکل در شرق استان گیلان واقع شده است. سری مذکور در حوزه جنگلداری سیاهکل و زیر نظر اداره منابع طبیعی استان گیلان قرار دارد. این طرح در محدوده بین $49^{\circ} 57'$ تا $49^{\circ} 50'$ طول جغرافیایی و $37^{\circ} 36'$ تا $37^{\circ} 10'$ عرض جغرافیایی قرار دارد (شکل ۱). در این سری از سال ۱۳۷۸، روش دانه‌زاد ناهمسال و شیوه تک‌گزینی برای اداره جنگل‌های ناحیه طرح توصیه و اجرا شده است. براساس اطلاعات به‌دست‌آمده در سری ۷ شنرود در روش دانه‌زاد ناهمسال یک برش انجام گرفته و از سال شروع روش دانه‌زاد ناهمسال نیز برداشت‌ها به شیوه تک‌گزینی دنبال شده است. منطقه تحت مطالعه از سنگ‌ها و رسوبات دوران دوم زمین‌شناسی (مزوزوئیک) تشکیل یافته است که از

دوره‌های دوران دوم، ژوراسیک و کرتاسه بیشترین رسوبات را به خود اختصاص می‌دهند. با توجه به ارتفاع منطقه از سطح دریا، تپ‌های خاک راندزین شسته‌شده، قهوه‌ای شسته‌شده، قهوه‌ای پدزول‌شده، تکامل‌نیافته رانکر، قهوه‌ای جنگلی اسیدی و قهوه‌ای شسته‌شده با افق آرژلیک وجود دارد. منطقه در محدوده ارتفاعی ۱۲۵۰-۸۵۰ متر از سطح دریا قرار دارد. میانگین بارندگی سالانه ۱۲۶۴/۵ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۶ درجه سانتی‌گراد است. منطقه دارای اقلیم نیمه‌مرطوب و معتدل است. علی‌رغم بهره‌برداری ۲۸ ساله از سری و قرار گرفتن در کنار روستاهای حاشیه فوقانی، وضعیت توده‌ها در این سری مطلوب است. تعداد در هکتار این سری ۲۴۱/۰۱ اصله و حجم در هکتار آن ۳۲۰/۳۲ متر مکعب است که از این مقدار، ۸۳/۰۷ درصد را گونه راش، ۶/۲۳ درصد را گونه ممرز، ۹/۴۱ درصد را گونه توسکا و ۱/۲۹ درصد را گونه‌های دیگر به خود اختصاص داده‌اند [۱۳].



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه پژوهش

روش تحقیق

در این پژوهش، ۱۸ روشنه در چهار سطح کمتر از ۲۰۰، ۲۰۰-۳۰۰، ۳۰۰-۴۰۰ و بیش از ۴۰۰ متر مربع بررسی شدند. از هر سطح روشنه چهار تکرار تقریباً یکسان انتخاب شد. با توجه به اهمیت فراوان شرایط فیزیوگرافی روشنه‌ها در بررسی‌های علمی، روشنه‌هایی با شرایط فیزیوگرافی یکسان انتخاب شدند. نمونه‌برداری خاک از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری از پنج نقطه در قسمت مرکزی روشنه‌ها صورت گرفت و نمونه‌ای ترکیبی به دست آمد. نمونه‌های خاک برای آزمایش زیستی از الک‌های استریل ۲ میلی‌متری عبور داده شدند و در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی و داخل فلاسک یخ‌دار به آزمایشگاه انتقال یافتند و سپس در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و در تاریکی نگهداری شدند.

فعالیت‌های بیولوژیکی خاک، جمعیت کل باکتری و قارچ، به روش شمارش بر روی پلیت و تهیه سری‌های رقت اندازه‌گیری شد. به این صورت که ابتدا به‌طور جداگانه برای باکتری‌ها و قارچ‌ها محیط کشت اختصاصی تهیه شد. محیط‌های کشت در اتوکلاو در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۲ اتمسفر به مدت ۲۰ دقیقه سترون شدند. سپس مقدار مساوی از هر محیط کشت در شرایط سترون و کنار شعله به پتری‌دیش‌های سترون اضافه شد. پتری‌دیش‌ها چند دقیقه به حال خود رها شدند تا محیط کشت سفت شود. سپس عملیات مایه‌زنی انجام گرفت. پس از مایه‌زنی روی محیط کشت، پتری‌دیش‌ها به‌صورت وارونه داخل انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و یک هفته بعد کلونی‌ها شمارش شدند. برای اندازه‌گیری جمعیت ریزجانداران از رقت 10^{-6} استفاده شد [۱۲].

فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز براساس سویسترای پارانیتروفنیل فسفات اندازه‌گیری شد. ۱ گرم خاک و ۰/۲ میلی‌لیتر تولوئن، ۴ میلی‌لیتر بافر MUB و ۱ میلی‌لیتر محلول پارانیتروفنیل فسفات ۰/۵ مولار به آن افزوده و به

مدت یک ساعت در انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سپس ۱ میلی‌لیتر کلرور کلسیم نیم مولار و ۴ میلی‌لیتر سود نیم مولار افزوده شد. سوسپانسیون با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره 2V صاف شده و غلظت پارانیتروفنیل در عصاره صاف شده در طول موج ۴۰۰ تا ۴۲۰ نانومتر با استفاده دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. براساس تیمار شاهد، فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز برحسب میلی‌گرم پارانیتروفنیل آزاد شده در هر گرم خاک در ساعت ($\text{mgPNP g}^{-1}\text{h}^{-1}$) محاسبه شد [۱۴].

برای اندازه‌گیری آنزیم دهیدروژناز، ابتدا ۵ گرم خاک توزین شد. سپس ۵ میلی‌لیتر بافر تریس به نمونه شاهد و ۵ میلی‌لیتر سویسترا (تری‌فنیل تترازولیم کلرید) به نمونه‌ها افزوده شد. نمونه‌ها ۱۶ ساعت در انکوباتور در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. برای عصاره‌گیری تری‌فنیل فرمازون، ۲۵ میلی‌لیتر استن به همه نمونه‌ها به‌علاوه کنترل اضافه شد و دو ساعت در تاریکی عمل هم زدن انجام گرفت و شدت جذب در طول موج ۵۴۶ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد [۱۵].

به‌منظور بررسی آماره‌های توصیفی از پارامترهای میانگین، انحراف معیار و نیز ضریب تغییرات استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از یک طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و برای تعیین همگن بودن واریانس‌ها از آزمون لاون استفاده شد. تأثیر سطوح مختلف روشنه بر فعالیت‌های زیستی و آنزیمی به‌کمک آزمون تجزیه واریانس (ANOVA) بررسی شد. برای مقایسه میانگین مشخصه‌های اندازه‌گیری شده در سطوح مختلف روشنه از آزمون مقایسه میانگین دانکن استفاده شد. همه تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری IBM SPSS ver. 22 انجام گرفت و نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel 2013 ترسیم شد.

نتایج و بحث

تأثیر روشنه‌ها بر فعالیت‌های آنزیمی

نتایج فعالیت آنزیم اسیدفسفاتاز و دهیدروژناز نشان داد که بیشترین و کمترین فعالیت این آنزیم‌ها به ترتیب در سطح روشنه ۳۰۰-۴۰۰ و ۲۰۰-۳۰۰ متر مربع مشاهده شد (شکل‌های ۲ و ۳). طاعتی و همکاران (۲۰۱۵) نیز با بررسی اثر روشنه بر فعالیت آنزیم‌های خاک در رانشستان‌های منطقه کلاردشت نشان دادند که کمترین و بیشترین فعالیت آنزیم‌های اسیدفسفاتاز و دهیدروژناز به ترتیب در سطوح ۳۰۰-۴۰۰ و ۲۰۰-۳۰۰ متر مربع است [۱۵] که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد.

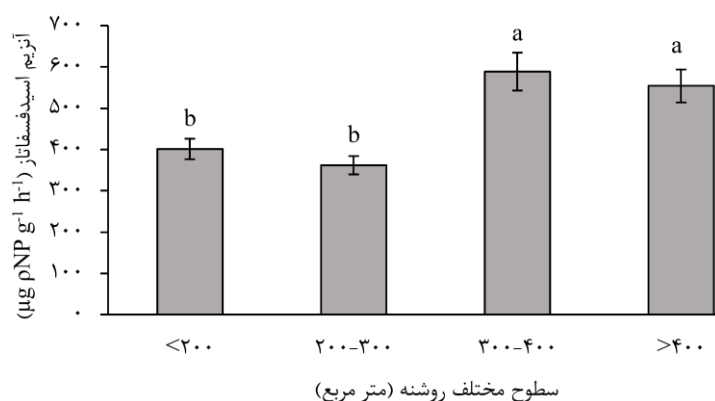
نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین میانگین فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز در تیمارهای مختلف سطح روشنه وجود دارد (جدول ۲). همچنین آزمون مقایسه میانگین دانکن نشان داد که بین دو سطح کمتر از ۲۰۰ و ۲۰۰-۳۰۰ متر مربع با دو سطح دیگر اختلاف معنی‌داری وجود دارد (شکل ۲). اما نتایج آزمون تجزیه واریانس و همچنین آزمون مقایسه میانگین دانکن نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین میانگین فعالیت آنزیم دهیدروژناز در تیمارهای مختلف سطح روشنه وجود ندارد. نتایج آزمون تجزیه واریانس و مقایسه میانگین در جدول ۱ و شکل ۳ ارائه شده است. طاعتی و همکاران (۲۰۱۵) نیز نشان دادند که اختلاف معنی‌داری بین میزان فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز در سطوح مختلف روشنه وجود دارد که همسو با نتایج تحقیق حاضر است [۱۵].

بررسی روند تغییرات فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز نیز با نتایج تحقیق میزل و همکاران (۲۰۱۱) همخوانی دارد [۱۶]. در پژوهشی دیگر، بورنر و همکاران (۲۰۰۶) بیان کردند که با افزایش سطح روشنه، فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز افزایش می‌یابد [۱۷] که با نتایج این پژوهش همخوانی ندارد. از دلایل تفاوت نتایج می‌توان به نوع جنگل‌های بررسی شده اشاره کرد. پژوهش حاضر در جنگل‌های پهن‌برگ انجام گرفت، درحالی‌که پژوهش بورنر و همکاران (۲۰۰۶) در جنگل‌های سوزنی‌برگ (کاج تدا) انجام پذیرفت. کوچ و حق‌وردی (۲۰۱۸) به بررسی تأثیر روشنه‌های تاجی جنگل بر فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز در منطقه خانیکان نوشهر پرداختند و دریافتند که بیشترین فعالیت این آنزیم در روشنه‌های با سطح متوسط (۳۹۷-۴۰۶ متر مربع) بود [۱۱]. در بررسی حاضر نیز بیشترین فعالیت آنزیم اسیدفسفاتاز در سطح ۳۰۰-۴۰۰ متر مربع بود. در پژوهشی دیگر، طاعتی و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که اختلاف معنی‌داری در میزان فعالیت آنزیم دهیدروژناز بین سطوح مختلف روشنه وجود ندارد [۱۵] که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. تسای و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که افزایش فعالیت آنزیم دهیدروژناز نشانه افزایش جمعیت میکروبی خاک و فعالیت آنهاست، بنابراین به طور احتمالی می‌توان اندازه روشنه ۳۰۰-۴۰۰ متر مربع را سبب بهبود شرایط زیست میکروارگانیسم‌ها دانست [۱۸].

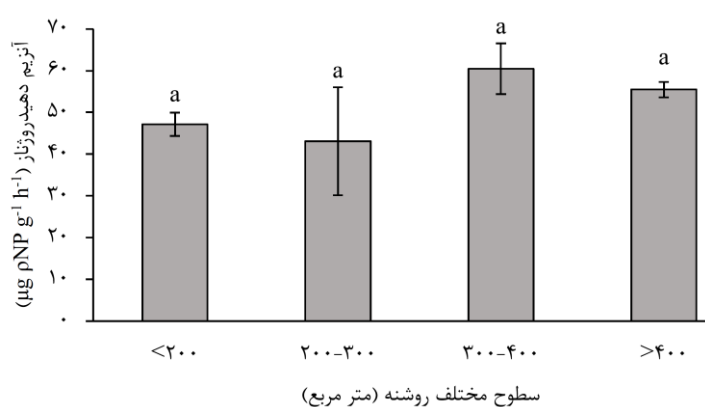
جدول ۱. نتایج آزمون تجزیه واریانس تأثیر سطح روشنه بر فعالیت آنزیمی خاک

معنی‌داری	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	منبع تغییرات	آنزیم
./۰۰*	۹۰/۷	۶۲۸۳۳/۷	۳	۱۸۸۴۷۱/۱	بین گروه‌ها	اسید فسفاتاز
		۶۹۲/۶	۱۴	۹۶۹۷/۰۷	درون گروه‌ها	
			۱۷	۱۹۸۱۶۸/۱	کل	
./۰۶۳ ^{ns}	۱/۱۵	۳۳۹/۱	۳	۱۰۱۷/۳	بین گروه‌ها	دهیدروژناز
		۶۵/۷	۱۴	۹۲۰/۵	درون گروه‌ها	
			۱۷	۱۹۳۷/۹	کل	

* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵، ns نبود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵



شکل ۲. مقایسه میانگین فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز در سطوح مختلف روشنه



شکل ۳. مقایسه میانگین فعالیت آنزیم دهیدروژناز در سطوح مختلف روشنه

ایجاد روشنۀ پوشش تاجی با افزایش شدت نور نسبی، افزایش دما، کاهش رطوبت و تغییر در جوامع میکروبی سبب تغییر در تجزیۀ لاشبرگ‌ها و همچنین چرخش عناصر غذایی در خاک می‌شود [۱۹]. در پی بازشدگی تاج پوشش بسیاری از مشخصه‌های خاک تحت تأثیر قرار می‌گیرند و تغییرات معنی‌داری را نشان می‌دهند که در این بین، تغییرپذیری مشخصه‌های زیستی خاک برجسته‌تر به نظر می‌رسد [۲۰].

کوچ و بیرانوند (۲۰۱۷) نشان دادند که با افزایش سطح روشنۀ، مقدار pH خاک کاهش می‌یابد [۲۱] و از طرف دیگر نتایج پژوهش‌های مختلف نشان داده است که رابطه معنی‌داری بین فراوانی باکتری‌ها و قارچ‌ها با مقدار pH خاک وجود دارد، به طوری که هر چقدر pH خاک نزدیک به خنثی باشد، جمعیت فراوانی باکتری‌ها بیشتر

نتایج تأثیر سطح روشنۀ بر فعالیت‌های بیولوژیکی

نتایج مشخصه‌ فراوانی باکتری (عدد در گرم خاک خشک) نشان داد که کمترین و بیشترین فراوانی باکتری به ترتیب در سطح روشنۀ بیشتر از ۴۰۰ و کمتر از ۲۰۰ متر مربع مشاهده شد. نتایج مشخصه‌ فراوانی قارچ نیز نشان داد که بیشترین و کمترین فراوانی قارچ به ترتیب در سطح روشنۀ بیشتر از ۴۰۰ و کمتر از ۲۰۰ متر مربع مشاهده شد (شکل‌های ۴ و ۵).

نتایج آزمون تجزیۀ واریانس نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین فراوانی باکتری و قارچ در سطوح مختلف روشنۀ وجود دارد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین دانکن نیز نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین میانگین فراوانی باکتری و قارچ در سطح روشنۀ بیشتر از ۴۰۰ با کمتر از ۲۰۰ متر مربع وجود دارد (شکل‌های ۴ و ۵).

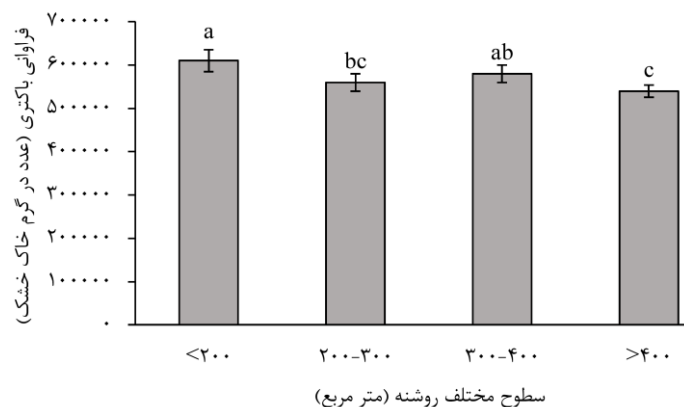
و فراوانی قارچ‌ها کمتر است، به طوری که بیان کردند در توده صنوبر که pH خاک ۶/۴۰ است، فراوانی باکتری‌ها برابر $۶/۱۸ \times 10^5$ و فراوانی قارچ برابر $۲/۲۲ \times 10^3$ است [۱۲]، در حالی که در توده کاج تدا که pH خاک ۵/۸۸ است، فراوانی باکتری‌ها $۲/۵۶ \times 10^5$ و فراوانی قارچ $۳/۴۶ \times 10^3$ است.

است، در حالی که فراوانی قارچ‌ها کمتر است [۴، ۵، ۲۲]. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش سطح روشنه، فراوانی باکتری‌ها کاهش و فراوانی قارچ‌ها افزایش می‌یابد که نتایج این پژوهش نیز تأییدکننده این مطلب است. قربانزاده و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی نشان دادند که هرچه pH نزدیک به خشتی باشد جمعیت باکتری‌ها بیشتر

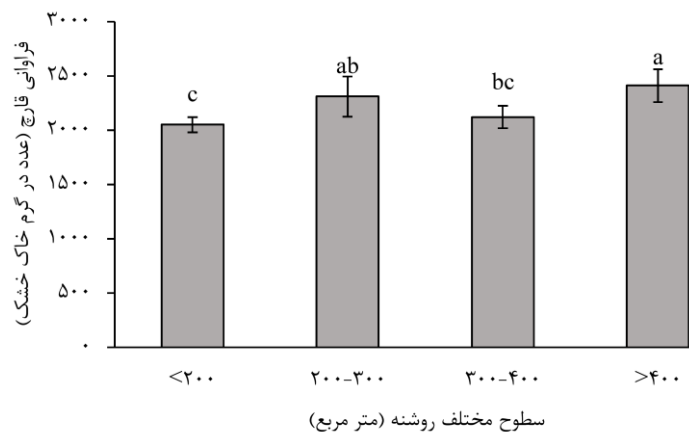
جدول ۲. نتایج آزمون تجزیه واریانس تأثیر سطح روشنه بر فراوانی باکتری و قارچ

مشخصه	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معنی داری
فراوانی باکتری	بین گروه‌ها	$۸/۶ \times 10^6$	۳	$۲/۶ \times 10^6$	۶/۴۷	۰/۰۰۶*
	درون گروه‌ها	$۶/۲ \times 10^9$	۱۴	$۴/۴ \times 10^9$		
	کل	$۱/۴ \times 10^{10}$	۱۷			
فراوانی قارچ	بین گروه‌ها	$۲/۹ \times 10^5$	۳	$۹/۷ \times 10^4$	۴/۱۸	۰/۰۲۶*
	درون گروه‌ها	$۳/۲ \times 10^5$	۱۴	$۲/۳ \times 10^4$		
	کل	$۶/۱ \times 10^5$	۱۷			

* اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵



شکل ۴. مقایسه میانگین فراوانی باکتری در سطوح مختلف روشنه



شکل ۵. مقایسه میانگین فراوانی قارچ در سطوح مختلف روشنه

نتیجه‌گیری

پژوهش‌ها، میزان زادآوری درختان در سطوح مختلف روشنه متفاوت است که نتیجه این عوامل سبب تغییر در فعالیت آنزیم‌ها و همچنین فعالیت‌های بیولوژیکی خاک می‌شود. به‌طور کلی، تغییر در میزان فعالیت آنزیم‌ها و فعالیت‌های بیولوژیکی خاک، سبب تغییر در میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی درختان خواهد شد و به همین دلیل پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های آینده، به بررسی میزان تغییرات فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی درختان در سطوح مختلف روشنه و ارتباط آن با میزان فعالیت آنزیم‌های مختلف خاک پرداخته شود.

همان‌طور که نتایج نشان داد، میزان فعالیت آنزیم‌ها و همچنین فعالیت‌های بیولوژیکی در سطوح مختلف روشنه متفاوت است که از دلایل آن می‌توان به متفاوت بودن رژیم‌های رطوبتی، حرارتی و نور در سطوح مختلف روشنه‌ها اشاره کرد. از طرف دیگر، در خاک‌های مختلف، مقادیر متفاوتی از مواد آلی، ترکیب و فعالیت موجودات زنده و شدت فرایندهای زیستی وجود دارد و ایجاد روشنه پوشش تاجی سبب تغییر در فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک می‌شود؛ ضمن اینکه براساس

References

- [1]. Galhidy, L., Mihok, B., Hagy, A., Rajkai, K., and Standovar, T. (2006). Effects of gap size and associated changes in light and soil moisture on the understory vegetation of a Hungarian beech forest. *Plant Ecology*, 183(1): 133-145.
- [2]. Weiskittel, A.R. and Hix, D.M. (2003). Canopy gap characteristics of an oak-beech-maple oldgrowth forest in Northeastern Ohio. *OHIO Journal Science*, 103(4): 111-115.
- [3]. Bartsch, N. (2000). Element release in beech (*Fagus sylvatica* L.) forest gaps. *Water Air Soil Pollution*, 122: 3-16.
- [4]. Persson, T., Rudebeck, A., Jussy, J.H., Colin-Belgrand, M., Prieme, A., Dambrine, E., Karlsson, P.S., and Sjöberg, R.M. (2000). Soil nitrogen turnover-mineralization, nitrification, and denitrification in European forest soils, in: Schulze, E.-D. (Ed.), *Carbon and Nitrogen Cycling in European Forest Ecosystems*, Ecological Studies 142. Springer, Berlin. 297-331.
- [5]. McCauley, A., Jones C., and Jacobsen, J. (2005). Basic soil properties. *Soil and Water Management Module*, 1(1): 1-12.
- [6]. Matinizadeh, M., and Ghodarzi, M. (2013). Effects of fire on activity of some rangeland soil enzymes. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 20(1): 213-225.
- [7]. Makoi, J., and Ndakidemi, P. (2008). Selected soil enzymes: Examples of their potential roles in the ecosystem. *African Journal of Biotechnology*, 7(3): 181-191.
- [8]. Moscatelli, M.C., Lagomarsino, A., Angelis, P.D., and Grego, S. (2005). Seasonality of soil biological properties in a poplar plantation growing under elevated atmospheric CO₂. *Applied Soil Ecology*, 30(9): 162-173.
- [9]. Kayang, H., (2001). Fungal and bacterial enzyme activities in *Alnus nepalensis* D. Don. *European Journal of Soil Biology*, 37(7): 175-180.
- [10]. Xu, J., Xue, L.m and Su, Z. (2016). Impacts of forest gaps on soil properties after a severe ice storm in a *Cunninghamia lanceolata* stand. *Pedosphere*, 26: 408-416.
- [11]. Kooch, Y., and Haghverdi, K. (2018). Effect of forest canopy gap on soil enzyme activity, dissolved organic matter and organic acids. *Iranian Journal of Forest and Poplar research*, 25(4): 585-597.
- [12]. Ghorbanzadeh, N., Pourbabaei, H., Salehi, A., Soltani Tolarood, A.A., and Alavi, S.J. (2018). Investigation of the microbial and soil invertebrates' biodiversity indices of hard wood and soft wood plantations in west of Guilan province. *Journal of Applied Soil Research*, 6(3): 1-12.
- [13]. Booklet of revised forestry plan series 7 Shenroud. (2004). Department of natural resources and watershed Siahkal, 347p.

- [14]. Raiesi, F., and Beheshti, A. (2014). Soil specific enzyme activity shows more clearly soil responses to paddy rice cultivation than absolute enzyme activity in primary forests of northwest Iran. *Applied Soil Ecology*, 75: 63-70.
- [15]. Taati, S., Rahmani, R., Sagheb-Talebi, Kh., Matinizadeh, M., and Habashi, H. (2015). Influence of gap creation on soil enzymes activity in an oriental beech stand (Case study: Langa control plot). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 23(2): 332-341.
- [16]. Miesel, J.R., Boerner, R.E.J., and Skinner, C.N. (2011). Soil nitrogen mineralization and enzymatic activities in fire and fire surrogate treatments in California. *Canadian Journal of Soil Science*, 91: 935-946.
- [17]. Boerner, R.E.J., Waldrop, T.A., and Shelburne, V.B. (2006). Wildfire mitigation strategies affect soil enzyme activity and soil organic carbon in loblolly pine (*Pinus taeda*) forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 36: 3148-3154.
- [18]. Tsai, S.H., Selvam, A., Chang, Y.P., and Yang, S.S. (2009). Soil bacterial community composition across different topographic sites characterized by 16S rRNA gene clones in the Fushan Forest of Taiwan. *Botanical Studies*, 50(2): 57-68.
- [19]. Ni, X., Yang, W., Tan, B., Li, H., He, J., Xu, L., and Wu, F. (2016). Forest gaps slow the sequestration of soil organic matter: a humification experiment with six foliar litters in an alpine forest. *Scientific Reports*, 6, No. 19744, 12p.
- [20]. Kheiri, M., Habashi, H., VaezMoosavi S.M., and Moghimian, N. (2018). Effects of canopy gap on soil macrofauna in mixed beech stand (case study in Shast- Kalate forest). *Journal of Human and Environment*, 10(34): 101-108.
- [21]. Kooch, Y., and Bayranvand, M. (2017). Effect of canopy gaps area on soil biological activities and organic matter fractions in a Beech forest stand. *Iranian Journal of Forest*, 8(4):533-546.
- [22]. Gazanshahi, J. (2006). *Soil and Plant Analysis*. Homa Publication, Tehran, 272p.

Effect of gap area on soil biological and enzymes activity in the beech forests (Case study: district 7, Shenrood, Siyahkal)

F. Farzalizadeh; Ph.D. Student of Forest sciences, Lahijan branch, Islamic Azad University, Lahijan, I.R. Iran

V. Hemmati Khoshkdashti*; Assis., Prof., Department of Forestry, Lahijan branch, Islamic Azad University, Lahijan, I.R. Iran

M.M. Fallahchai; Assoc., Prof., Department of Forestry, Lahijan branch, Islamic Azad University, Lahijan, I.R. Iran

R. Naghdi; Prof., Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, I.R. Iran

(Received: 28 October 2020, Accepted: 02 March 2021)

ABSTRACT

In most parts of the Zagros, the structure of coppice oak stands is very fragile and unstable due to the lack of diversity in the horizontal and vertical profile. The aim of this study was to evaluate the effect of tending operations on the structural characteristics of Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) in Chegeni forests of Khorramabad, Lorestan province after 3 years. The study was conducted in a randomized complete block design with three replications with four treatments of light, medium and heavy thinning, which were thinned by 10, 20 and 30% of the basal area of the sprout-clumps, respectively, and the fourth treatment as a control. Measurements of quantitative variables (collar diameter and height of dominant sprout in sprout-clumps) were done at the end of the growing season in the first year before thinning operations and repeated every year to calculate growth values. To investigate the effect of tending operations on dominance and dimension differentiation indices in the studied stands, the dominant and three neighboring sprouts in each sprout-clump were selected separately in different treatments and the quantitative characteristics of height and diameter of dominant and neighboring sprouts were measured. The results showed that due to tending operations, dominance and dimensional differences (collar height and diameter) indices of sprouts in heavy treatment were significantly higher than other treatments. Based on this, it can be concluded that heavy thinning treatment has been able to help improve the structure of the studied stands. Studying the effectiveness of other structural variables can help to identify the optimal thinning treatment. Also, this study emphasizes the importance of structural characteristics as a suitable tool for the management of oak coppice stands in order to help their sustainability.

Keywords: Soil enzyme, Hyrcanian forests, canopy gap, biological indices.

* Corresponding Author, Email: dr.vahid.hemmati@liau.ac.ir, Tel: +989124039722