فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۳ شماره ۲، صفحه ۳۴۱-۳۳۲، (۱۳۹۴)

تأثیر ایجاد روشنه بر فعالیت آنزیم‌های خاک در یک جنگل راش شرقی (مطالعه موردی: قطعه شاهد لنگا)

سمیرا طاعتی[۱*]، رامین رحمانی[۲]، خسرو ثاقب‌طالبی[۳]، محمد متینی‌زاده[۳] و هاشم حبشی[۴]

۱*- نویسنده مسئول، کارشناسی‌ارشد جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
پست الکترونیک: samirataati20@yahoo.com

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

۳- دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۴- استادیار، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۷/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۰۴

چکیده

به‌دنبال ایجاد آشفتگی در سطح تاج‌پوشش و تغییر مقدار نور رسیده به کف جنگل ازنظر کمیت (شدت نور) و کیفیت (نور مؤثر بر فتوسنتز)، روشنه‌ها به‌وجود می‌آیند. این پژوهش در روشنه‌های طبیعی قطعه شاهد لنگا در کلاردشت با هدف تعیین میزان تغییرات بر فعالیت دو آنزیم دهیدروژناز و اوره‌آز انجام شد. در جنگل مورد مطالعه ۱۴ روشنه در چهار طبقه مساحت (کمتر از ۲۰۰ مترمربع، ۲۰۰ تا ۳۰۰ مترمربع، ۳۰۰ تا ۴۰۰ مترمربع و بیشتر از ۴۰۰ مترمربع) و چهار طبقه شدت نور نسبی (کمتر از هشت درصد، هشت تا ۱۷درصد، ۱۷ تا ۲۵ درصد و بیشتر از ۲۵ درصد) انتخاب شد. نمونه‌برداری از خاک در عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری در مرکز روشنه‌ها انجام شد. فعالیت آنزیم دهیدروژناز و اوره‌آز با استفاده از واکنش با سوبسترا و با اسپکتروفتومتر سنجش شد. نتایج نشان داد که میزان فعالیت آنزیم دهیدروژناز در طبقه‌های مختلف اندازه روشنه و شدت نور نسبی به‌طور معنی‌داری متفاوت است و بیشترین مقدار فعالیت آنزیم دهیدروژناز در روشنه‌های با اندازه بزرگ (۳۰۰ تا ۴۰۰ مترمربع) و در شدت نور کم (کمتر از هشت درصد) مشاهده شد. آنزیم اوره‌آز تفاوت معنی‌داری را در طبقه‌های مختلف اندازه روشنه و شدت نور نسبی نشان نداد. از سوی دیگر، رطوبت نسبی در طبقه‌های مختلف اندازه روشنه و شدت نور نسبی معنی‌دار شد، اما ماده آلی و نیتروژن تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند.

واژه‌های کلیدی: اوره‌آز، دهیدروژناز، روشنه، فعالیت آنزیمی، کیفیت خاک، نور.

مقدمه

روشنه‌ها آشفتگی‌هایی هستند که به‌سبب بازشدن تاج‌پوشش ایجاد می‌شوند. روشنه‌ها گاهی کوچک هستند و به‌علت حذف تک‌درخت با تاج کوچک ایجاد می‌شوند و گاهی شامل سطح به‌نسبت وسیعی می‌باشند که در اثر افتادن چند درخت ایجاد می‌شوند (Galhidy *et al.*, 2006). ازجمله ویژگی‌های بنیادی روشنه‌ها، اندازه آنها است که بیشترین اثر را بر خصوصیات جنگل ازجمله خصوصیات ساختاری و ترکیب گونه‌ای جنگل دارد (Weiskittel & Hix, 2003). روشنه‌ها می‌توانند ترکیب و ساختار جنگل را تغییر دهند و مکانی برای استقرار گونه‌های گیاهی جدید، رشد بیشتر گونه‌های استقرار یافته و یا زیستگاه خاصی

برای حیوانات باشند (Gray *et al*., 2002). با شکل‌گیری روشنه، دسترسی به منابعی از قبیل نور (Chazdon, 1988; Canham *et al*., 1990; McDonald & Notron, 1992)، رطوبت، مواد غذایی و فضای رویشی افزایش می‌یابد (Fahey & Puettmann 2007; Muscolo *et al*., 2007). از این جهت است که گفته می‌شود یکی از معیارهای تعیین مساحت مطلوب روشنه، شدت نور در لایه‌های پایین‌تر از تاج درختان است (Denslow & Hartshorn, 1994).

با تغییر میزان نور رسیده به کف جنگل، تغییراتی در شرایط خاک جنگل ازجمله عناصر غذایی و میزان کربن و ماده آلی خاک به‌وجود می‌آید (Pool, 1914). ماده آلی منبعی سرشار از مواد غذایی برای گیاهان و میکروارگانیسم‌های خاک است (McCauley *et al*., 2005). علاوه‌براین، نور هم مانند دیگر ویژگی‌های فیزیکی می‌تواند عملکرد زیستی خاک را دگرگون کند (Safari Sinegani, 2005). در سال‌های اخیر به کیفیت خاک توجه بیشتری شده است. آنزیم‌های خاک شاخص فعالیت زیستی خاک محسوب می‌شوند و برای ارزیابی کیفیت و حاصلخیزی خاک به‌کار می‌روند. میزان فعالیت آنزیم‌ها شاخص حساسی برای بررسی کیفیت خاک است و تغییر در فعالیت آنها می‌تواند توان اکوسیستم را متأثر کند و جذب عناصر غذایی توسط گیاهان را تغییر دهد (Matinizadeh & Godarzi, 2013). میزان فعالیت آنزیم‌ها در خاک‌های مختلف متفاوت است، زیرا در خاک‌های مختلف مقادیر متفاوتی از مواد آلی، ترکیب و فعالیت موجودات زنده و شدت فرآیندهای زیستی وجود دارد (Makoi & Ndakidemi, 2008). آنزیم‌ها از یک‌سو داده‌هایی درمورد جمعیت میکروبی خاک و از سوی دیگر شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک را منعکس می‌کنند (Moscatelli *et al*., 2005).

دهیدروژناز یک آنزیم درون‌سلولی و از آنزیم‌های چرخه کربن است که میزان فعالیت آن به‌عنوان شاخص متابولیسم اکسیداتیو خاک و نشان‌دهنده جمعیت میکروبی فعال خاک می‌باشد (Quilchano & Marañón, 2002). درواقع می‌توان با اندازه‌گیری فعالیت این آنزیم از شرایط زیستی کل خاک آگاه شد، به‌طوری‌که میزان فعالیت این آنزیم می‌تواند مقیاس مناسبی برای فعالیت میکروبی و اندازه‌گیری شدت متابولیسم میکروبی در خاک باشد (Nannipieri *et al*., 1990). آنزیم اوره‌آز با هیدرولیز اوره، آمونیاک تولید می‌کند و منشأ آن میکروبی است که مقاوم به تجزیه است و به‌همین علت در سلول‌های آزاد انباشته می‌شود (Błońska & Lasota, 2014). منشأ فعالیت آنزیم اوره‌آز در خاک ممکن است بقایای گیاهی، حیوانی یا میکروب‌های خاک باشد. گیاهان غنی از منبع اوره‌آز هستند، البته شواهد مستقیمی دال بر تولید آنزیم اوره‌آز از ریشه گیاهان وجود ندارد (Dharmakeerthi & Thenabadu, 1996). همچنین گزارش شده است که این آنزیم در فضولات و معده جانوران نیز وجود دارد (Zantua & Bremner, 1977)، بنابراین اهمیت آنزیم دهیدروژناز در تعیین میزان فعالیت زیستی خاک و آنزیم اوره‌آز در تعیین میزان کیفیت خاک از نقطه‌نظر چرخه ازت در خاک است.

Stepnewska و Tokar (۲۰۱۲) با بررسی تأثیر شدت نور بر وضعیت تغییر دی‌اکسید کربن، نتیجه‌گیری کردند که افزایش شدت نور باعث افزایش میزان دی‌اکسید کربن و درنتیجه افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌شود، به‌طوری‌که با افزایش شدت نور ابتدا میزان دی‌اکسید کربن کاهش و سپس افزایش می‌یابد. Shabani و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی با عنوان تعیین رابطه بین ویژگی‌های خاک و تنوع گونه‌های چوبی در چندین اندازه روشنه، بیشترین میزان کربن و نسبت کربن به نیتروژن را در روشنه‌های کوچک مشاهده کردند. Abbasi (۲۰۱۰) پس از بررسی تأثیر شکل و اندازه روشنه بر خصوصیات زیستی خاک در جنگل شصت‌کلاته گرگان نتیجه‌گیری کرد که مقدار ماده آلی خاک در روشنه‌های کوچک بیشتر از روشنه‌های متوسط و بزرگ است و به‌طورکلی میزان آن در زیر روشنه‌ها بیشتر از زیر تاج‌پوشش می‌باشد. همچنین وزن کرم‌های خاکی در روشنه‌های بزرگ بیشتر از روشنه‌های

متوسط و کوچک بود. Griffiths و همکاران (۲۰۱۰) طی مطالعه‌ای با عنوان بررسی خصوصیات خاک در روشنه‌های جنگل در کوهستان‌های غربی ارگان ضمن بررسی مشخصه‌های فیزیکی و آنزیمی به این نتیجه رسیدند که در روشنه‌های با قطر ۵۰ متر میزان تنفس خاک، آنزیم بتاگلوکوزیداز و پوشش‌های قارچی کاهش یافتند. Kooch و همکاران (۲۰۱۰) ضمن بررسی اثرات روشنه بر خصوصیات بیوشیمیایی و شیمیایی خاک در یک جنگل آمیخته راش- ممرز در ایران مشاهده کردند که بیشترین میزان تنفس میکروبی به مرکز روشنه‌های بزرگ و خیلی بزرگ اختصاص داشت. در مشاهدات آنها زی‌توده کرم‌های خاکی نیز در روشنه‌های بزرگتر کاهش یافت.

درنتیجه بررسی پاسخ باکتریایی ازنظر ترکیب جمعیتی و فعالیت آنها نسبت به اکسیداسیون نوری مواد آلی در خاک و آب مشخص شد که نور خورشید به‌طور معنی‌داری غلظت ماده آلی محلول خاک را کاهش می‌دهد. ماده آلی محلولی که در معرض نور خورشید قرار گرفته است، تولیدات باکتریایی را در مقیاس زمانی طولانی (هفته‌های مداوم) افزایش می‌دهد. همچنین تغییرات در ترکیب جمعیت باکتریایی در پاسخ به ماده آلی قرار گرفته در معرض نور خورشید در محیط خاک بیشتر از محیط آبی بود (Judd *et al.*, 2007). Puglisi و همکاران (۲۰۰۶) نیز برای ارزیابی کیفیت خاک از فعالیت آنزیمی (آریل‌سولفاتاز، بتاگلوکزیداز، آلکالین‌فسفاتاز، اوره‌از، اینورتاز، دهیدروژناز و فنل اکسیداز) استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که فعالیت آنزیم‌ها در قطعات مورد آزمایش بیشتر از قطعات شاهد بود. براساس نظر Nannipieri و همکاران (۲۰۰۲) برای ارزیابی خاک باید از زی‌توده میکروبی، تنفس، فعالیت‌های آنزیمی، معدنی‌شدن نیتروژن و تعداد قارچ‌ها استفاده کرد. فعالیت آنزیم‌های قارچی و باکتریایی دو جنگل با تاج‌پوشش باز و بسته توسط Kayang (۲۰۰۱) بررسی شد و مشخص شد که فعالیت آنزیم‌های مختلف در جنگل دارای تاج‌پوشش بسته بیشتر بود. وی معتقد است که تغییرات در تاج‌پوشش جنگل بر تعداد جمعیت باکتریایی و قارچی و فعالیت آنزیم‌های میکروبی اثرگذار است.

هدف از پژوهش پیش‌رو مقایسه فعالیت آنزیمی خاک در روشنه‌ها و طبقه‌بندی روشنه‌ها ازنظر فعالیت آنزیم‌های خاک در یک پارسل حفاظت‌شده (قطعه شاهد) یا به‌نوعی در یک جنگل مدیریت‌نشده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در جنگل‌های شمال ایران (استان مازندران) در قطعه ۱۳۹ به‌عنوان قطعه شاهد (مدیریت‌نشده) در سری یک طرح جنگلداری لنگا (کلاردشت) به مساحت ۴۳ هکتار و با جهت عمومی شمال شرقی- شمالی، با طول جغرافیایی ۲۵َ۰۲َ۰۵۱ً شرقی و عرض جغرافیایی ۱۵َ۳۲َ۳۶ً شمالی و ارتفاع از سطح دریای ۱۵۰۰متر انجام شد. خاک منطقه از نوع قهوه‌ای جنگلی با pH اسیدی است (Anonymous, 1998). قطعه مورد بررسی دارای ساختار ناهمسال بود. تعداد در هکتار بین ۳۰۲ تا ۴۵۴، قطر درختان بین حداقل ۷/۵ تا حداکثر ۱۵۵ سانتی‌متر و ارتفاع آنها بین حداقل شش تا حداکثر ۴۴ متر نوسان داشت. این پژوهش در فصل بهار (خرداد ماه) سال ۱۳۹۰ انجام شد، بدین‌صورت که پس از جنگل‌گردشی در قطعه، مساحت روشنه‌های ناهمسال مناسب که به‌صورت طبیعی در این منطقه ایجاد شده بودند، مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. سپس این روشنه‌ها در چهار طبقه مساحت (کمتر از ۲۰۰ مترمربع، ۲۰۰ تا ۳۰۰ مترمربع ، ۳۰۰ تا ۴۰۰ مترمربع و بیشتر از ۴۰۰ مترمربع) طبقه‌بندی شدند. اندازه‌گیری شدت نور در تصاویر نیم‌کروی با استفاده از نرم‌افزار GLA در مرکز روشنه‌ها انجام شد (Frazer *et al.*, 1999). براساس طبقه‌های اندازه روشنه به‌دست‌آمده، طبقه‌های شدت نور نسبی در چهار گروه (کمتر از هشت درصد، نه تا ۱۶ درصد، ۱۷ تا ۲۵ درصد و بیشتر از ۲۵ درصد) تقسیم شدند. فراوانی ۱۴ روشنه انتخاب‌شده از نظر طبقه‌های مختلف اندازه روشنه و شدت نور نسبی در جدول ۱ ارائه شده است.

برای اندازه‌گیری مقادیر کربن، ماده آلی خاک، نیتروژن کل، رطوبت نسبی و آنزیم‌های (دهیدروژناز و اوره‌آز) موجود در خاک روشنه‌ها و تعیین ارتباط آنها با ابعاد روشنه و میزان نور واردشده به روشنه، یک قطعه‌نمونه چهار مترمربعی (۲×۲ متر) در مرکز هر روشنه مشخص شد و نمونه‌برداری خاک از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری انجام شد. نمونه‌ها در یخدان به آزمایشگاه منتقل شدند و از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. نمونه‌های الک‌شده در فریزر در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند، به‌طوری‌که تا زمان انجام آزمایش‌ها فعالیت آنزیم‌ها در سطح مورد نظر حفظ شود. فعالیت آنزیم‌ها با استفاده از واکنش آنزیم- سوبسترا و محصول به‌دست‌آمده از این واکنش به‌وسیله اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (Ohlinger *et al.*, 1996). در این روش برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم اوره‌آز از پنج گرم خاک مرطوب استفاده شد. نمونه‌ها به مدت دو ساعت در انکوباتور در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. طول موج مورد استفاده در دستگاه اسپکتروفتومتر برای اندازه‌گیری آنزیم اوره‌آز ۶۹۰ نانومتر بود. برای اندازه‌گیری آنزیم دهیدروژناز نیز از پنج گرم خاک استفاده شد و سوبسترای آن تری‌فنیل‌تتزازولیم‌کلرید بود. نمونه‌ها به مدت ۱۶ ساعت در انکوباتور در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. طول موج مورد استفاده برای آنزیم دهیدروژناز ۵۴۶ نانومتر بود. کربن و ماده آلی خاک با روش والکی- بلاک (Schumacher, 2002) و نیتروژن کل و رطوبت نسبی خاک هم به‌ترتیب با روش کجلدال و تعیین وزن خشک اندازه‌گیری شدند.

برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS استفاده شد. ابتدا نرمال بودن داده‌های کمی با استفاده از آزمون کولموگروف- سمیرنوف و همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون بررسی شد. با توجه به نرمال نبودن داده‌های آنزیم دهیدروژناز، داده‌ها با جذر گرفتن نرمال شدند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از تجزیه‌واریانس یک‌طرفه و به‌وسیله آزمون توکی در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد انجام شد.

جدول ۱- تعداد روشنه در طبقه‌های اندازه روشنه و شدت نور

طبقه	اندازه روشنه (مترمربع)	تعداد	شدت نور (درصد)	تعداد
اول	<۲۰۰	۳	<۸	۴
دوم	۲۰۰-۳۰۰	۴	۸-۱۷	۴
سوم	۳۰۰-۴۰۰	۳	۱۷-۲۵	۳
چهارم	>۴۰۰	۴	>۲۵	۳

نتایج

ویژگی‌های شیمیایی و زیستی خاک در طبقه‌های مختلف اندازه روشنه و شدت نور نسبی

نتایج نشان داد که مقدار کربن و ماده آلی تحت تأثیر اندازه روشنه تغییر نمی‌کند، درحالی‌که مقدار آنزیم دهیدروژناز با تغییر طبقه‌های اندازه روشنه ($P<۰/۰۵$) و شدت نورنسبی ($P<۰/۰۱$) تغییرات معنی‌داری را نشان داد.

براساس نتیجه آزمون تجزیه‌واریانس (جدول ۲) بین مقدار رطوبت خاک در گروه‌های مختلف، به‌ترتیب در سطوح اطمینان ۹۹ و ۹۵ درصد (در اندازه‌های متفاوت روشنه و شدت نور نسبی) تفاوت معنی‌داری وجود داشت. همچنین براساس این جدول، در گروه‌های مختلف بین میزان نیتروژن خاک و ماده آلی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. مقدار فعالیت آنزیم دهیدروژناز خاک در طبقه‌های مختلف اندازه روشنه در سطح اطمینان ۹۵ درصد و بین طبقه‌های مختلف شدت نور نسبی در سطح اطمینان ۹۹ درصد تفاوت

معنی‌داری وجود داشت. بیشترین مقدار فعالیت آنزیم دهیدروژناز در روشنه‌هایی با وسعت ۳۰۰ تا ۴۰۰ مترمربع (جدول ۳) و در شدت نور نسبی کمتر از هشت درصد (جدول ۴) مشاهده شد. میزان فعالیت آنزیم اوره‌آز در طبقه‌های مختلف اندازه روشنه و شدت نور نسبی تفاوت معنی‌داری را نشان نداد.

جدول ۲- تجزیه‌واریانس میانگین خصوصیات شیمیایی و زیستی در طبقه‌های مختلف اندازه روشنه و شدت نورنسبی

منابع تغییرات	درجه آزادی	اندازه روشنه			شدت نور نسبی		
		میانگین مربعات	F	معنی‌داری	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
کربن (درصد)	۳	۰/۱۸	۰/۱۸۱	۰/۹۰۷ ns	۰/۸	۱/۰۳	۰/۴ ns
ماده آلی (درصد)	۳	۰/۵۲	۰/۱۷۶	۰/۹۱۰ ns	۲/۴۴	۱/۰۳	۰/۴۱ ns
نیتروژن (درصد)	۳	۰/۰۰۶	۱/۲۹	۰ /۳۲۹ ns	۰/۱	۲/۶	۰/۱ ns
رطوبت	۳	۰/۷۲	۴/۹	۰/ ۰۰۸ **	۰/۷۷	۵/۵۵	۰/۰۰۵ **
آنزیم دهیدروژناز (µg (triphenylformazong^{-1} h^{-1}	۳	۲۹/۷	۳/۰۷	۰/۰۴۷ *	۴۷/۳	۶/۳۴	۰/۰۰۳ **
آنزیم اوره‌آز (µgN.g^{-1} h^{-1})	۳	۹/۲۱	۱/۳۹	۰/۲۷۰ ns	۱۶/۲۹	۱/۰۲	۰/۳۹۸ ns

** معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ * معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ns عدم معنی‌داری

جدول ۳- مقایسه میانگین (± اشتباه معیار) خصوصیات شیمیایی و زیستی خاک در طبقه‌های مختلف اندازه روشنه

ویژگی	اندازه روشنه (مترمربع)			
	<۲۰۰	۲۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۴۰۰	>۴۰۰
نیتروژن (درصد)	۰/۱۹ ± ۰/۰۶a	۰/۲۲ ± ۰/۰۱ a	۰/۲۶ ± ۰/۰۴ a	۰/۳ ± ۰/۰۳ a
کربن (درصد)	۲ ± ۰/۷ a	۲/۰۹ ± ۰/۵ a	۲/۵ ± ۰/۴ a	۲/۰۶ ± ۰/۵ a
ماده آلی (درصد)	۳/۴ ± ۱/۲ a	۳/۶ ± ۰/۸ a	۳/۳ ± ۰/۶ a	۳/۵ ± ۰/۹ a
رطوبت نسبی	۱/۶ ± ۰/۷ b	۰/۸ ± ۰/۰۲ ab	۰/۶ ± ۰/۰۵ a	۰/۶۱ ± ۰/۰۶ a
اوره‌آز (µgN.g^{-1} h^{-1})	۸/۳ ± ۱/۳ a	۱۰/۲ ± ۱/۲ a	۱۲/۹ ± ۲/۱ a	۱۱/۱ ± ۱/۳ a
دهیدروژناز (µg triphenylformazong^{-1} h^{-1})	۵/۰۹ ± ۱/۳ ab	۳/۶ ± ۱/۰۵ b	۸/۵ ± ۱/۲ a	۶/۶ ± ۱/۱ ab

حروف مشابه در هر سطر بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

جدول ۴- مقایسه میانگین (± اشتباه معیار) خصوصیات شیمیایی و زیستی خاک در طبقه‌های مختلف شدت نورنسبی

ویژگی	شدت نور نسبی (درصد)			
	<۸	۹-۱۶	۱۷-۲۵	>۲۵
نیتروژن (درصد)	۰/۳ ± ۰/۰۳ a	۰/۲ ± ۰/۰۲ a	۰/۱ ± ۰/۰۳ a	۰/۳ ± ۰/۰۳ a
کربن (درصد)	۴/۹ ± ۰/۲ a	۴/۸ ± ۰/۳ a	۵/۹ ± ۰/۵ a	۶/۷ ± ۰/۳ a
ماده آلی (درصد)	۳/۲ ± ۰/۳ a	۳/۳ ± ۰/۸ a	۵/۰۸ ± ۰/۷ a	۳/۵ ± ۱/۳ a
رطوبت نسبی	۰/۶۷ ± ۰/۰۵ ab	۱/۳ ± ۰/۶ b	۰/۸۴ ± ۰/۰۲ b	۰/۵۳ ± ۰/۰۳ a
اوره‌آز ($\mu gN.g^{-1} h^{-1}$)	۹/۱ ± ۲/۰۶ a	۱۱/۵ ± ۱/۰۲ a	۹/۶ ± ۱/۱ a	۱۲/۴ ± ۱/۲ a
دهیدروژناز ($\mu g\ triphenylformazong^{-1} h^{-1}$)	۸/۵ ± ۰/۹ a	۳/۵ ± ۱/۱ b	۳/۷ ± ۰/۴ b	۷/۵ ± ۱/۳ ab

حروف مشابه در هر سطر بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

بحث

در پژوهش پیش‌رو بررسی فعالیت آنزیم دهیدورژناز نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنزیم دهیدروژناز در اندازه روشنه ۳۰۰ تا ۴۰۰ مترمربع می‌باشد. افزایش فعالیت آنزیم دهیدروژناز نشانه افزایش جمعیت میکروبی خاک و فعالیت آنهاست، بنابراین به‌طور احتمالی می‌توان اندازه روشنه ۳۰۰ تا ۴۰۰ مترمربع را منجر به بهبود شرایط زیست میکروارگانیسم‌ها دانست (Tsai *et al.*, 2009). این امر منجر به افزایش فعالیت آنزیم دهیدروژناز می‌شود که با نتایج Kooch و همکاران (۲۰۱۰) همخوانی دارد. بیشترین میزان ماده آلی در روشنه بزرگ مشاهده شد. شاید بتوان گفت که کاهش ماده آلی در روشنه با اندازه خیلی بزرگ (بیشتر از ۴۰۰ مترمربع) می‌تواند به‌دلیل کاهش ورودی مواد غذایی از طریق لاشبرگ به داخل این اندازه از روشنه باشد که با نتایج Shabani و همکاران (۲۰۱۱) مغایرت دارد. به‌عبارت دیگر، به‌طور احتمالی تراکم بقایای گیاهی در روشنه‌هایی با اندازه بزرگ (۳۰۰ تا ۴۰۰ مترمربع) بیشتر از روشنه‌های خیلی بزرگ است. Abbasi (۲۰۱۰) در پژوهش خود دریافت که مقدار ماده آلی در روشنه کوچک (کمتر از ۲۰۰ مترمربع) از روشنه‌های متوسط (۲۰۰ تا ۶۰۰ مترمربع) و بزرگ (بیشتر از ۶۰۰ مترمربع) بیشتر است که با نتایج پژوهش پیش‌رو به‌دلیل تفاوت در نوع طبقه‌بندی اندازه روشنه‌ها همخوانی ندارد. بیشترین میزان ماده آلی در روشنه با شدت نور زیاد (۱۷ تا ۲۵ درصد) مشاهده شد که با نتایج judd و همکاران (۲۰۰۷) همخوانی ندارد. در واقع می‌توان گفت بازگشت عناصر غذایی و تجزیه لاشبرگ در روشنه‌های بزرگتر نسبت به روشنه‌های کوچکتر سریع‌تر است و به‌دلیل زادآوری گیاهان، بازگشت مواد غذایی از طریق لاشبرگ در روشنه‌های بزرگتر نسبت به روشنه‌های کوچکتر سریع‌تر است (Van dom, 2001).

ماده آلی ازجمله منابع غذایی میکروارگانیسم‌ها تلقی می‌شود و با توجه به اینکه آنزیم دهیدروژناز خاک از میکروارگانیسم‌ها نشأت می‌گیرد و از سوی دیگر ازجمله ویژگی‌های بیوشیمیایی خاک است (Reyes *et al.*, 2010)، با تغییر اندازه روشنه و شدت نور تغییر می‌کند، بنابراین برای تفسیر فعالیت آنزیم دهیدروژناز می‌توان از ماده آلی خاک استفاده کرد. به این‌صورت که ماده آلی خاک به‌عنوان منبع غذایی و انرژی برای میکروارگانیسم‌هایی می‌باشد که دارای آنزیم دهیدروژناز هستند. Stępniewska و Tokarz (۲۰۱۲) در بررسی خود نشان دادند که با افزایش شدت نور بر میزان فعالیت میکروارگانیسم‌ها افزوده می‌شود که با نتایج پژوهش پیش‌رو مغایرت دارد و بیشترین میزان فعالیت آنزیم دهیدروژناز در کمترین شدت نور نسبی مشاهده شد، اما با نتایج Sanner و همکاران (۲۰۰۹) همخوانی دارد. با توجه

به عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین فعالیت آنزیم اوره‌آز در اندازه‌های مختلف روشنه می‌توان گفت که به‌طور احتمالی سهم ترکیبات نیتروژن در محیط‌های روشنه‌ای به‌طور تقریبی شبیه به یکدیگر بوده است (Reyes *et al*., 2010).

اگرچه فعالیت آنزیمی در اندازه‌های روشنه و طبقه‌های شدت نور نسبی معنی‌دار نبود و دارای تغییرات خطی و افزایش و کاهش نامنظم بود، اما می‌توان این‌گونه بیان کرد که میزان فعالیت آنزیم اوره‌آز در روشنه‌های بزرگ بیشتر بود که می‌تواند به‌دلیل شرایط مطلوب‌تر ازنظر تأمین ماده آلی مناسب‌تر (که به‌عنوان منبع انرژی برای میکروارگانیسم‌ها مطرح می‌شود)، نیتروژن کافی و همچنین شرایط رطوبتی مطلوب که برای میکروارگانیسم‌ها ازجمله شرایط مورد نیاز برای رشد و ازدیاد تلقی می‌شود، باشد که با نتایج Abbasi (۲۰۱۰) مغایرت دارد. بیشترین میزان فعالیت آنزیم اوره‌آز در روشنه با درصد شدت نور نسبی زیاد (۱۷ تا ۲۵ درصد) مشاهده شد. با افزایش شدت نور نسبی میزان رطوبت خاک کاهش می‌یابد که براساس مطالعات Reyes و همکاران (۲۰۱۰) مشخص شد که رطوبت با آنزیم اوره‌آز در ارتباط است و می‌توان افزایش فعالیت آنزیم اوره‌آز را انتظار داشت که با نتایج پژوهش پیش‌رو مغایرت دارد. دلیل کاهش رطوبت نسبی خاک در طبقه‌های شدت نور نسبی به‌طور احتمالی ممکن است به‌دلیل فراهم شدن شرایط تبخیروتعرق درنتیجه وجود نور بیشتر باشد، اما با افزایش اندازه روشنه رطوبت و مقدار آب داخل خاک افزایش می‌یابد که گروهی از پژوهشگران دلیل آن را افزایش بارندگی در داخل روشنه‌ها نسبت به مناطق جنگلی زیر تاج‌پوشش درختان دانسته‌اند که با نتایج Gray و همکاران (۲۰۰۲) و Shabani و همکاران (۲۰۱۱) همخوانی دارد. پژوهشگران مذکور فشار کمتر تبخیر را دلیل این موضوع می‌دانند. البته با توجه به نوع بافت خاک که در اکثر روشنه‌ها رسی- لومی بود، یکی دیگر از دلایل افزایش رطوبت خاک در اندازه‌های مختلف روشنه می‌تواند بافت نامناسب خاک باشد. رطوبت نسبی خاک یکی از فاکتورهای محیطی است که علاوه‌بر اینکه با ایجاد روشنه تغییر می‌کند، بر حضور و فعالیت میکروارگانیسم‌ها نیز اثرگذار است.

به‌طور کلی نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش‌های Ostertag (۱۹۹۸)، Arunachalam (۲۰۰۰) و Kooch و همکاران (۲۰۱۰) در رابطه با تأثیر اندازه روشنه بر ویژگی‌های خاک بر این مسئله تاکید دارد که در این نوع پژوهش‌ها باید به اندازه روشنه در حد متوسط اکتفا کرد، چراکه روزنه‌های بزرگتر باعث فقر مواد غذایی خاک می‌شوند که از این نظر نتایج پژوهش پیش‌رو را تأیید می‌کند. در پژوهش پیش‌رو شاید بتوان اندازه مطلوب روشنه را از نظر فعالیت آنزیم دهیدروژناز خاک، روشنه متوسط با اندازه ۳۰۰ تا ۴۰۰ مترمربع عنوان کرد، اما درمورد رابطه شدت نور نسبی و فعالیت آنزیم دهیدروژناز با قطعیت نمی‌توان میزان آن را مشخص کرد. برای عمومی‌سازی نتایج و داده‌های پژوهش پیش‌رو در رابطه با اثر شدت نور بر فعالیت آنزیم‌های دهیدروژناز و اوره‌آز نیازمند پژوهش‌های بیشتری است. گروهی از پژوهشگران اندازه مناسب و مطلوب روشنه را بین ۴۰۰ تا ۶۰۰ مترمربع می‌دانند که شرایط مدیریتی بهتری را به‌دنبال خواهد داشت (Shabani *et al*., 2011)، اما گروهی دیگر روشنه‌های متوسط ۲۰۰ تا ۵۰۰ مترمربعی را مناسبتر می‌دانند (Sagheb-Talebi & Schutz, 2000; Parhizkar *et al*., 2011a, b). پژوهش پیش‌رو اندازه مطلوب روشنه را با درنظر گرفتن شرایط مناسب برای فعالیت زیستی خاک بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ مترمربع مناسب می‌داند.

References

- Abbasi, A., 2010. Effect of shape and sap size on soil properties (physical, chemical and biological) in Shastkolate forest. M.Sc. thesis, Department of Forestry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, 101p (In Persian).
- Anonymous, 1998. Forest management plan of Langa-district one, Watershed Catchment 36 (Kazemrood). Administration of Natural Resources at Nowshahr, 450p.

- Arunachalam, A. and Arunachalam, K., 2000. Influence of gap size and soil properties on microbial biomass in a subtropical humid forest of north-east India. Plant and Soil, 223: 185-193
- Błońska, E. and Lasota, J., 2014. Biological and biochemical properties in evaluation of forest soil quality. Folia Forestalia Polonica, 56(1): 23-29.
- Canham, C.D., Denslow, J.S., Platt, W.J., Runkle, J.R., Spies, T.A. and White, P.S., 1990. Light regimes beneath closed canopies and tree-fall gaps in temperate and tropical forests. Canadian Journal of Forest Research, 20(2): 620-631.
- Chazdon, R.L., 1988. Sunflecks and their importance to forest understory plants. Advances in Ecological Research, 18(3): 1-63.
- Denslow, J.S. and Hartshorn, G.S., 1994. Tree-fall gap environments and forest dynamic processes. In McDade, L.A., Bawa, K.S., Hespenhide, H.A. and Hartshorn, G.S. (Eds), La Selva: Ecology and Natural History of Neotropical Rain Forest. University of Chicago Press, Chicago, pp. 120-127.
- Dharmakeerthi, R.S. and Thenabadu, M.W.,1996. Urease activity in soils: A Review. Journal of the National Science Council of Sri Lanka, 24(3): 159-195.
- Fahey, R.T. and Puettmann, K.J., 2007. Ground-layer disturbance and initial conditions influence gap partitioning of understorey vegetation. Journal of Ecology, 95(2): 1098-1109.
- Frazer, G.W., Canham, C.D. and Lertzman, K.P., 1999. Gap light analyzer (GLA): Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour photographs, users manual and program documentation. Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, Canada and Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York, USA, 36p.
- 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.
- Gray, A.N., Spies, T.A. and Easter, M.J., 2002. Microclimatic and soil moisture responses to gap formation in coastal Douglas-fir forests. Canadian Journal Forest Resources, 32(5): 332-343.
- Griffiths, R.P., Gray, A.N. and Spies, T.A., 2010. Soil properties in old-growth douglas-fir forest gaps in the Western Cascade Mountains of Oregon. Northwest science, 84(1): 1-13.
- Judd, K.E., Crump, B.C. and Kling, G.W., 2007. Bacterial responses in activity and community composition to photo-oxidation of dissolved organic matter from soil and surface waters. Aquatic Sciences, 69(4): 96-107.
- Kayang, H., 2001. Fungal and bacterial enzyme activities in *Alnus nepalensis* D. Don. European Journal of Soil Biology, 37(7): 175-180.
- Kooch, Y., Hosseini, S.M., Mohammadi, J. and Hojjati, S.M., 2010. The effects of gap disturbance on soil chemical and biochemical properties in a mixed beech–hornbeam forest of Iran. Ecologia Balkanica, 2(1): 39-56.
- 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.
- 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 (In Persian).
- McCauley, A., Jones, C. and Jacobsen, J., 2005. Basic soil properties. Soil and Water Management Module, 1(1): 1-12.
- McDonald, D. and Norton, D., 1992. Light environments in temperate New Zealand podocarp rainforests. New Zealand Journal of Ecology, 16(1): 15-22.
- 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 CO_2. Applied Soil Ecology, 30(9): 162-173.
- Muscolo, A., Sidari, M. and Mercurio, R., 2007. Variations in soil chemical properties and microbial biomass in artificial gaps in silver fir stands. European Jornal Forest Resources, 126(5): 59-65.
- Nannipieri, P., Greco, S. and Ceccanti, B., 1990. Ecological significance of the biological activity in soil. In: Bollag J.M. & G. Stozky, (Eds.), Soil Biochemestry, Oklahoma State University Press, 355p.
- Nannipieri, P., Kandeler, E. and Ruggiero, P.,

Persian).
- Sagheb-Talebi, Kh. and Schütz, J.P., 2002. The structure of natural oriental beech (*Fagus orientalis*) in the Caspian region of Iran and potential for the application of the group selection system. Forestry, 75(4): 465-472.
- Sanner, Ph., Lim, R., Burla, B., Ong, R.C., Scherer-Lorenzen, M. and Hector, A., 2009. Reduced soil respiration in gaps in logged lowland dipterocarp forests. Forest Ecology and Management, 258: 1-6.
- Schumacher, B.A., 2002. Methods for the determination of total organic carbon (Toc) in soils and sediments. United States Environmental Protection Agency, 12(3): 1-25.
- Shabani, S., Akbarnia, M. and Jalali, Gh.A., 2011. Assessment of relation between soil characteristics and wood species biodiversity in several size gaps. Annals of Biological Research, 2(5): 75-82.
- Stępniewska, Z. and Tokarz, E., 2012. Effect of light intensity introduced through optical fibers on soil redox status and gases evolution. Acta Agrophysica, 19(1): 171-179.
- 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.
- Van Dam, O., 2001. The effect of gap size on microclimate, water and nutrient cycling. A study in Guyana. Department of forestry, Ph.D. thesis, Utrecht University, Netherlands, 140p.
- Weiskittel, A.R. and Hix, D.M., 2003. Canopy gap characteristics of an oak-beech-maple old-growth forest in Northeastern Ohio. OHIO Journal Science, 103(4): 111-115.
- Zantua, M.I. and Bremner, J.M., 1977. Stability of urease in soils. Soil Biology and Biochemistry, 9: 135-150.
2002. Enzyme activities and microbiological and biochemical processes in soil. In: Enzymes in the Environment (Eds.): Burns, R.G. and Dick, R.P., New York, pp. 1-34.
- Ohlinger, R., Schinner, F., Kandeler, E. and Margesin, R., 1996. Acid and alkaline phosphomonoesterase activity with the substrate p-nitrophenyl phosphate. In: (Eds) Methods in Soil Biology, Springer-Verlag Berlin, 214p.
- Ostertag, R., 1998. Belowground Effects of canopy gaps in a tropical wet forest. Ecology, 79(4): 1294-1304.
- Parhizkar, P., Sagheb-Talebi, Kh., Mataji, A. and Namiranian, M., 2011a. Influence of gap size and development stages on the silvicultural characteristics of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) regeneration. Caspian Journal of Environmental Sciences, 9(1): 55-65.
- Parhizkar, P., Sagheb-Talebi, Kh., Mataji, A., Nyland, R. and Namiranian, M., 2011b. Silvicultural characteristics of oriental beech (*Fagus orientalis Lipsky*) regeneration under different RLI and positions within gaps. Forestry (Oxford), 84(2): 177-185.
- Pool, T.E., 1914. Soil Organic Matter. University of Maryland, Fact Sheet 783: 1-4.
- Puglisi, E., Del Re, A.A.M., Rao, M.A. and Gianfreda, L., 2006. Development and validation of numerical indexes integrating enzyme activities of soils. Soil Biology Biochemistry, 38: 1673-1681.
- Quilchano, C. and Marañón, T., 2002. Dehydrogenase activity in Mediterranean forest soils. Biology of Fertile Soils, 35(1): 102-107.
- Reyes, F., Zanetti, S., Espinosa, A. and Alvear, M., 2010. Biochemical properties in vascular epiphytes substrate from a temperate forest of Chile. Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal, 10(2): 126-138.
- Safari Sanjani, A.A., 2005. Soil Biology and Biochemistry. Bu-Ali Sina University, 383p (In

Influence of gap creation on soil enzymes activity in an oriental beech stand (Case study: Langa control plot)

S. Taati[1*], R. Rahmani[2], Kh. Sagheb-Talebi[3], M. Matinizadeh[3] and H. Habashi[4]

[*]1- Corresponding author, M.Sc. Forest Ecology, Faculty of Sciences of Forest, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, E-mail: samirataati20@yahoo.com

2- Associate Prof., Faculty of Science of Forest, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

3- Associate Prof., Forest Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

4- Assistant Prof., Faculty of Science of Forest, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: 10.05.2014 Accepted: 01.24.2015

Abstract

Gaps within forest canopy cause changes in the received amount (intensity) and quality (PAR) of incoming light on forest ground. This research was performed in natural gaps of a reserve control compartment at Kelardasht region in Mazandaran, northern Iran and aimed to determine the role of gap size and relative light intensity on soil enzyme activity. Hence, 14 gaps at four size class (<200 m^2- 200-300 m^2- 300-400 m^2 and >400 m^2) and four light classes (<8 %- 8-17 %- 17-25% and >25 %) were selected. Soil was sampled at 0-20 cm of top soil in the center of each gap. The results showed significantly different dehydrogenase activity in classes of gap size and light intensity, where its maximum amount was observed in the large gap size (300-400 m^2) and at low light intensity (< 8%), respectively. Urease activity did not show significant difference within the classes. In addition, relative soil moisture was significantly different across the gap size and light intensity classes, whereas organic matter and Nitrogen did not show to be significant different.

Keywords: Urease, dehydrogenase, gap, enzyme activity, soil quality, light.