

## تأثیر روشنه‌های تاجی جنگل بر فعالیت آنزیمی، مواد آلی محلول و اسیدهای آلی خاک

یحیی کوچ\*<sup>۱</sup> و کتایون حقوردی<sup>۲</sup><sup>۱</sup>\*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران. پست الکترونیک: yahya.kooch@modares.ac.ir<sup>۲</sup>- استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۱۵

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۲۳

## چکیده

روشنه‌های تاجی نقش مهمی در پویایی جنگل‌های نواحی معتدله بر عهده دارند. پژوهش پیش‌رو با هدف بررسی سطوح مختلف روشنه‌های تاجی بر فعالیت‌های بیوشیمی خاک در منطقه خانیکان نوشهر انجام شد. سی و دو روشنه با سطوح کوچک (۲۰۵-۱۹۵ متر مربع)، متوسط (۴۰۶-۳۹۷ متر مربع)، بزرگ (۶۰۴-۵۹۳ متر مربع) و خیلی بزرگ (۸۰۷-۷۹۲ متر مربع) با هشت تکرار از هر سطح حفره تاجی در نظر گرفته شد. در داخل هر حفره، نمونه‌های ترکیبی خاک برای تجزیه مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی، بیولوژی و بیوشیمی برداشت شد. نتایج حاکی از اثر معنی‌دار سطوح مختلف روشنه‌های تاجی بر مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی (به‌جز محتوی سیلت) و بیولوژی خاک بود. همچنین، بیشترین فعالیت اوره‌آز در روشنه‌های متوسط و کوچک ( $\mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1} 2 \text{ h}^{-1}$ ) و اینورتاز ( $22/54$  و  $22/97$ ) مشاهده شد. اسید فسفاتاز ( $633/75 \mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ )، آریل سولفاتاز ( $153/38 \mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) و اینورتاز ( $273/25 \mu\text{g Glucose g}^{-1} 3 \text{ h}^{-1}$ ) خاک دارای بیشینه مقدار خود در روشنه‌های متوسط بودند. روشنه‌های تاجی با سطح خیلی بزرگ بیشترین مقادیر کربن آلی محلول ( $94/73$  میلی‌گرم بر کیلوگرم) را به‌خود اختصاص دادند، در حالی‌که بیشترین نیتروژن آلی محلول ( $34/66$  میلی‌گرم بر کیلوگرم) در روشنه‌های تاجی متوسط مشاهده شد. حضور روشنه‌های تاجی خیلی بزرگ منجر به تجمع اسیدهای آلی فولویک و هیومیک (به‌ترتیب  $454/62$  و  $888/88$  میلی‌گرم در  $100$  گرم خاک خشک) در خاک جنگل مورد مطالعه شده بود. در مجموع، برای مدیریت پایدار جنگل پیشنهاد می‌شود از ایجاد روشنه‌های بزرگ یا خیلی بزرگ اجتناب شود.

واژه‌های کلیدی: جنگل پهن‌برگ، سطح حفره تاجی، نور نسی، بیوشیمی خاک، نوشهر.

## مقدمه

(*et al.*, 2007). الگوبرداری از فعالیت‌های به‌ظاهر تصادفی در جنگل‌های طبیعی راهکار مناسبی برای حفظ زادآوری در هر منطقه با توجه به توان و قابلیت موجود است. روشنه‌های جنگلی یکی از شاخص‌ترین عرصه‌ها در جنگل‌های نواحی معتدله هستند که از نظر شرایط محیطی خاص خود اثرات برجسته‌ای بر زادآوری رویشگاه جنگلی دارند (Coates, 2002). عامل‌های مختلفی در پیدایش و استقرار زادآوری مناسب در این فضاها اثرگذارند که در این

امروزه یکی از چالش‌های مدیریت جنگل ارائه راهکارهایی به‌منظور توسعه و استقرار زادآوری گونه‌ها است تا از جمعیت‌های گیاهی نگهداری و حمایت بیشتری شود و با حفاظت دقیق و بر اساس موازین علمی، خودتنظیمی در اکوسیستم‌های جنگلی اجرا شود. به این منظور بررسی و شناخت گسترده و مناسب روش‌های مدیریتی برای تأمین کارایی اکولوژیکی امری ضروری به‌نظر می‌رسد (Muscolo

خاک بوده و ارتباط نزدیکی با چرخه عناصر غذایی و زیستی دارند. در یک پژوهش، Yang و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که سطوح مختلف روشنه‌های تاجی ایجاد شده اثرات متفاوتی بر فعالیت‌های آنزیمی خاک داشتند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که روشنه‌های تاجی با سطوح خیلی کوچک (۴۰-۵۰ متر مربع) بیشترین فعالیت آنزیمی خاک را به خود اختصاص دادند. از دیگر فعالیت‌های بیوشیمی شاخص در ارتباط با مشخصه‌های حاصل‌خیزی خاک در اکوسیستم‌های جنگلی که می‌تواند به شدت تحت تأثیر آشفته‌گی‌ها قرار گیرد، مقدار کربن و نیتروژن آلی محلول در خاک است که از مؤلفه‌های مهم در توازن کربن و نیتروژن زیست‌بوم‌ها در مقیاس‌های محدود می‌باشد. مطابق با یافته‌های Pelster و همکاران (۲۰۰۹)، حضور و عدم حضور پوشش تاجی در اکوسیستم‌های جنگلی می‌تواند بر محتوی کربن و نیتروژن آلی محلول خاک اثرگذار باشد. در یک بررسی، Lin و همکاران (۲۰۱۵) اذعان داشتند که ایجاد روشنه‌های تاجی در رویشگاه‌های جنگلی بر منابع کربن و نیتروژن خاک اثرگذارند که این موضوع می‌تواند محتویات کربن و نیتروژن آلی محلول خاک را تحت تأثیر قرار دهد.

اجزای ماده آلی خاک نیز به‌عنوان یکی از مشخصه‌های مهم بیوشیمی خاک می‌تواند تحت تأثیر حضور روشنه‌های تاجی تغییرات معنی‌داری داشته باشد (Kooch, 2012). در بین اجزای مختلف بخش آلی خاک، به نقش به‌سزای اسیدهای فولویک و هیومیک در انحلال و آزادسازی عناصر غذایی ماکرو و میکرو خاک تأکید شده است. بر اساس نتایج پژوهش Muscolo و همکاران (۲۰۱۱)، روشنه‌های تاجی با سطوح متوسط (۴۰۰ متر مربع) بیشترین غلظت اسیدهای آلی فولویک و هیومیک را دارا بودند. Ni و همکاران (۲۰۱۵) اشاره داشتند که حضور روشنه‌های تاجی جنگل غلظت اسیدهای آلی خاک را افزایش می‌دهند. در پژوهشی دیگر، Ni و همکاران (۲۰۱۶) نتیجه گرفتند که ایجاد روشنه‌های تاجی در رویشگاه‌های جنگلی می‌تواند شرایط میکروکلیمایی ویژه‌ای در داخل حفره‌ها ایجاد کند که این

میان نقش خاک و چرخه عناصر غذایی از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (Bauhus et al., 2004). در اکوسیستم‌های جنگلی، روشنه‌های تاجی یک جزء کلیدی از رژیم آشفته‌گی محسوب می‌شوند که لازم است در فرآیندهای اکولوژیکی مورد توجه قرار گیرند. اکثر پژوهش‌های انجام شده در ارتباط با روشنه‌های تاجی، پویایی پوشش‌های گیاهی و دیگر پدیده‌ها نظیر تنوع جوامع گیاهی، حاصل‌خیزی و غنای گونه‌های گیاهی را مورد بحث قرار داده‌اند (Huang et al., 2016). هرچند حضور حفره‌های تاجی در اکوسیستم‌های جنگلی ویژگی‌های خاک را تغییر می‌دهند، اما گزارش‌های بسیار کمی در خصوص فعالیت‌های زیرزمینی و تغییرپذیری مشخصه‌های خاک در محل حفره‌ها ارائه شده است. فرآیندهای خاک‌سازی تحت کنترل عامل‌های مستقل زیادی قرار دارند و در کنار این عامل‌ها، گروهی از کنترل‌کننده‌های طبیعی و مصنوعی دیگر هم وجود دارد که می‌توانند در تحول و پویایی مشخصه‌های خاک مؤثر واقع شوند. حفره‌های تاجی جنگل، نمونه‌ای از آشفته‌گی‌هایی هستند که می‌توانند اثرات مستقیمی بر عامل‌های ادافیکی داشته باشند. حفره‌ها همچنین باعث ایجاد شرایطی در اکوسیستم‌های جنگلی می‌شوند که با عنوان "نقاط گرم غذایی" و یا "جزیره حاصل‌خیزی" خوانده می‌شوند. ایجاد چنین شرایطی در رویشگاه‌های جنگلی باعث افزایش حاصل‌خیزی و در نهایت باعث ایجاد تغییرات و تنوع پوشش گیاهی و زادآوری می‌شود (Huang et al., 2016).

فعالیت‌های بیوشیمی خاک به‌عنوان یکی از شناخته شده‌ترین شاخص‌های کیفیت و سلامت مطرح شده‌اند که می‌توانند پاسخ مناسبی نسبت به آشفته‌گی‌های ایجاد شده نشان دهند. آنزیم‌ها، شاخص مناسبی برای سنجش حاصل‌خیزی خاک به حساب می‌آیند (Xu et al., 2016). مقدار فعالیت آنزیمی، اطلاعات جامعی از چرخه بیوشیمیایی در خاک را بیان می‌کند، به دلیل اینکه آن‌ها نسبت به تغییرات در محیط خاک به سرعت واکنش نشان می‌دهند. غلظت آنزیم‌ها حاکی از نوع وضعیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی

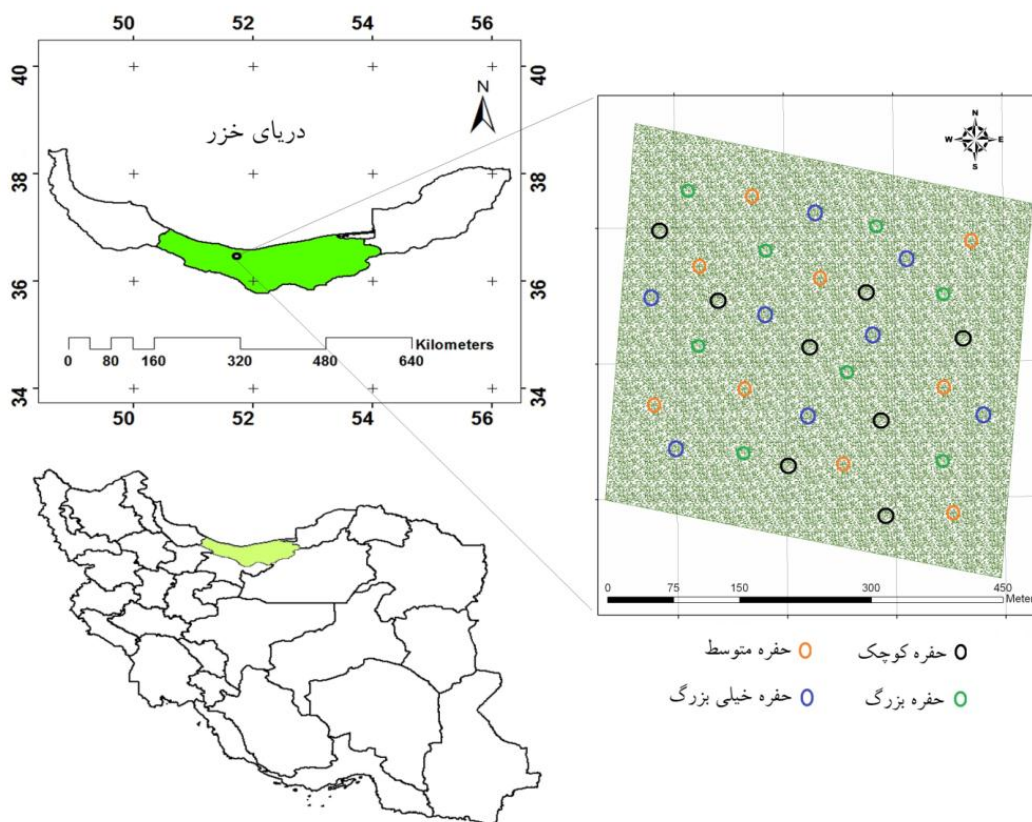
حوضه آبخیز کرکرد و در محدوده آبخیز شماره ۳۸ واقع در عرض جغرافیایی  $36^{\circ}33'15''$  تا  $37^{\circ}45'36''$  شمالی و طول جغرافیایی  $51^{\circ}23'45''$  تا  $51^{\circ}27'45''$  شرقی انجام شد (شکل ۱). حداقل ارتفاع منطقه ۵۰ متر و حداکثر ارتفاع آن ۱۴۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. جنگل‌های خانیکان با مساحت ۲۸۰۷ هکتار در جنوب شهرستان‌های چالوس و نوشهر واقع شده است. سری مورد مطالعه دارای خاکی تکامل یافته و به نسبت عمیق تا عمیق و در نقاط مرتفع گاهی کم عمق، بافت خاک به طور عموم نیمه سنگین تا سنگین با درصد رس بیشتر از ۳۰ تا ۳۵ درصد که بیانگر زهکشی ضعیف خاک می‌باشد. در قطعه حفاظتی این جنگل، درصد آمیختگی گونه‌ها به صورت راش (گونه غالب)، ممرز، شیردار، پلت، توسکا، نمدار و ملیج می‌باشند (Kooch *et al.*, 2009).

موضوع می‌تواند فرآیند هوموسی شدن و غلظت اسیدهای فولویک و هیومیک خاک را تحت تأثیر قرار دهد. مرور منابع حاکی از آن است که فعالیت‌های بیوشیمی خاک به عنوان شاخص‌های اصلی چرخه عناصر غذایی، به ویژه کربن و نیتروژن، در اکوسیستم‌های جنگلی بوده و ایجاد روشنیه‌های تاجی با سطوح مختلف می‌تواند اثرات معنی‌داری بر این فعالیت‌ها و در نهایت تحول و پویایی پوشش گیاهی و استقرار زادآوری داشته باشد. هدف از پژوهش پیش‌رو بررسی تأثیر سطوح مختلف روشنیه‌های تاجی جنگل بر فعالیت آنزیمی، مواد آلی محلول و اسیدهای آلی خاک در بخشی از جنگل‌های هیرکانی بود.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در جنگل‌های خانیکان، سری سوم از



شکل ۱- طرح شماتیکی از موقعیت روشنیه‌های تاجی مورد مطالعه در استان مازندران

تمام کرم‌های خاکی به روش دستی جمع‌آوری و زی‌توده آن‌ها پس از ۴۸ ساعت خشک شدن روی کاغذهای فیلتر در آزمایشگاه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (Samadzadeh *et al.*, 2017). به منظور سنجش تعداد نماتدهای خاکزی، ۱۰۰ گرم از نمونه خاک انتخاب و با استفاده از تکنیک قیف بیرمن و سانتی‌فیوژ، نماتدهای خاک جداسازی و شمارش شد. فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز، آرپل‌سولفاتاز، اینورتاز و اسید فسفاتاز با روش انکوباسیون آزمایشگاهی مورد سنجش قرار گرفت. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم اوره‌آز ابتدا ۵ گرم خاک با ۰/۲ میلی لیتر تولوئن تیمار و پس از افزودن ۹ میلی‌لیتر بافر تریس (تریس هیدروکسی متیل آمینومتان، pH=۹) و یک میلی‌لیتر محلول ۰/۲ مولار اوره، به مدت ۲ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد انکوباسیون شد. سپس، ۳۵ میلی‌لیتر محلول KCL- Ag<sub>2</sub>SO<sub>2</sub> (۲/۵ مولار نسبت به KCL و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نسبت به Ag<sub>2</sub>SO<sub>2</sub>) به آن افزوده و مقدار آمونیوم آزاد شده 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 برحسب NH<sup>4+</sup>-N (μg / g.2h) محاسبه شد. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آرپل‌سولفاتاز، 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 تجزیه شده از هیدرولیز آنزیم به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر به دست 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 کاهش یافته پس از مدت زمان استاندارد، اندازه‌گیری شد (Schinner & Mersi, 1990). اندازه‌گیری فعالیت آنزیم اسیدفسفاتاز بر اساس سوبسترای پارانیتروفنیل فسفات تعیین شد. یک گرم خاک و ۰/۲ میلی‌لیتر تولوئن، ۴ میلی‌لیتر بافر MUB (با pH=۱۱ برای آلکالین فسفاتاز) و

روش نمونه‌برداری و تجزیه آزمایشگاهی از چهار سطح حفره تاجی شامل سطح کوچک (۲۰۵-۱۹۵ متر مربع)، متوسط (۴۰۶-۳۹۷ متر مربع)، بزرگ (۶۰۴-۵۹۳ متر مربع) و خیلی بزرگ (۸۰۷-۷۹۲ متر مربع) ۸ تکرار (در مجموع ۳۲ حفره) انتخاب شدند (شکل ۱) (Kooch, 2012). با کمک کارشناسان مجرب اداره منابع طبیعی، روش‌هایی انتخاب شدند که از سن برابر و همچنین شرایط فیزیوگرافی یکسان (در یک دامنه ارتفاعی ۷۰۵-۷۰۰ متر با متوسط شیب ۱۰ درصد و جهت جغرافیایی شمالی) برخوردار بودند. اندازه‌گیری نور نسبی به وسیله دستگاه نورسنج (LI 250A, Li-core, USA) در فاصله یک متری از سطح زمین و در موقعیت مرکز حفره و در محلی کاملاً باز انجام شد. اندازه‌گیری در طول فصل رویش و در روز آفتابی و رأس ساعت ۱۲:۰۰ انجام شد. مقدار نور نسبی با استفاده از رابطه [۱۰۰ × (نور محیط باز / نور موقعیت) = نور نسبی (درصد)] محاسبه شد (Albanesi *et al.*, 2005).

نمونه‌برداری خاک با استفاده از بیلچه مخصوص در یک سطح مشخص (۳۰ × ۳۰ سانتی‌متری) در ۱۰ سانتی‌متری بالایی بخش معدنی، از پنج نقطه در قسمت مرکزی هر روشنه برداشت و یک نمونه ترکیبی برای بررسی به آزمایشگاه انتقال داده شد (Kooch, 2012). یک بخش از نمونه‌های خاک برای انجام آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی، پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شده و بخش دوم نمونه‌ها برای انجام آزمایش‌های زیستی تا زمان آزمایش در دمای ۴ درجه سانتیگراد نگهداری شد. جرم مخصوص ظاهری به روش سیلندر، بافت خاک با استفاده از روش هیدرومتری، رطوبت خاک به روش توزین، اسیدیته به روش پتانسیومتری از طریق دستگاه pH متر الکتریکی، هدایت الکتریکی به وسیله EC سنج، کربن آلی به روش والکلی- بلاک، نیتروژن کل به روش کج‌دال، فسفر به روش اولسن، پتاسیم، کلسیم و منیزیم قابل جذب با استفاده از روش جذب اتمی در محیط آزمایشگاه اندازه‌گیری شدند. همچنین، هم‌زمان با نمونه‌برداری خاک،

مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژی با شاخص‌های بیوشیمی خاک در سطوح مختلف روشنه‌های تاجی، تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) با ایجاد ماتریس به‌دست آمده در برنامه PC - ORD تحت Windows مورد بررسی قرار گرفت.

### نتایج

مشخصه‌های نور نسبی، فیزیکی، شیمیایی و بیولوژی خاک مقدار نور نسبی بین حفره‌ها دارای تغییرات معنی‌داری ( $p < 0/01$ ) بود، به طوری که با افزایش سطح از روشنه‌های کوچک ( $15/22 \pm 2/83$ ) به روشنه‌های متوسط ( $23/45 \pm 2/26$ )، بزرگ ( $29/12 \pm 1/45$ ) و خیلی بزرگ ( $39/28 \pm 2/12$ )، مقدار نور نسبی افزایش پیدا می‌کرد. نتایج حاکی از اثرات معنی‌دار سطوح مختلف روشنه‌های تاجی بر مشخصه‌های فیزیکی (به‌جز سیلت)، شیمیایی و بیولوژی خاک بود (جدول ۱). بیشترین مقادیر جرم مخصوص ظاهری در سطوح کوچک و متوسط روشنه‌های تاجی مشاهده شد، در حالی که بیشترین مقادیر محتوی سیلت به روشنه‌های بزرگ و خیلی بزرگ اختصاص داشت (جدول ۱). روشنه‌های تاجی کوچک دارای رطوبت و همچنین هدایت الکتریکی خاک بیشتری بودند و بیشترین pH، نیتروژن کل و پتاسیم قابل جذب خاک در روشنه‌های تاجی با سطح متوسط مشاهده شد (جدول ۱). بیشترین مقادیر مشخصه‌های کربن آلی، نسبت کربن به نیتروژن و کمترین مقادیر فسفر، کلسیم و منیزم در روشنه‌های تاجی خیلی بزرگ مشاهده شد (جدول ۱). تعداد و زی‌توده کرم‌های خاکی در روشنه‌های تاجی کوچک و متوسط حداکثر بود و فعالیت نماتدهای خاکزی نیز در روشنه‌های تاجی با سطح متوسط بیشترین مقدار را داشت (جدول ۱).

یک میلی‌لیتر محلول پرانیتروفنیل فسفات ۰/۰۵ مولار (برای آنزیم آلکالین فسفاتاز) به آن افزوده و به مدت یک ساعت در انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سانتیگراد نگهداری شد. سپس، یک میلی‌لیتر کلرو کلسیم نیم مولار و ۴ 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 ۴۰۰ تا ۴۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر 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 ( $\text{mgPNPg}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) محاسبه شد (Raiesi & Beheshti, 2014). کربن آلی محلول در عصاره‌ها به وسیله دستگاه تجزیه کربن آلی مدل TOC-V CPH Shmidzu و نیتروژن آلی محلول اندازه‌گیری شد. همچنین، اسیده‌های آلی (فولویک و هیومیک) خاک به روش وزنی در محیط آزمایشگاه سنجش شد (Ghazanshahi, 2006).

### تجزیه و تحلیل داده‌ها

ابتدا نرمال بودن داده‌ها به وسیله آزمون کولموگروف-سمیرنوف و همگن بودن واریانس داده‌ها با استفاده از آزمون لیون مورد بررسی قرار گرفت. به منظور مطالعه تفاوت یا عدم تفاوت مقادیر مشخصه نور نسبی و خصوصیات خاک در ارتباط با سطوح مختلف روشنه‌های تاجی از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه استفاده شد. آزمون دانکن ( $p < 0/05$ ) نیز برای مقایسه چندگانه میانگین به‌کار گرفته شد. تجزیه و تحلیل آماری کلیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام شد. کلیه نمودارها در نرم‌افزار Excel ترسیم شدند. همچنین، به منظور انجام تجزیه و تحلیل چندمتغیره و تعیین ارتباط مقادیر

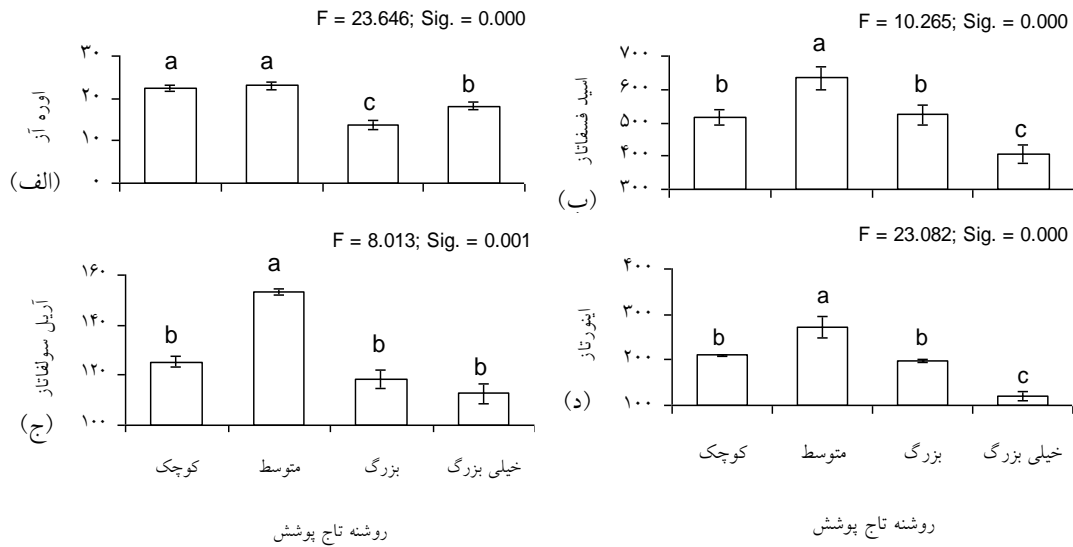
جدول ۱- میانگین (اشتباه معیار) مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژی خاک در سطوح مختلف روشنه‌های تاجی

معنی‌داری	F	اندازه روشنه				مشخصه
		خیلی بزرگ	بزرگ	متوسط	کوچک	
۰/۰۱۳	۴/۲۷	۱/۱۵±۰/۰۴b	۱/۲۶±۰/۰۲ab	۱/۳۸±۰/۰۵a	۱/۳۱±۰/۰۵a	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب)
۰/۰۳۸	۳/۲۲	۲۵/۵۰±۲/۴۶a	۲۴/۵۰±۰/۸۴a	۱۸/۳۷±۱/۴۹b	۲۱/۵۰±۱/۹۴ab	شن (درصد)
۰/۷۲۷	۰/۴۳	۴۷/۷۵±۲/۷۳ns	۴۵/۰۰±۱/۳۲ns	۴۵/۰۰±۲/۰۶ns	۴۷/۵۰±۲/۷۵ns	سیلت (درصد)
۰/۰۰۵	۵/۲۶	۲۶/۷۵±۱/۷۱b	۳۰/۵۰±۱/۴۱b	۳۶/۶۲±۱/۶۳a	۳۱/۰۰±۲/۲۲b	رس (درصد)
۰/۰۲۱	۳/۸۲	۳۰/۰۱±۱/۰۶b	۳۷/۰۲±۲/۶۴ab	۳۷/۵۸±۳/۲۲ab	۴۵/۱۹±۴/۶۶a	رطوبت (درصد)
۰/۰۰۰	۲۹/۲۰	۶/۱۴±۰/۱۲c	۶/۷۳±۰/۰۷b	۷/۰۷±۰/۰۱a	۶/۸۴±۰/۰۲b	pH
۰/۰۰۰	۲۱/۶۳	۰/۱۶±۰/۰۱c	۰/۲۳±۰/۰۱b	۰/۳۰±۰/۰۰a	۰/۲۸±۰/۰۱a	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
۰/۰۲۵	۳/۶۱	۱/۹۰±۰/۰۸a	۱/۶۹±۰/۱۵ab	۱/۳۹±۰/۰۹b	۱/۵۵±۰/۱۱ab	کربن (درصد)
۰/۰۰۰	۲۸/۴۸	۰/۱۴±۰/۰۱d	۰/۲۲±۰/۰۲c	۰/۳۴±۰/۰۰a	۰/۲۷±۰/۰۱b	نیترژن (درصد)
۰/۰۰۰	۳۴/۱۲	۱۳/۲۷±۱/۰۱d	۷/۷۲±۰/۷۹ a	۵/۰۰±۰/۳۸b	۵/۸۱±۰/۴۳bc	نسبت کربن به نیترژن خاک
۰/۰۰۱	۷/۳۲	۱۳/۶۴±۱/۱۵b	۲۰/۷۷±۲/۰۷a	۲۵/۱۳±۲/۲۲a	۲۲/۲۳±۱/۵۶a	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
۰/۰۰۰	۲۲/۵۱	۱۶۳/۱۲±۱۳/۷۲c	۳۰۲/۸۸±۹/۴۶b	۳۶۴/۲۵±۱۸/۲۲a	۳۲۰/۶۲±۲۷/۰۸ab	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
۰/۰۰۰	۸/۷۸	۱۲۳/۸۸±۱۳/۲۴b	۲۱۷/۵۰±۱۱/۴۶a	۲۴۹/۶۲±۲۹/۰۸a	۱۹۵/۶۲±۱۱/۹۷a	کلسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
۰/۰۰۱	۷/۴۳	۳۲/۸۷±۲/۹۲b	۴۶/۷۵±۲/۲۵a	۵۸/۳۷±۲/۱۵a	۴۹/۵۰±۶/۴۶a	منیزیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
۰/۰۱۵	۴/۱۱	۰/۱۲±۰/۰۲b	۰/۵۰±۰/۲۶ab	۱/۵۰±۰/۵۳a	۱/۵۰±۰/۳۲a	تعداد کرم‌های خاکی (تعداد در متر مربع)
۰/۰۱۴	۴/۲۱	۰/۵۸±۰/۰۱b	۶/۷۸±۳/۳۵ab	۱۹/۴۱±۷/۱۰a	۱۷/۰۸±۳/۴۶a	زی‌توده کرم‌های خاکی (میلی‌گرم در متر مربع)
۰/۰۰۰	۱۵/۲۸	۱۸۲/۰۰±۲۴/۱۶c	۴۴۴/۸۸±۱۹/۸۴b	۶۰۰/۳۸±۸۰/۵۶a	۴۹۱/۵۰±۲۷/۹۰ab	تعداد نماتدها (تعداد در ۱۰۰ گرم خاک خشک)

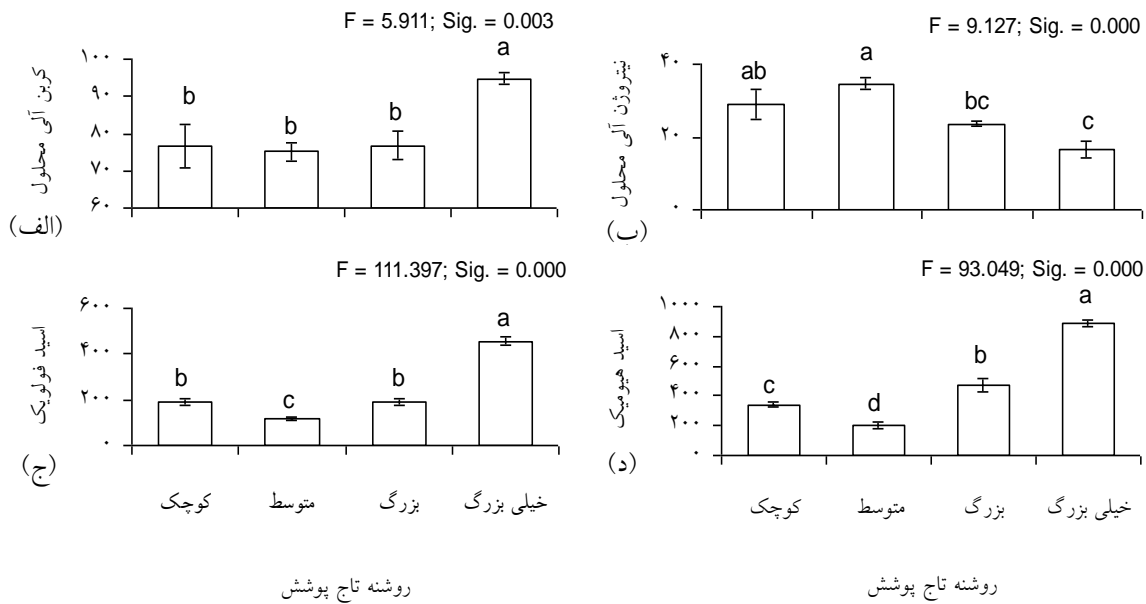
ns غیرمعنی‌دار؛ حروف متفاوت انگلیسی در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ یا ۹۵ درصد هستند.

و ۲-د). روشنه‌های تاجی با سطوح خیلی بزرگ بیشترین مقادیر کربن آلی محلول را به‌خود اختصاص دادند، در حالی‌که بیشترین نیترژن آلی محلول در روشنه‌های تاجی متوسط مشاهده شد (شکل‌های ۳-الف و ۳-ب). حضور روشنه‌های تاجی خیلی بزرگ منجر به تجمع اسیدهای آلی فولویک و هیومیک در سطح جنگل مورد مطالعه شده بود (شکل‌های ۳-ج و ۳-د).

فعالیت‌های آنزیمی، مواد آلی محلول و اسیدهای آلی خاک فعالیت‌های آنزیمی خاک تحت تأثیر سطوح مختلف روشنه‌های تاجی تفاوت‌های آماری معنی‌داری را نشان دادند (شکل ۲). بیشترین فعالیت اوره‌آز در روشنه‌های کوچک و متوسط تاجی مشاهده شد (شکل ۲-الف). سایر مشخصه‌های آنزیمی مورد مطالعه خاک دارای حداکثر مقدار خود در روشنه‌های متوسط بودند (شکل‌های ۲-ب، ۲-ج



شکل ۲- میانگین (اشتباه معیار) مشخصه‌های آنزیمی اوره‌آز ( $\mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1} 2 \text{ h}^{-1}$ )، اسید فسفاتاز ( $\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ )، آریل سولفاتاز ( $\mu\text{g}$ ) کربن آلی محلول، نیترژن آلی محلول، نیترژن آلی محلول، اسید فولویک (میلی گرم در ۱۰۰ گرم)، اسید هیومیک (میلی گرم در ۱۰۰ گرم) خاک در سطوح مختلف روشنه‌های تاجی

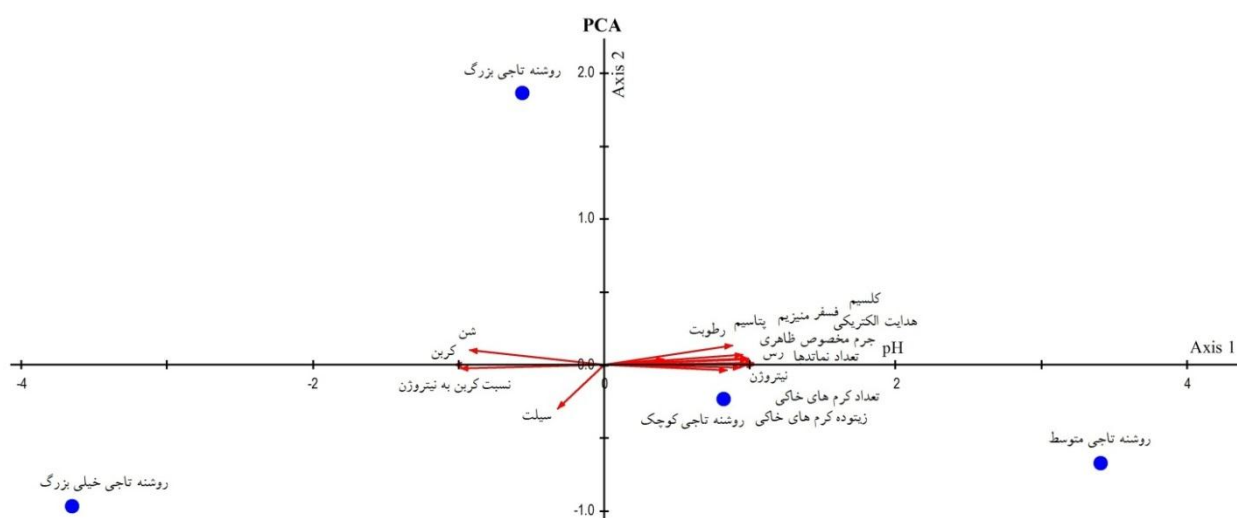
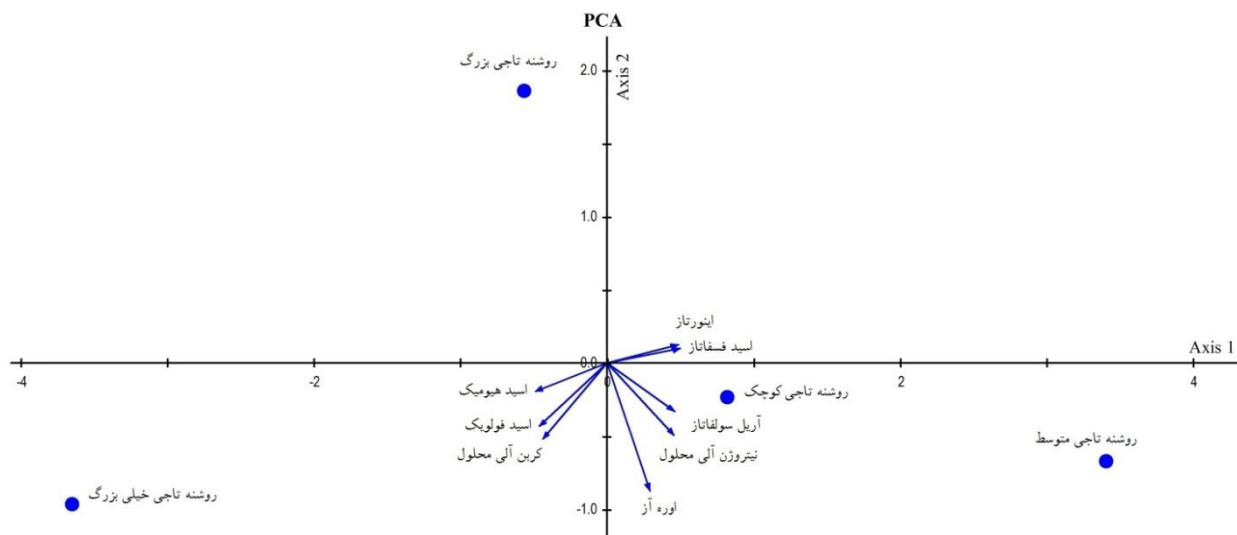


شکل ۳- میانگین (اشتباه معیار) مشخصه‌های کربن آلی محلول (میلی گرم بر کیلوگرم)، نیترژن آلی محلول (میلی گرم بر کیلوگرم)، اسید فولویک (میلی گرم در ۱۰۰ گرم) و اسید هیومیک (میلی گرم در ۱۰۰ گرم) خاک در سطوح مختلف روشنه‌های تاجی

متأثر از مشخصه‌های حاصل‌خیزی و فعالیت بیولوژیکی بیشتر خاک بود، در حالی‌که مشخصه‌های شن، سیلت، کربن

بر اساس تحلیل PCA، فعالیت آنزیمی بیشتر خاک و نیترژن آلی محلول در سطوح کوچک‌تر روشنه‌های تاجی

و نسبت کربن به نیتروژن بیشتر در روشنه‌های تاجی خیلی بزرگ منجر به افزایش غلظت اسیدهای آلی و محتوی کربن بزرگ منجر به افزایش غلظت اسیدهای آلی و محتوی کربن



شکل ۴- توزیع مکانی سطوح مختلف روشنه‌های تاجی، مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژی و بیوشیمی خاک در تحلیل PCA (فاکتور اول): مقدار ویژه =  $6/48$ ، درصد واریانس متناظر با عامل =  $81/10$ ، درصد واریانس تجمعی =  $81/10$  و فاکتور دوم: مقدار ویژه =  $1/22$ ، درصد واریانس متناظر با عامل =  $15/30$ ، درصد واریانس تجمعی =  $96/41$ .

## بحث

آنزیم‌های مورد مطالعه داشت و روشنه‌های تاجی متوسط و کوچک شرایط بهتری را برای فعالیت این آنزیم‌ها فراهم کرده بود. هم‌سو با نتایج این پژوهش، Kayang (۲۰۰۱)

بر اساس نتایج پژوهش پیش‌رو، تغییرات سطح روشنه‌های تاجی جنگل اثرات معنی‌داری بر فعالیت



اشاره داشت که فعالیت آنزیمی خاک در محیط‌هایی با تاج‌پوشش بسته‌تر بیشتر از فضاهای با تاج‌پوشش بازتر است. بسته به شرایط دمایی (فاکتور نور) و به‌ویژه رطوبت، فعالیت آنزیم‌های خاک تغییرات معنی‌داری را نمایش می‌دهند. در یک پژوهش، Galhidy و همکاران (۲۰۰۶) اشاره داشتند که در جنگل‌های معتدله همیشه با افزایش اندازه سطح بازشدگی تاج، کمیت نور نیز افزایش می‌یابد که نتایج پژوهش پیش‌رو را تأیید می‌کند. از سویی، Baldrian و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند که در مناطق معتدله، رطوبت خاک فاکتور مهم‌تری برای تغییرات فعالیت‌های آنزیمی خاک محسوب می‌شود. تغییرات رطوبت در جنگل‌های مختلف بسیار متفاوت است. در یک بررسی، Ni و همکاران (۲۰۱۶) اشاره داشتند که بازشدگی و ایجاد حفره در اکوسیستم‌های جنگلی منجر به کاهش رطوبت در خاک‌های سطحی می‌شود. لایه هوموس قطور پشته‌مانند مناسبی برای حفظ رطوبت بیشتر در اراضی جنگلی محسوب می‌شود، چراکه وجود خاصیت اسفنجی در زیر تاج‌پوشش بسته‌تر، ظرفیت نگهداری آب و رطوبت را به‌صورت چشمگیری به نسبت روشنه‌های تاجی بازتر افزایش خواهد داد. در صورت بروز آشفته‌گی و ایجاد حفره، قسمت زیادی از این لایه به‌علت شرایط پیش‌آمده تجزیه و در اختیار افق‌های زیرین خاک قرار می‌گیرد. کاهش رطوبت در روشنه‌های تاجی بیشتر باز شده می‌تواند ارتباط زیادی به دریافت انرژی خورشیدی و به‌دنبال آن افزایش دمای خرداقلیم درون این حفره‌ها داشته باشد (Page & Cameron, 2006). بر همین اساس، فعالیت‌های آنزیمی خاک در روشنه‌های تاجی بزرگ‌تر کاهش معنی‌داری را نشان داد. مطابق با گزارش Frey و همکاران (۲۰۰۴)، حاصل‌خیز بودن خاک نقش به‌سزایی در افزایش فعالیت آنزیمی خاک خواهد داشت. بر همین اساس نیز با توجه به تجمع مشخصه‌های حاصل‌خیزی خاک در روشنه‌های تاجی کوچک‌تر، فعالیت‌های آنزیمی بیشتری نیز مشاهده شد. در راستای نتایج این تحقیق، Ritter و همکاران (۲۰۰۵) در پژوهش خود نشان دادند که مقادیر نیتروژن خاک در نتیجه ایجاد

فضاهای خالی در تاج جنگل کاهش معنی‌داری پیدا کرد. به‌طور کلی، با افزایش سطح حفره‌های تاجی، فضای خالی برای نفوذ تشعشعات خورشیدی بیشتر می‌شود. بنابراین سرعت تجزیه لاشبرگ‌های کف جنگل زیاد شده، به‌طوری‌که عناصر غذایی بیشتری در اثر تجزیه لاشبرگ‌ها در اختیار خاک قرار می‌گیرد. اما در صورتی که سطح حفره بیش از اندازه باز شود، در نهایت منجر به آب‌شویی بیشتر عناصر غذایی در فضای داخلی حفره‌های تاجی می‌شود. در همین راستا، Scahrenbroch و Bockheim (۲۰۰۸) نیز عامل آب‌شویی خاک را به‌عنوان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در کاهش کاتیون‌های تبادل‌ی خاک در فضای حفره‌های تاجی عنوان کردند. آن‌ها نتیجه‌گیری کردند که در جنگل‌های مسن، در صورتی‌که سطح حفره‌های تاجی از ۳۰۰ متر مربع بیشتر شود، پتانسیل آب‌شویی عناصر غذایی محتوی خاک به بیشترین مقدار خود می‌رسد و در نهایت، خاک فقیری باقی می‌ماند. نتایج پژوهش پیش‌رو بیانگر آن بود که با افزایش سطح حفره از متوسط به بزرگ، پتانسیل آب‌شویی عناصر غذایی افزایش می‌یابد، بنابراین خاک در سطوح بزرگ حفره‌های تاجی فقیر از عناصر غذایی پایه می‌شود که در بحث مدیریت جنگل و نشانه‌گذاری درختان برای بهره‌برداری باید به این مهم توجه خاصی داشت. از سویی، رطوبت بیشتر و حرارت کمتر در روشنه‌های تاجی کوچک‌تر شرایط مناسب‌تری را برای فعالیت انواع موجودات خاکزی فراهم آورده (Nachtergale *et al.*, 2002) که همین موضوع بر افزایش فعالیت‌های آنزیمی خاک نیز مؤثر است. به‌طور کلی، فعالیت آنزیم‌های خاک تحت تأثیر اثرات ترکیبی مجموعه عامل‌های (pH، رطوبت، درجه حرارت، مقدار ماده آلی، حاصل‌خیزی و فعالیت بیولوژیکی خاک) تغییرات معنی‌داری را به نمایش می‌گذارد (Sinsabaugh *et al.*, 2008).

مواد آلی محلول، ماده غذایی مهمی برای ریزجانداران خاک محسوب می‌شوند. مطابق با یافته‌های Scahrenbroch و Bockheim (۲۰۰۸)، تغییرات خرداقلیم درون حفره‌ها منجر به افزایش فعالیت میکربی و تغییر در اجزای مواد آلی

ورودی بیشتر به داخل حفره) منجر به افزایش اسیدهای آلی خاک در این حفره‌ها شده بود. در همین راستا، Forghani (۲۰۰۴) بیان کردند که افزایش ماده آلی به داخل خاک منجر به افزایش کارایی ریزجانداران شده و اسیدهای فولویک و هیومیک خاک را افزایش می‌دهند. همچنین، Seighalani و همکاران (۲۰۱۵) به نقش و تأثیر افزایش ماده آلی خاک و شرایط مساعد محیطی برای فعالیت میکربی در راستای افزایش اسید فولویک و هیومیک اشاره داشتند. با توجه به اینکه طی مراحل تجزیه مواد آلی، ابتدا اسید فولویک تولید و سپس با ادامه فعالیت میکربی اسید فولویک به اسید هیومیک تبدیل می‌شود، همین عامل باعث ایجاد روند یکسان در افزایش هم‌راستای اسید فولویک و اسید هیومیک در روشنه‌های بزرگ تاجی جنگل مورد مطالعه شده بود.

پژوهش پیش‌رو بیانگر تأثیر سطوح مختلف روشنه‌های تاجی بر شاخص‌های بیوشیمی (فعالیت آنزیمی، مواد آلی محلول و اسیدهای آلی) خاک بود که بر حاصل‌خیزی و باروری اکوسیستم بسیار اثرگذار می‌باشد. نتایج این مطالعه بیانگر آن بود که روشنه‌های تاجی کوچک و متوسط شرایط مناسب‌تری را برای فعالیت موجودات خاک‌زی ایجاد کرده، خاک حاصل‌خیزتر بوده و فعالیت‌های بیوشیمی مرتبط با نیتروژن نیز بیشتر بوده است، در حالی‌که ایجاد روشنه‌های تاجی خیلی بزرگ منجر به افزایش فعالیت‌های بیوشیمی مرتبط با مشخصه کربن شده بود. به‌عنوان یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که روشنه‌های تاجی کوچک و متوسط شرایط ایده‌آل‌تری را از جنبه فعالیت‌های زیستی و حاصل‌خیزی خاک به‌وجود آورده و کیفیت خاک در روشنه‌های تاجی بزرگ‌تر کاهش پیدا کرده بود. بر همین اساس، در موضوع مدیریت پایدار جنگل پیشنهاد می‌شود از ایجاد روشنه‌های بزرگ یا خیلی بزرگ اجتناب شود.

## References

- Albanesi, E., Gugliotta, O. I., Mercurio, I. and Mercurio, R., 2005. Effects of gap size and within-gap position on seedlings establishment in silver fir stands. *Forest@*, 2(4): 358-366.
- Baldrian, P., Merhautova, V., Cajthaml, T.,

محلول خاک می‌شود. آن‌ها شرایط خرداقلیم موجود در زیر تاج بسته درختان را برای فعالیت میکروبی بسیار نامناسب و مقادیر مواد آلی در زیر تاج بسته را بسیار مناسب برای فعالیت‌های میکربی عنوان کردند، بنابراین روشنه‌های تاجی بزرگ‌تر با توجه به حالت بهینه و مناسب شرایط خرداقلیم و مواد آلی می‌توانند محل و موقعیت مناسبی برای فعالیت میکربی و افزایش کربن آلی محلول باشند. به‌طور کلی، در درون روشنه‌های تاجی، با توجه به خزان سالانه درختان، کمبودی برای مواد آلی احساس نمی‌شود و شرایط خرداقلیم موجود درون حفره نیز بسیار مناسب برای فعالیت میکرب‌ها است. به همین دلیل، تصور می‌شود در پژوهش پیش‌رو فضای درونی روشنه‌های تاجی بزرگ شرایط بسیار ایده‌آل و مناسبی را برای فعالیت میکرب‌ها ایجاد کرده و به همین دلیل منجر به افزایش کربن آلی محلول خاک شده بود. با توجه به اینکه فضای زیادی در موقعیت روشنه‌های بزرگ تاجی برای ورود تشعشعات خورشیدی (درصد نور نسبی بیشتر) وجود دارد، بنابراین حجم بیشتری از لاشیرگ‌های درون حفره در یک مدت مساوی تجزیه و در اختیار خاک قرار می‌گیرد. همین موضوع می‌تواند منجر به افزایش نسبت کربن به نیتروژن و در نتیجه افزایش کربن آلی محلول خاک شده باشد (Kalbitz et al., 2000)، در حالی‌که در روشنه‌های تاجی کوچک‌تر (سطوح متوسط و کوچک) به دلیل حاصل‌خیزتر بودن خاک و فعالیت‌های بیشتر موجودات خاک‌زی، فرآیندهای تولید نیتروژن آلی محلول خاک بیشتر رخ داده و همین موضوع منجر به افزایش این مشخصه از مواد آلی محلول در اندازه‌های کوچک‌تر روشنه‌های تاجی شده بود. مطابق با یافته‌های Gregorich و همکاران (۲۰۰۳)، فراوانی کربن و نیتروژن محلول خاک تا حد زیادی با کربن و نیتروژن کل بستگی داشت. در پژوهش پیش‌رو نیز مقدار نیتروژن محلول خاک در ارتباط مستقیم با مقدار نیتروژن کل بود، در حالی‌که بین کربن آلی محلول و کربن آلی (اندازه‌گیری کربن کل خاک پیشنهاد می‌شود) همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد. از سویی، تجزیه شدیدتر لایه آلی خاک در روشنه‌های بزرگ‌تر تاجی (به‌واسطه نور

- Journal of Soil Biology, 37: 175-180.
- Kooch, Y., 2012. Soil variability related to pit and mound, canopy cover and individual trees in a Hyrcanian oriental beech stand. Ph.D. thesis, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, 203p (In Persian).
  - Kooch, Y., Jalilvand, H., Bahmanyar, M.A. and Pormajidian, M.R., 2009. Differentiation of ecosystem units of Caspian lowland forests and its relation with some soil characteristics. Journal of Forest and Wood Products (Iranian Journal of Natural Resources), 62: 93-107 (In Persian).
  - Lin, N., Bartsch, N., Heinrichs, S. and Vor, T., 2015. Long-term effects of gap creation and lime application on element input and output in a European beech (*Fagus sylvatica* L.) forest. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 61: 123-141.
  - Muscolo, A., Mallamaci, C., Sidari, M. and Mercurio, R., 2011. Effects of gap size and soil chemical properties on the natural regeneration in Black pine (*Pinus nigra* Arn.) stands. Tree and Forestry Science and Biotechnology, 5: 65-71.
  - Muscolo, A., Sidari, M. and Mercurio, R., 2007. Influence of gap size on organic matter decomposition, microbial biomass and nutrient cycle in Calabrian pine (*Pinus laricio*, Poiret) stands. Forest Ecology and Management, 242: 412-418.
  - Nachtergale, L., Ghekiere, K., Schrijver, A.D., Muys, B., Lussaert, S. and Lust, N., 2002. Earthworm biomass and species diversity in wind throw sites of a temperate lowland forest. Pedobiologia, 46: 440-451.
  - Ni, X., Yang, W., Tan, B., He, J., Xu, L., Li, H. and Wu, F., 2015. Accelerated foliar litter humification in forest gaps: Dual feedbacks of carbon sequestration during winter and the growing season in an alpine forest. Geoderma, 241: 136-144.
  - 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. Science Reports 6, No 19744, 12p.
  - Page, L.M. and Cameron, A.D., 2006: Petrankova, M. and Snajdar, J., 2010. Small-scale disturbance of extracellular enzymes, fungal, and bacterial biomass in *Quercus petraea* forest topsoil. Biology and Fertility of Soils, 46: 717-726.
  - Bauhus, J., Vor, T., Bartsch, N. and Cowling, A., 2004. The effects of gaps and liming on forest floor decomposition and soil C and N dynamics in a *Fagus sylvatica* forest. Canadian Journal of Forest Research, 34: 509-518.
  - Coates, K.D., 2002. Tree recruitment in gaps of various size, clearcuts and undisturbed mixed forest of interior of British Columbia (Canada). Forest Ecology and Management, 155: 387-398.
  - Forghani, A., 2004. Study of biochemical changes and properties fulvic and humic acid in soil treated with different organic materials. Proceedings of 8<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress, Iran, 27-29 Aug. 2004: 78-79 (In Persian).
  - Frey, S.D., Knorr, M., Parrent, J.L. and Simpson, R.T., 2004. Chronic nitrogen enrichment affects the structure and function of the microbial community in temperate hardwood and pine forests. Forest Ecology and Management, 196: 159-171.
  - Gálhidy, L., Mihok, B., Hagyo, A., Rajkai, K. and Standovar, T., 2006. Effects of gap size and associated changes in light and soil moisture on the under story vegetation of a Hungarian beech forest. Plant Ecology, 183: 133-145.
  - Ghazanshahi, J., 2006. Soil and Plant Analysis. Homa Publication, Tehran, 272p (In Persian).
  - Gregorich, E.G., Beare, M.H., Stoklas, U. and St-Georges, P., 2003. Biodegradability of soluble organic matter in maize-cropped soils. Geoderma, 113: 237-252.
  - Huang, M., Duan, R., Wang, S., Wang, Z. and Fan, W., 2016. Species presence frequency and diversity in different patch types along an altitudinal gradient: *Larix chinensis* Beissn in Qinling Mountains (China). Peer Journal 4:e1803
  - Kalbitz, K., Solinger, S., Park, J.H., Michalzik, B. and Matzner, B., 2000. Controls on the dynamics of dissolved organic matter in soils: a review. Soil Science, 165: 277-304.
  - Kayang, H., 2001. Fungal and bacterial enzyme activities in *Alnus nepalensis* D. Don. European

- The effects of gap disturbance on nitrogen cycling and retention in late- successional northern hardwood-hemlock forests. *Biogeochemistry*, 87: 231-245.
- Schinner, F. and Mersi, W., 1990. Xylanase-, CM-cellulase- and invertase activity in soils: an improved method. *Soil Biology Biochemistry*, 22: 511-515.
  - Seighalani, Sh., Ramazanpoor, H. and Kahneh, H., 2015. The effect of Taxodium, Alnus and Populus on soil chemical in forest areas, Astaneh-ye Ashrafiyeh region. *Iranian Journal of Soil Researches*, 29: 233-241 (In Persian).
  - Sinsabaugh, R.L., Lauber, C.L. and Weintraub, M.N., 2008. Stoichiometry of soil enzyme activity at global scale. *Ecology Letter*, 11: 1252-1264.
  - Xu, J., Xue, L. 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.
  - Yang, Y., Geng, Y., Zhou, H., Zhao, G. and Wang, L., 2017. Effects of gaps in the forest canopy on soil microbial communities and enzyme activity in a Chinese pine forest. *Pedobiologia*, 61:51-60.
  - Regeneration dynamics of Sitka spruce in artificially created forest gaps. *Forest Ecology and Management*, 221: 260-266.
  - Pelster, D.E., Kolka, R.K. and Prepas, E.E., 2009. Overstory vegetation influence nitrogen and dissolved organic carbon flux from the atmosphere to the forest floor: Boreal Plain, Canada. *Forest Ecology and Management*, 259: 210-219.
  - 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.
  - Ritter, E., Starr, M. and Vesterdal, L., 2005. Losses of nitrate from gaps of different sizes in a managed beech (*Fagus sylvatica*) forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 35: 308-319.
  - Samadzadeh, B., Kooch, Y. and Hosseini, S.M., 2017. The effect of tree covers on topsoil biological indices in a plain forest ecosystem. *Journal of Water and Soil Conservation*, 23: 105-121 (In Persian).
  - Scharenbroch, B.C. and Bockheim, J.G., 2008.

## Effect of forest canopy gap on soil enzyme activity, dissolved organic matter and organic acids

Y. Kooch <sup>\*1</sup> and K. Haghverdi <sup>2</sup>

1\* - Corresponding author, Assistant Prof., Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran. E-mail: yahya.kooch@modares.ac.ir

2- Assistant Prof., College of Agriculture and Natural Resources, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

Received: 04.01.2017

Accepted: 13.03.2017

### Abstract

Canopy gaps play an important role in the dynamics of temperate forests. The present study aimed to evaluate the effect of canopy gaps area on soil biochemical activities in Khanikan region of Nowshahr. In this study, 32 canopy gaps with small (195-205 m<sup>2</sup>), medium (397-406 m<sup>2</sup>), large (593-604 m<sup>2</sup>) and very large (792-807 m<sup>2</sup>) areas, 8 replications for each, were considered. Five points were selected within each canopy gap; soil samples were taken and mixed due to transferring to laboratory for analysis of physico-chemical, biological and biochemical properties. According to findings, whole of soil physico-chemical (except for silt content) and biological properties were significantly affected by different canopy gaps areas. The highest urease activity was found under medium and small (22.97 and 22.54  $\mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1} 2 \text{ h}^{-1}$ ) canopy gap areas, respectively. Medium gaps showed the most values of acid phosphatase (633.75  $\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ), arylsulfatase (153.38  $\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) and invertase (273.25  $\mu\text{g Glucose g}^{-1} 3 \text{ h}^{-1}$ ). Greater amounts of dissolved organic carbon (94.73 mg/kg) and dissolved organic nitrogen (34.66 mg/kg) were found under very large and medium canopy gap areas, respectively. Creation of very large canopy gaps was due to increasing of fulvic (454.62 mg/100g) and humic (888.88 mg/100g) acids in the studied forest ecosystem. As a general conclusion, based on forest sustainable management, it is proposed to avoiding of large and very large canopy gaps creation.

**Keywords:** Broad-leaved forest, canopy gap area, Nowshahr, relative light, soil biochemical.