



دانشگاه گواران و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و سوم، شماره پنجم، ۱۳۹۵

<http://jwsc.gau.ac.ir>

اثر پوشش‌های درختی بر شاخص‌های زیستی خاک سطحی در یک اکوسیستم جنگلی جلگه‌ای

بهناز صمدزاده^۱، یحیی کوچ^{۲*} و سیدمحسن حسینی^۳

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد گروه جنگلداری، دانشگاه تربیت مدرس، آستادیار گروه جنگلداری، دانشگاه تربیت مدرس،

آستاد گروه جنگلداری، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۹۴/۹/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۵/۶

چکیده

سابقه و هدف: خاک بخش مهمی از اکوسیستم‌ها به حساب می‌آید که گونه‌های مختلف درختی با تفاوت در زیئوده روزمینی و زیرزمینی، ساختار تاج، کیفیت و کمیت لاشبرگ تحت شرایط عرصه‌ای یکسان بر ویژگی‌های آن اثرات مختلفی دارند. با توجه به اهمیت شناخت و مطالعه مشخصه‌های زیستی، شاخص‌های مناسب برای ارزیابی کیفیت و سلامت خاک، در این پژوهش به مطالعه تغییرپذیری زیئوده ریزریشه‌ها، تعداد و زیئوده کرم‌های خاکی و میزان تصاعد دی‌اکسیدکربن از خاک سطحی به تفکیک گونه‌های بومی پهن‌برگ سطوح جلگه‌ای شمال کشور (ممرز، لرگ، بلندمازو و افراپلت) پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها: پس از جنگل‌گردشی در عرصه جنگلی جلگه‌ای واقع در شهرستان نور، گروه‌هایی (لکه‌هایی) از گونه‌های پهن‌برگ مذکور شناسایی و از هر گونه درختی ۵ درخت سالم در یک کلاسه قطری یکسان انتخاب گردید. در زیر هر تک درخت جنگلی عمل نمونه‌برداری خاک و لاشبرگ در راستای شمالی انجام پذیرفت. نمونه‌برداری در فصل رویش (مردادماه) از دو موقعیت کنار تنه اصلی درخت و دور از تنه (زیر تاج‌درخت) در میکروقطعه نمونه (سطح ۳۰ × ۳۰ سانتی‌متری و عمق ۱۵ سانتی‌متر) صورت گرفت.

یافته‌ها: تجزیه واریانس مشخصه‌های کیفی لاشبرگ، مشخصه‌های فیزیکی (به‌جز رس و رطوبت) و شیمیایی خاک بیانگر وجود تفاوت آماری معنی‌دار در بین گونه‌های درختی مورد مطالعه می‌باشد. بیش‌ترین زیئوده ریزریشه به‌طور معنی‌دار به خاک تحتانی گونه لرگ (۹۲/۷۹ گرم بر مترمربع) اختصاص داشته و گونه‌های افراپلت (۷۱/۴۶ گرم بر مترمربع)، ممرز (۶۲/۲۱ گرم بر مترمربع) و بلندمازو (۳۱/۴۴ گرم بر مترمربع) در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. بیش‌ترین تراکم کرم‌های خاکی به خاک تحتانی گونه ممرز (۲/۵۰ عدد در مترمربع) اختصاص داشته و تفاوت آماری معنی‌داری را با گونه‌های درختی افراپلت و لرگ (۱/۹۰ عدد در مترمربع) و بلندمازو (۰/۷۰ عدد در مترمربع) نشان داد. زیئوده کرم‌های خاکی در بخش تحتانی بلندمازو (۸/۶۱ میلی‌گرم در مترمربع) به‌طور معنی‌داری کمتر از گونه‌های درختی افراپلت (۲۴/۲۱ میلی‌گرم در مترمربع)، لرگ (۲۴/۶۶ میلی‌گرم در مترمربع) و ممرز (۲۹/۵۹ میلی‌گرم در مترمربع) بوده است. بالاترین مقدار تصاعد دی‌اکسیدکربن از خاک، به‌طور معنی‌دار، به‌ترتیب تحت پوشش درختی

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

ممرز (۰/۴۷ میلی گرم دی‌اکسیدکربن در گرم خاک در روز)، افرا پلت (۰/۴۴ میلی گرم دی‌اکسیدکربن در گرم خاک در روز)، لرگ (۰/۳۲ میلی گرم دی‌اکسیدکربن در گرم خاک در روز) و بلندمازو (۰/۲۷ میلی گرم دی‌اکسیدکربن در گرم خاک در روز) مشاهده شد. مطابق با نتایج، پارامترهای کیفی لاشبرگ و خاک متأثر از موقعیت نمونه‌برداری در میان گونه‌های درختی مورد مطالعه نبوده است. بررسی همبستگی بین مشخصه‌های زیستی با پارامترهای لاشبرگ و فیزیکوشیمیایی خاک بیانگر تأثیر بیش‌تر شاخص‌های کیفی لاشبرگ و شیمی خاک بر پارامترهای زیستی می‌باشد. نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش بیانگر آنست که حضور درختان جنگلی تأثیر متفاوت قابل‌توجهی بر شاخص‌های زیستی و همچنین مشخصه‌های کیفی لاشبرگ و فیزیکوشیمیایی خاک دارد. نتایج این پژوهش می‌تواند در خصوص اولویت‌بندی انتخاب گونه پهن‌برگ جهت احیای مناطق تخریب‌یافته بخش جلگه‌ای شمال کشور به مدیران کمک شایانی نماید.

واژه‌های کلیدی: کیفیت خاک، زیتوده ریزریشه، زیتوده کرم خاکی، تصاعد دی‌اکسیدکربن

مقدمه

پایداری اکوسیستم‌های جنگلی وابسته به تغییرپذیری مشخصه‌های خاک تحت‌تأثیر گونه‌های درختی مختلف می‌باشد (۲۱). در واقع تک‌درختان^۱ می‌توانند بر چرخه و پراکنش عناصر غذایی در رویشگاه جنگلی تأثیر به‌سزایی داشته باشند (۱۴). گونه‌های مختلف درختی لاشه‌ریزی متفاوتی دارند که همین موضوع منجر به بروز اختلاف در مواد غذایی زیر تاج‌پوشش تک‌درختان می‌شود (۳). همچنین ساقاب و تاج‌بارش، به‌عنوان مسیرهای اصلی انتقال عناصر از تاج‌پوشش جنگل به خاک‌ها شناخته شده‌اند. سهم هریک از دو مسیر به‌طور عمده وابسته به ماهیت عناصر و خواص شاخ و برگ درختان می‌باشد (۱۵). از آنجایی که ساقاب و تاج‌بارش حدود ۹۰ درصد از بارش ناخالص در جنگل معتدله را تشکیل می‌دهند (۳۰)، تأثیر بسیار زیادی بر مشخصه‌های خاک بخش تحتانی گونه‌های مختلف درختی در اکوسیستم‌های جنگلی دارند (۱۵). از نقطه‌نظر اکولوژیکی، خواص فیزیکی خاک دارای اهمیت زیادی هستند، به‌طوری‌که خصوصیات زیستی و شیمیایی خاک از خصوصیات فیزیکی آن تأثیر می‌پذیرد (۱۹). حضور درختان از

گونه‌های مختلف در عرصه‌های جنگلی نقش بسیار مهمی در تغییرپذیری مشخصه‌های فیزیکی خاک دارند (۲۰).

در مطالعه یوشیو و همکاران (۲۰۱۰) برای تعیین الگوی فاصله‌ای و ارتباط بین تاج‌پوشش گیاهی و خواص فیزیکوشیمیایی خاک سه نقطه زیر تاج‌پوشش، در راستای تاج‌پوشش و خارج از تاج‌پوشش دو گونه *Dacrydium gracilis* و *Lithocarpus clementianus* انتخاب گردید. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که تأثیر گونه‌های درختی بر خواص خاک در زیر تاج‌پوشش نسبت به نقاط دیگر، حداکثر بوده است (۴۷). در یک بررسی، آگوستو و همکاران (۲۰۰۲) با مطالعه تأثیر گونه‌های *Acer*، *Carpinus betulus*، *Betula spp.*، *platanoides*، *Quercus spp.*، *Picea abies*، *Fagus sylvatica* و *Pseudotsuga menziesii*، *Pinus sylvestris* و *Tilia cordata* بر روی کیفیت خاک جنگل‌های اروپا ابراز داشتند که تأثیر گونه‌های مختلف بر مقادیر pH خاک بسیار متفاوت بوده، به‌طوری‌که برخی گونه‌ها منجر به ایجاد شرایط قلیایی و برخی دیگر شرایط اسیدی در خاک ایجاد کرده‌اند (۳). طی پژوهشی که در خصوص تأثیر درختان

در بسیاری از پژوهش‌ها، فون (میکرو، مزو و ماکرو) خاک به‌عنوان مهم‌ترین مشخصه در ارزیابی کیفیت و سلامت خاک اکوسیستم‌های جنگلی مطرح بوده که فراوانی و زیتوده آن‌ها متأثر از نوع گونه درختی رویشگاه می‌باشد (۴، ۱۶). ماکروفون‌های خاک، شبکه غذایی بسیار پیچیده خاک را تشکیل می‌دهند (۴، ۸). در این میان، گرم‌های خاکی مهم‌ترین موجوات ماکروفون خاک و جزء اصلی‌ترین موجودات تجزیه‌کننده در اکوسیستم‌های جنگلی محسوب می‌شوند (۲۴). درختان با تغییر در ویژگی‌های خاک از طریق تفاوت در کمیت و کیفیت لاشبرگ، مواد آلی، نسبت کربن به نیتروژن، رطوبت و اسیدیته اثرات متعددی بر فراوانی و ساختار جمعیت کرم خاکی دارند (۱۷، ۳۱، ۵۲). در این رابطه، نیرینک و همکاران (۲۰۰۰) در پژوهش‌های خود بیان داشتند که بیش‌ترین زیتوده گرم‌های خاکی در بخش تحتانی گونه‌های نمدار و افرا به‌علت پایین بودن نسبت کربن به نیتروژن خاک، در مقایسه با گونه‌های زبان‌گنجشک، بلوط و راش است (۳۴).

تنفس میکروبی (تصاعد دی‌اکسیدکربن) بیانگر فعالیت زیستی خاک و یکی از فرآیندهای اصلی در کنترل کربن بوم‌سازگان‌های زمینی است (۱۱، ۲۵، ۵۵). در سطح جهانی، خاک حدود ۸۰ تن کربن در سال به اتمسفر آزاد می‌کند و این مقدار بین ۲۰ تا ۳۸ درصد کل دی‌اکسیدکربن زیستی صادر شده به اتمسفر می‌باشد (۴۸). تنفس خاک ناشی از تنفس اتوتروف توسط ریشه زنده و قارچ‌های میکوریز همراه آن‌ها، تنفس هتروتروف توسط اکسیدکننده بقایای آلی و ترشحات ریشه می‌باشد (۴۰). گونه‌های مختلف درختی با تأثیر بر کمیت و کیفیت لاشبرگ تولیدی در بخش روزمینی و زیرزمینی بر تنفس خاک اثرگذار می‌باشند (۵۰). بنابراین، درک بهتر فرآیند تنفس میکروبی خاک تحت گونه‌های درختی مختلف

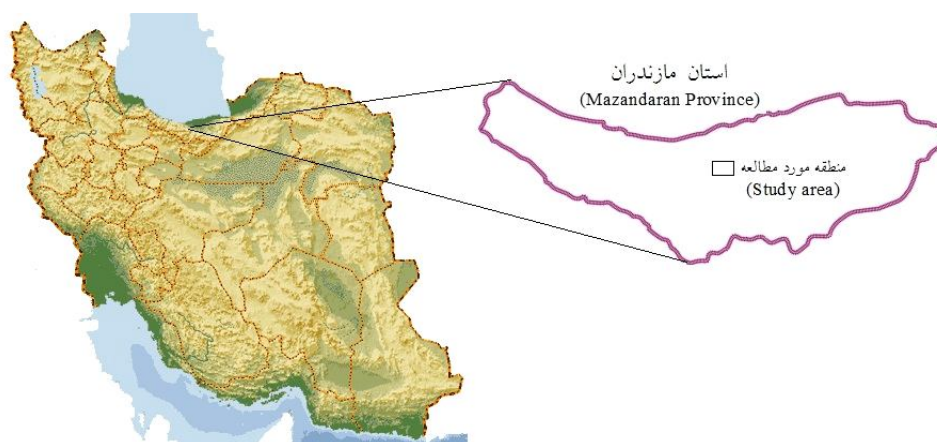
Quercus macrocarpa بر خاک اطرافشان بود، پترسن و همکاران (۲۰۰۰) به این نتیجه رسیدند که کربن موجود در خاک زیر تاج‌پوشش نسبت به بیرون تاج بیش‌تر است (۳۵). همچنین، گالاردو (۲۰۰۳) در پژوهش خود در اسپانیا نشان داد که تک‌درختان بلوط سبب تجمع بیش‌تر کربن آلی و نیتروژن در زیر تاج‌درخت نسبت به نقاط خارج از تاج می‌شوند (۱۰). در واقع خاک بخش مهمی از اکوسیستم‌ها به حساب می‌آید که گونه‌های مختلف درختی با تفاوت در زیتوده روزمینی و زیرزمینی، ساختار تاج، کیفیت و کمیت لاشبرگ تحت شرایط عرصه‌ای یکسان بر ویژگی‌های آن اثرات مختلفی دارند. تقریباً بیش از ۲۰ تا ۲۶ درصد از کل زیتوده سالانه درختان به تولید زیرزمینی آن‌ها اختصاص دارد (۲۸). ریشه‌های درختان با قطر کم‌تر از ۲ میلی‌متر ساختار ریزریشه‌ها را تشکیل می‌دهند که متناسب با عمق نفوذ بر سایر مشخصه‌های خاک اثرگذار می‌باشند (۵). با وجود اهمیت بسیار زیاد زیتوده زیرزمینی در چرخه‌های بیوژئوشیمیایی از طریق تأثیر بر چرخه‌های کربن و نیتروژن، به‌علت مسائلی همچون اندازه‌گیری و محاسبه دشوار، مطالعات اندکی در ارتباط با این بخش از خاک انجام گرفته است. ریزریشه‌ها نقش مهمی در جریان کربن و چرخه عناصر غذایی خاک دارند (۳۹). بنابراین میزان تولید و نرخ بازگشت آن‌ها اثر مستقیم بر چرخه بیوژئوشیمیایی مواد در بوم‌سازگان خشکی دارد (۵) و به‌عنوان منبع اصلی کربن آلی زیرزمینی اثرات مهمی بر مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارند (۵). همچنین با توجه به استفاده درختان از این سیستم ریشه‌ای جهت جذب آب و عناصر غذایی جهت رشد، از بخش‌های مهم سیستم ریشه‌ای محسوب می‌شوند (۳۷). برخی پژوهش‌ها (۹، ۳۷) به تفاوت میزان زیتوده ریزریشه‌ها در موقعیت‌های مختلف بخش تحتانی گونه‌های درختی اشاره داشته‌اند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: عرصه مورد بررسی، به وسعت ۶۹/۱۵ هکتار، در بخش جنوبی محوطه جنگلی دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس واقع در شهرستان نور قرار دارد (شکل ۱). مختصات جغرافیایی منطقه ۳۶ درجه و ۳ دقیقه و ۲۳ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۳۴ دقیقه و ۵۶ ثانیه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۲ دقیقه و ۴۶ ثانیه طول شرقی بوده و ارتفاع از سطح دریای آن ۹- تا ۱۷- متر می‌باشد. این منطقه به‌عنوان بخشی از باقی‌مانده جنگل‌های جلگه‌ای شمال کشور است که در آن هیچ‌گونه عوارض طبیعی از قبیل تپه، دره و یا پستی و بلندی نداشته و شیب عمومی آن کم‌تر از ۳ درصد می‌باشد، بنابراین سطح آن کاملاً هموار است. براساس اطلاعات هواشناسی ایستگاه‌های سینوپتیک چمستان متوسط دما ۱۷ درجه سانتی‌گراد و بارندگی سالیانه ۸۰۳/۴۰ میلی‌متر برآورد شد. اقلیم منطقه براساس فرمول آب و هوایی آمبرژه معرف اقلیم با زمستان‌های معتدل می‌باشد. گونه‌های اصلی در این عرصه جنگلی شامل انجیلی، اوجا، ممرز، سفیدپلت، بلندمازو، افراپلت، توسکا، شمشاد و لرگ است (۷).

بر توانایی ما در بهبود تأثیر جنگل‌کاری بر پویایی فرآیندهای زیستی خاک مؤثر است (۴۹). مطابق با پژوهش توماس و همکاران (۲۰۱۰)، میزان تنفس میکروبی خاک زیر تاج‌پوشش گونه‌های راش، نمدار، افرا، زبان‌گنجشک و ممرز بسیار متفاوت می‌باشد. بیش‌ترین مقادیر مشخصه مذکور در بخش تحتانی گونه‌های نمدار و افرا مشاهده شد و کم‌ترین مقدار آن به گونه راش اختصاص داشته است (۴۶). در مقایسه میزان تنفس میکروبی خاک در اکوسیستم جنگلی پهن‌برگ معتدله (شامل گونه‌های راش، افرا، نمدار و ممرز)، توماس و گلیکسندر (۲۰۱۳) بیان نمودند که میزان این شاخص خاک تحت تأثیر کیفیت لاشبرگ و فعالیت ریشه‌ای گونه‌های مختلف درختی قرار دارد (۴۵).

با توجه به پژوهش‌های انجام شده و همین‌طور اهمیت شناخت و مطالعه شاخص‌های زیستی خاک در جنگل‌های پهن‌برگ، در این پژوهش به مطالعه تغییرپذیری زیتوده ریزیشه‌ها، وفور و زیتوده کرم‌های خاکی و میزان تصاعد دی‌اکسیدکربن از خاک به تفکیک گونه‌های بومی پهن‌برگ سطوح جلگه‌ای شمال کشور پرداخته می‌شود تا در نهایت رابطه منطقی بین شاخص‌های زیستی خاک و نوع گونه‌های مورد بررسی، که گونه‌های مهم جنگل‌های هیرکانی هستند، حاصل گردد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان مازندران، شمال ایران.

Figure 1. Position of study area in Mazandaran province, Northern Iran.

همگن بودن واریانس داده‌ها با استفاده از آزمون لون مورد بررسی قرار گرفت. به منظور مطالعه تفاوت یا عدم تفاوت مقادیر مشخصه‌های کیفی لاشبرگ و سایر مشخصه‌های خاک در ارتباط با نوع گروه‌های درختی و موقعیت نمونه‌برداری از آزمون تجزیه واریانس دوطرفه در قالب طرح فاکتوریل استفاده شد. آزمون دانکن ($P < 0.05$) نیز به منظور مقایسه چندگانه میانگین به‌کار گرفته شد. به منظور تعیین رابطه بین شاخص‌های زیستی، مشخصه‌های کیفی لاشبرگ و فیزیکوشیمیایی خاک از همبستگی پیرسون استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری همه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ صورت پذیرفت. همه نمودارها در نرم‌افزار Excel ترسیم شدند.

نتایج

مشخصه‌های لاشبرگ: تجزیه واریانس مشخصه‌های کیفی لاشبرگ بیانگر وجود تفاوت آماری معنی‌دار در بین گونه‌های درختی مورد مطالعه می‌باشد (جدول ۱). بیش‌ترین مقادیر مشخصه‌های کربن و نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ به گونه جنگلی بلندمازو اختصاص داشته در حالی‌که بیش‌ترین مقدار مشخصه نیتروژن لاشبرگ در گونه درختی ممرز مشاهده شد (جدول ۲). موقعیت نمونه‌برداری (کنار تنه اصلی و دور از تنه اصلی) اثر معنی‌داری بر مشخصه‌های کیفی لاشبرگ نشان نداد (جدول ۱).

مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی خاک: از میان مشخصه‌های فیزیکی خاک، پارامترهای وزن مخصوص ظاهری، شن و سیلت به‌طور معنی‌دار متأثر از نوع پوشش جنگلی بوده در حالی‌که مشخصه‌های رس و رطوبت تفاوت آماری معنی‌داری را در بین گونه‌های جنگلی مورد مطالعه نشان ندادند (جدول ۱). بیش‌ترین مقادیر مشخصه‌های وزن مخصوص ظاهری و شن به خاک بخش تحتانی گونه ممرز تعلق داشته در حالی‌که

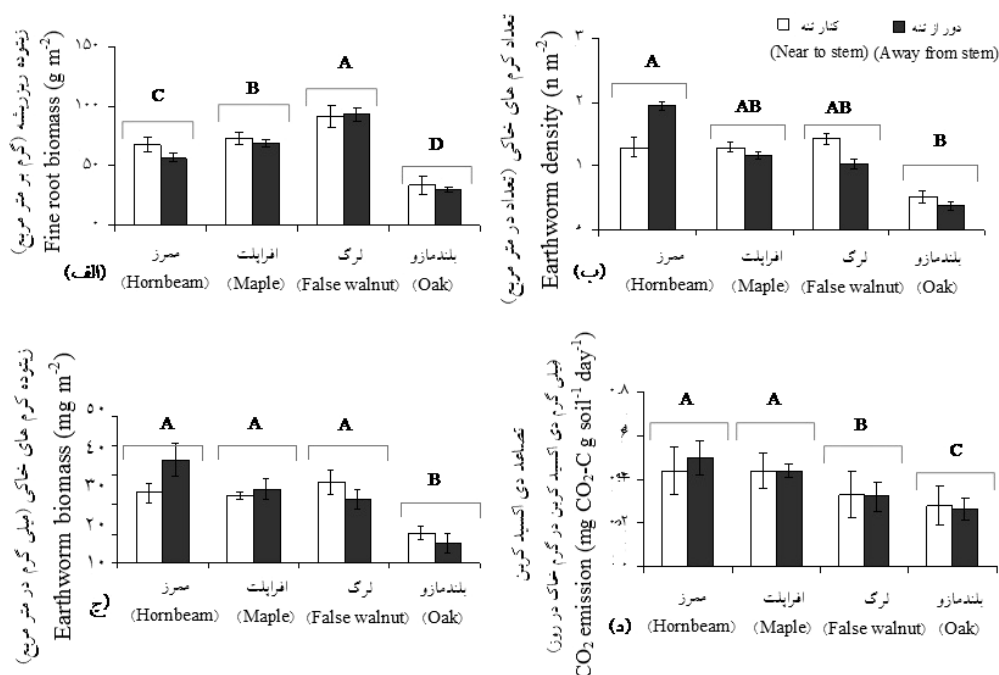
روش نمونه‌برداری و تجزیه آزمایشگاهی: به منظور انجام پژوهش حاضر، گروه‌هایی (لکه‌هایی) از گونه‌های ممرز، لرگ، بلوط بلندمازو و افراپلت شناسایی شد و از هر گونه درختی ۵ درخت سالم در یک کلاسه قطری یکسان انتخاب گردید. در زیر هر تک‌درخت جنگلی عمل نمونه‌برداری خاک و لاشبرگ در راستای شمالی انجام پذیرفت (۲۰). نمونه‌برداری در فصل رویش (مردادماه) از دو موقعیت کنار تنه اصلی درخت و دور از تنه (زیر تاج‌درخت) در میکروقطعه نمونه (سطح 30×30 سانتی‌متری و عمق ۱۵ سانتی‌متر) صورت گرفت. نمونه‌های خاک در فضای باز پخش و پس از خشک شدن، خاک حاصله خرد و از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. مشخصه‌های خاک و لاشبرگ شامل وزن مخصوص ظاهری، درصد اجزاء تشکیل‌دهنده بافت، محتوی رطوبت، pH، هدایت الکتریکی، کربن آلی و نیتروژن کل با استفاده از روش‌های استاندارد (۱۲، ۱۸) در محیط آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. پس از برداشت نمونه‌های خاک و انتقال به آزمایشگاه، ریزریشه‌ها (قطر کم‌تر از ۲ میلی‌متر) از نمونه‌ها جداسازی و با استفاده از الک ۲ میلی‌متری شستشو داده شدند. سپس این نمونه‌ها در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و در مدت زمان ۲۴ ساعت خشک گردید. در نهایت پس از توزین نمونه‌های خشک شده، مقدار زیتوده آن‌ها در مترمربع محاسبه شد (۳۲). همچنین، هم‌زمان با نمونه‌برداری خاک، کرم‌های خاکی به روش دستی جمع‌آوری و زیتوده با توجه به وزن آن‌ها بعد از ۴۸ ساعت خشک‌شدن روی کاغذهای فیلتر در آزمایشگاه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (۲، ۲۳). میزان تصاعد دی‌اکسیدکربن از نمونه‌های تازه خاک به روش بطری در بسته (۱) در محیط آزمایشگاه اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها: در اولین مرحله، نرمال بودن داده‌ها به‌وسیله آزمون کولموگروف اسمیرنوف و

اختصاص داشته و کم‌ترین مقدار این مشخصه در خاک تحتانی بلندمازو مشاهده شد (شکل ۲ الف). تراکم بیش‌تر کرم‌های خاکی به خاک تحتانی گونه مرمرز تعلق داشته و تفاوت آماری معنی‌داری را با گونه‌های درختی افراپلت، لرگ و بلندمازو نشان داد (شکل ۲ ب). زیتوده کرم‌های خاکی در بخش تحتانی بلندمازو به‌طور معنی‌داری کم‌تر از گونه‌های درختی افراپلت، لرگ و مرمرز بوده است (شکل ۲ ج). خاک تحتانی گونه درختی مرمرز بالاترین مقدار تصاعد دی‌اکسیدکربن و خاک بلندمازو کم‌ترین مقدار این مشخصه را نشان داده است (شکل ۲ د). مطابق با نتایج، هیچ‌یک از پارامترهای زیستی متأثر از موقعیت نمونه‌برداری خاک در میان گونه‌های درختی مورد مطالعه نبوده است (جدول ۱). بررسی همبستگی بین مشخصه‌های زیستی با پارامترهای لاشبرگ و فیزیکوشیمیایی خاک بیانگر تأثیر بیشتر شاخص‌های کیفی لاشبرگ و شیمی خاک بر پارامترهای زیستی می‌باشد (جدول ۳).

بیش‌ترین مقدار درصد سیلت به گونه جنگلی لرگ تعلق داشته و با سایر گونه‌های مورد مطالعه تفاوت آماری معنی‌داری را نشان داد (جدول ۲). مطابق با نتایج، تمامی پارامترهای شیمیایی مورد بررسی به‌طور معنی‌دار متأثر از نوع گونه جنگلی بوده‌اند به‌طوری‌که بالاترین مقادیر pH هدایت الکتریکی و نیتروژن کل به خاک تحتانی گونه درختی مرمرز اختصاص داشته و بیش‌ترین مقادیر کربن آلی و نسبت کربن به نیتروژن خاک در پوشش جنگلی بلندمازو مشاهده شد (جدول ۲). موقعیت نمونه‌برداری خاک اثر معنی‌داری بر پارامترهای فیزیکوشیمیایی مورد مطالعه نشان نداد (جدول ۱).

مشخصه‌های زیستی خاک: تجزیه واریانس مشخصه‌های زیستی خاک بیانگر وجود تفاوت‌های آماری معنی‌دار پارامترهای زیتوده ریزریشه، تراکم و زیتوده کرم‌های خاکی و تصاعد دی‌اکسیدکربن خاک در بین پوشش‌های جنگلی مختلف می‌باشد (جدول ۱). بیش‌ترین زیتوده ریزریشه به خاک تحتانی گونه لرگ



شکل ۲- میانگین (± اشتباه معیار) مشخصه‌های زیستی خاک در ارتباط با گونه‌های درختی مورد مطالعه.

Figure 2. Mean (± standard error) of soil biological characters in relation to studied tree species.

جدول ۱ - تجزیه واریانس مشخصه‌های لاشبرگ و خاک در ارتباط با گونه‌های درختی مورد مطالعه.
 Table 1. Analysis of variance for litter and soil characters related to studied tree species.

| مقدار معنی داری (P-value) | F مقدار (F-value) | مجموع مربعات (Sum of square) | منبع تغییرات (Variable source) | مشخصه (Character) | مقدار معنی داری (P-value) | F مقدار (F-value) | مجموع مربعات (Sum of square) | منبع تغییرات (Variable source) | مشخصه (Character) |
|---------------------------|-------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 0.000 | 32.036 | 0.098 | گونه درختی (Tree species) | | 0.000 | 30.373 | 2179.739 | گونه درختی (Tree species) | |
| 0.504 | 0.456 | 0.000 | موقعیت (Position) | هدایت الکتریکی (EC) | 0.462 | 0.555 | 13.269 | موقعیت (Position) | کربن لاشبرگ (Litter carbon) |
| 0.745 | 0.413 | 0.001 | گونه درختی × موقعیت (TS×P) | | 0.532 | 0.747 | 53.577 | گونه درختی × موقعیت (TS×P) | |
| 0.000 | 26.618 | 24.053 | گونه درختی (Tree species) | | 0.000 | 40.996 | 4.278 | گونه درختی (Tree species) | |
| 0.468 | 0.540 | 0.163 | موقعیت (Position) | کربن آلی (Organic carbon) | 0.687 | 0.166 | 0.006 | موقعیت (Position) | نیترژن لاشبرگ (Litter nitrogen) |
| 0.861 | 0.249 | 0.225 | گونه درختی × موقعیت (TS×P) | | 0.717 | 0.454 | 0.047 | گونه درختی × موقعیت (TS×P) | |
| 0.000 | 12.213 | 0.288 | گونه درختی (Tree species) | | 0.000 | 99.895 | 8769.471 | گونه درختی (Tree species) | |
| 0.739 | 0.113 | 0.001 | موقعیت (Position) | نیترژن کل (Total nitrogen) | 0.498 | 0.470 | 13.739 | موقعیت (Position) | نسبت C/N لاشبرگ (Litter C/N) |
| 0.937 | 0.137 | 0.003 | گونه درختی × موقعیت (TS×P) | | 0.635 | 0.575 | 50.519 | گونه درختی × موقعیت (TS×P) | |
| 0.000 | 10.668 | 5852.101 | گونه درختی (Tree species) | | 0.001 | 7.053 | 0.719 | گونه درختی (Tree species) | |
| 0.787 | 0.024 | 4.399 | موقعیت (Position) | نسبت C/N خاک (Soil C/N) | 0.868 | 0.028 | 0.001 | موقعیت (Position) | وزن مخصوص ظاهری (Bulk density) |
| 0.948 | 0.119 | 65.463 | گونه درختی × موقعیت (TS×P) | | 0.399 | 1.015 | 0.104 | گونه درختی × موقعیت (TS×P) | |
| | | | | | 0.033 | 3.281 | 2058.675 | گونه درختی (Tree species) | شن (Sand) |
| | | | | | 0.443 | 0.603 | 126.025 | موقعیت (Position) | |
| | | | | | 0.840 | 0.280 | 175.475 | گونه درختی × موقعیت (TS×P) | |

ادامه جدول ۱ -
Continue Table 1.

| مقدار معنی داری (P-value) | F مقدار (F-value) | مجموع مربعات (Sum of square) | منبع تغییرات (Variable source) | مشخصه (Character) | مقدار معنی داری (P-value) | F مقدار (F-value) | مجموع مربعات (Sum of square) | منبع تغییرات (Variable source) | مشخصه (Character) |
|---------------------------|-------------------|------------------------------|--------------------------------|--|---------------------------|-------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| 0.000 | 89.705 | 19475.711 | گونه درختی (Tree species) | | 0.001 | 7.380 | 153.000 | گونه درختی (Tree species) | |
| 0.103 | 2.822 | 204.259 | موقعیت (Position) | زیترده ریزشیه (Fine root biomass) | 0.546 | 0.372 | 25.6000 | موقعیت (Position) | سیلت (Silt) |
| 0.457 | 0.889 | 192.935 | گونه درختی × موقعیت (TS×P) | | 0.982 | 0.057 | 11.800 | گونه درختی × موقعیت (TS×P) | |
| 0.036 | 3.211 | 17.100 | گونه درختی (Tree species) | | 0.814 | 0.315 | 79.875 | گونه درختی (Tree species) | |
| 1.000 | 0.000 | 0.000 | موقعیت (Position) | تعداد کرم‌های خاکی (Earthworm density) | 0.507 | 0.451 | 38.025 | موقعیت (Position) | رس (Clay) |
| 0.573 | 0.676 | 3.600 | گونه درختی × موقعیت (TS×P) | | 0.767 | 0.382 | 96.675 | گونه درختی × موقعیت (TS×P) | |
| 0.022 | 3.666 | 2488.022 | گونه درختی (Tree species) | | 0.412 | 0.985 | 106.342 | گونه درختی (Tree species) | |
| 0.836 | 0.043 | 9.811 | موقعیت (Position) | زیترده کرم‌های خاکی (Earthworm biomass) | 0.475 | 0.521 | 18.755 | موقعیت (Position) | رطوبت (Moisture) |
| 0.593 | 0.644 | 437.014 | گونه درختی × موقعیت (TS×P) | | 0.704 | 0.471 | 50.857 | گونه درختی × موقعیت (TS×P) | |
| 0.000 | 45.069 | 0.275 | گونه درختی (Tree species) | | 0.000 | 15.713 | 12.378 | گونه درختی (Tree species) | |
| 0.555 | 0.355 | 0.001 | موقعیت (Position) | تصادد دی‌اکسید کربن (CO ₂ emission) | 0.656 | 0.202 | 0.053 | موقعیت (Position) | pH |
| 0.299 | 1.557 | 0.010 | گونه درختی × موقعیت (TS×P) | | 0.552 | 0.712 | 0.561 | گونه درختی × موقعیت (TS×P) | |

جدول ۲- میانگین (انتهای معیار) مشخصه‌های لاشبرگ و فیزیکی‌شیمیایی خاک در ارتباط با گونه‌های درختی مورد مطالعه.
 Table 2. Mean (standard error) of litter, soil physical and chemical characters in related to studied tree species.

| بلندمازو (Oak) | لرگ (False walnut) | افراپت (Maple) | مهرز (Hornbeam) | موقعیت (Position) | مشخصه (Character) | بلندمازو (Oak) | لرگ (False walnut) | افراپت (Maple) | مهرز (Hornbeam) | موقعیت (Position) | مشخصه (Character) |
|----------------|--------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|---|-----------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|--|
| 36.83 | 35.94 | 37.98 | 35.91 | کنار تنه (Near to stem) | | 59.18 | 56.69 | 43.74 | 41.16 | کنار تنه (Near to stem) | |
| 31.99 | 35.02 | 39.45 | 34.72 | دور از تنه (Away from stem) | رطوبت (درصد) Moisture (%) | 59.41 | 51.54 | 44.02 | 41.20 | دور از تنه (Away from stem) | کربن لاشبرگ (درصد) Litter carbon (%) |
| 34.41 ±2.19 | 35.48 ±0.69 | 38.72 ±1.41 | 35.32 ±2.50 | میانگین (Mean) | | 59.29 ±0.52a | 54.11 ±2.77b | 43.88 ±0.84c | 41.18 ±0.74c | میانگین (Mean) | |
| 6.02 | 6.32 | 7.05 | 7.02 | کنار تنه (Near to stem) | | 0.98 | 1.34 | 1.46 | 1.89 | کنار تنه (Near to stem) | |
| 5.77 | 5.95 | 7.21 | 7.18 | دور از تنه (Away from stem) | pH | 0.96 | 1.34 | 1.60 | 1.87 | دور از تنه (Away from stem) | نیترژن لاشبرگ (درصد) Litter nitrogen (%) |
| 5.90 ±0.17b | 6.14 ±0.18b | 7.13 ±0.14a | 7.10 ±0.12a | میانگین (Mean) | | 0.97 ±0.02d | 1.34 ±0.06c | 1.53 ±0.08b | 1.88 ±0.02a | میانگین (Mean) | |
| 0.14 | 0.23 | 0.21 | 0.29 | کنار تنه (Near to stem) | هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (ds/m) | 60.38 | 43.32 | 30.70 | 21.76 | کنار تنه (Near to stem) | |
| 0.15 | 0.22 | 0.23 | 0.29 | دور از تنه (Away from stem) | | 61.94 | 39.13 | 28.32 | 22.06 | دور از تنه (Away from stem) | نسبت C/N لاشبرگ Litter C/N |
| 0.15 ±0.00c | 0.23 ±0.01b | 0.22 ±0.01b | 0.29 ±0.00a | میانگین (Mean) | | 61.11 ±1.72a | 41.23 ±2.44b | 29.51 ±1.38c | 21.19 ±0.48d | میانگین (Mean) | |
| 3.12 | 2.37 | 1.53 | 1.15 | کنار تنه (Near to stem) | | 1.22 | 1.50 | 1.57 | 1.71 | کنار تنه (Near to stem) | |
| 3.17 | 2.01 | 1.39 | 1.10 | دور از تنه (Away from stem) | کربن آلی (درصد) Organic carbon (%) | 1.37 | 1.41 | 1.56 | 1.61 | دور از تنه (Away from stem) | وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب) Bulk density (gr/cm ³) |
| 3.15 ±0.25a | 2.19 ±0.19b | 1.46 ±0.08c | 1.13 ±0.03c | میانگین (Mean) | | 1.30 ±0.05c | 1.45 ±0.05bc | 1.57 ±0.04ab | 1.66 ±0.06a | میانگین (Mean) | |

ادامه جدول ۲ -
Continue Table 2.

| بلندمازو (Oak) | لرگ (False walnut) | افراپات (Maple) | مهرز (Hornbeam) | موقعیت (Position) | مشخصه (Character) | بلندمازو (Oak) | لرگ (False walnut) | افراپات (Maple) | مهرز (Hornbeam) | موقعیت (Position) | مشخصه (Character) |
|-----------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|---|------------------|--------------------|------------------|-----------------|-----------------------------|-------------------------|
| 0.14 | 0.20 | 0.28 | 0.34 | کنار تنه (Near to stem) | نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%) | 32.20 | 28.00 | 26.80 | 40.00 | کنار تنه (Near to stem) | شن (درصد) Sand (%) |
| 0.12 | 0.17 | 0.28 | 0.35 | دور از تنه (Away from stem) | | 38.20 | 26.00 | 28.60 | 49.40 | دور از تنه (Away from stem) | |
| 0.13 ±0.01b | 0.19 ±0.02b | 0.28 ±0.02a | 0.35 ±0.03a | میانگین (Mean) | | 35.70 ±4.29ab | 27.00 ±2.04b | 27.70 ±4.04b | 44.70 ±6.22a | میانگین (Mean) | |
| 31.67 | 13.81 | 6.00 | 3.87 | کنار تنه (Near to stem) | نسبت C/N خاک (Soil C/N) | 37.60 | 44.40 | 42.00 | 29.60 | کنار تنه (Near to stem) | سیلت (درصد) Silt (%) |
| 36.73 | 12.51 | 5.33 | 3.42 | دور از تنه (Away from stem) | | 35.80 | 44.20 | 40.80 | 26.40 | دور از تنه (Away from stem) | |
| 34.20 ±7.86a | 13.16 ±1.80b | 5.66 ±0.66b | 3.65 ±0.45b | میانگین (Mean) | | 36.70 ±2.42b | 44.30 ±2.42a | 41.40 ±2.80ab | 28.00 ±2.24c | میانگین (Mean) | |
| | | | | کنار تنه (Near to stem) | رسی (درصد) Clay (%) | 29.20 | 27.60 | 31.20 | 30.40 | کنار تنه (Near to stem) | رسی (درصد) Clay (%) |
| | | | | دور از تنه (Away from stem) | | 26.00 | 29.80 | 30.60 | 24.20 | دور از تنه (Away from stem) | |
| | | | | میانگین (Mean) | | 27.60 ±2.16 | 28.70 ±2.28 | 30.90 ±1.68 | 27.30 ±4.33 | میانگین (Mean) | |

حروف انگلیسی در داخل جدول بیانگر وجود تفاوت آماری معنی‌دار می‌باشد.

The english letters within table are indicating of significant statistical differences.

جدول ۳- همبستگی پیرسون (سطح معنی داری) بین شاخص‌های زیستی با مشخصه‌های لاشیرگ و خاک.

| Table 3. Pearson correlation (significant level) between biological indices with litter and soil features. | | | | | | | | | |
|--|----------------|----------------|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-----------------------------|---|--|--|
| رس (Clay) | سیلت (Silt) | شن (Sand) | وزن مخصوص ظاهری (Bulk density) | لاشیرگ C/N (Litter C/N) | نیتروژن لاشیرگ (Litter nitrogen) | کربن لاشیرگ (Litter carbon) | مشخصه (Character) | | |
| 0.084 (0.608) | 0.322 (0.043) | -0.255 (0.112) | 0.280 (0.080) | -0.474 (0.002) | 0.319 (0.045) | -0.29 (0.070) | زیتوده ریزریشه (Fine root biomass) | | |
| -0.302 (0.058) | -0.156 (0.338) | 0.272 (0.090) | 0.283 (0.077) | -0.469 (0.002) | 0.468 (0.002) | -0.319 (0.045) | تعداد کرم‌های خاکی (Earthworm density) | | |
| -0.157 (0.335) | -0.049 (0.763) | 0.121 (0.459) | 0.313 (0.049) | -0.482 (0.002) | 0.488 (0.001) | -0.299 (0.061) | زیتوده کرم‌های خاکی (Earthworm biomass) | | |
| -0.149 (0.359) | -0.266 (0.097) | 0.256 (0.111) | 0.407 (0.009) | -0.814 (0.000) | 0.737 (0.000) | -0.737 (0.000) | تصاعد دی‌اکسیدکربن (CO ₂ emission) | | |
| مشخصه (Character) | | | | | | | | | |
| خاک (Soil C/N) | | | | | | | | | |
| | | | | هدایت الکتریکی (EC) | pH | رطوبت (Moisture) | | | |
| | | | | | | | زیتوده ریزریشه (Fine root biomass) | | |
| | | | | | | | تعداد کرم‌های خاکی (Earthworm density) | | |
| | | | | | | | زیتوده کرم‌های خاکی (Earthworm biomass) | | |
| | | | | | | | تصاعد دی‌اکسیدکربن (CO ₂ emission) | | |

بحث

زیتوده ریزیشه: مرور منابع (۲۶، ۵۴) بیانگر تأثیر گونه‌های درختی مختلف بر تغییرپذیری زیتوده ریزیشه‌ها در بخش زیرین خاک می‌باشد. در پژوهش حاضر نیز مقدار زیتوده ریزیشه در خاک تحتانی گونه لرگ بیش‌تر از زیتوده ریزیشه سایر گونه‌های مورد بررسی بود. وجود این اختلاف ممکن است به دلیل استراتژی‌های گونه‌های مختلف در استفاده از منابع غذایی و تولید ریزیشه در لایه تحتانی خاک باشد که در پژوهش‌های مک‌کورمک (۲۰۱۴) نیز به آن اشاره شده است (۲۷). غلظت نیتروژن فاکتور مهم و تأثیرگذار در تجزیه لاشبرگ است و میزان تجزیه را محدود می‌کند (۴۱). در این پژوهش نیز بین زیتوده ریزیشه و نرخ نیتروژن همبستگی مثبت وجود دارد. در کل درختان از طریق کنترل و جذب آب و عناصر غذایی توسط ریشه‌ها و به‌خصوص ریزیشه‌ها، فرآیند فتوسنتز در اکوسیستم جنگل را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۲۹)؛ بنابراین دلیل ثبت زیتوده زیاد ریزیشه‌ها در عمق مورد بررسی خاک (۱۵-۰ سانتی‌متری) گونه لرگ ممکن است واکنش ریشه در پاسخ به وفور محتوای مواد آلی و عناصر معدنی در لایه بالایی خاک باشد، چرا که ریزیشه‌های درختان جهت دسترسی بیش‌تر به عناصر غذایی مورد نیاز خود در سطح بیش‌تری از خاک گسترش می‌یابند (۴۲). کم بودن میزان زیتوده ریزیشه زیر تاج‌پوشش بلندمازو می‌تواند به دلیل زیاد بودن نسبت کربن به نیتروژن (در لایه لاشبرگ و خاک) و کم بودن میزان هدایت الکتریکی، که منجر به کاهش نرخ تجزیه لاشبرگ می‌شود، باشد. این موضوع منجر به کمبود مواد غذایی در لایه سطحی خاک می‌شود، چرا که بالا بودن میزان هدایت الکتریکی ناشی از بیش‌تر بودن میزان کاتیون‌های قلیایی در محلول خاک است که در نتیجه منجر به فراهم شدن شرایط مناسب برای رویش ریشه درختان می‌شود. این در حالی است که در مطالعه

ساریلدیز (۲۰۱۵) نیز تفاوت در ترکیب شیمیایی خاک به‌خصوص نسبت کربن به نیتروژن را علت تفاوت معنی‌داری در میزان زیتوده ریزیشه سه گونه توسکا، صنوبر اروپایی و کاج اسکاتلندی بیان کردند (۴۱).

تراکم و زیتوده کرم‌های خاکی: نتایج این پژوهش بیانگر تغییرپذیری معنی‌دار تراکم و زیتوده کرم‌های خاکی در بین گونه‌های مختلف جنگلی می‌باشد که می‌تواند در نتیجه واکنش این موجودات خاکری به تغییرپذیری مشخصه‌های کیفی لاشبرگ و خاک باشد (۲۲). پژوهش‌های پیشین (۲۱، ۲۲) نشان داده که مؤثرترین عامل وفور و زیتوده کرم‌های خاکی در جنگل‌های پایین‌بند نسبت کربن به نیتروژن خاک می‌باشد. نتایج مطالعه حاضر نیز نشان داد بین زیتوده و وفور کرم‌های خاکی با نسبت کربن به نیتروژن در لاشبرگ و خاک نیز همبستگی معنی‌داری وجود دارد. به‌طورکلی اکثر کرم‌های خاکی محیط‌های با مواد غذایی غنی و لاشبرگ‌هایی که نسبت کربن به نیتروژن پایین‌تری دارند را ترجیح می‌دهند (۵۱). نیرینک و همکاران (۲۰۰۰) در پژوهش‌های خود نشان دادند که نسبت‌های پایین کربن به نیتروژن در زیر تاج‌پوشش گونه‌های افرا باعث تجمع کرم‌های خاکی در لایه سطحی خاک شده است. بیش‌ترین نسبت کربن به نیتروژن در لاشبرگ و خاک این پژوهش در پوشش جنگلی بلندمازو مشاهده شد؛ در مقابل کم‌ترین زیتوده و وفور کرم‌های خاکی نیز در پوشش جنگلی بلندمازو ثبت گردید (۳۴). مطالعه شوارز (۲۰۱۵) نیز کم بودن میزان زیتوده کرم‌های خاکی در بین گونه‌های لاریکس و کاج را بالا بودن نسبت کربن به نیتروژن و نرخ لیگنین بیان نمودند. آن‌ها همچنین بیان کردند که تأثیر نوع گونه‌های مختلف از تأثیر تنوع گونه‌ای بر میزان زیتوده کرم‌های خاکی بیش‌تر است. تجزیه لاشبرگ گونه بلوط نسبت به گونه‌های لرگ، افرا و ممرز بسیار به‌کندی انجام می‌گیرد، از این‌رو مقدار کربن و نسبت کربن به نیتروژن در خاک پوشش این گونه بیش‌تر

بوده و همچنین مواد غذایی اندکی در اختیار جانوران خاکزی قرار می‌دهد (۴۴). در نتیجه علت پایین بودن میزان زیتوده و وفور کرم‌های خاکی در خاک پای گونه بلوط می‌تواند بالا بودن میزان کربن و نسبت کربن به نیتروژن در آن خاک باشد (۴۳). به‌طور کلی گونه‌های درختی به طرق مستقیم (کیفیت لاشبرگ و مواد آلی) و یا غیرمستقیم (ایجاد سایه، حفاظت خاک، جذب آب و مواد غذایی) بر روی وفور و زیتوده کرم‌های خاکی اثرگذارند (۳۳).

تصاعد دی‌اکسیدکربن خاک: مرور منابع (۱۱، ۲۵، ۵۳، ۵۵) بیانگر تأثیر مختلف گونه‌های جنگلی بر میزان تصاعد دی‌اکسیدکربن خاک می‌باشد. در پژوهش حاضر نیز میزان تصاعد دی‌اکسیدکربن خاک از بخش تحتانی گونه‌های مختلف درختی متفاوت بوده است. از جمله دلایلی که می‌توان برای کم بودن میزان تصاعد دی‌اکسیدکربن در گونه بلوط عنوان کرد، اشاره به پایین بودن نرخ تجزیه لاشبرگ و در نتیجه بیش‌تر بودن نسبت کربن به نیتروژن در خاک زیر تاج‌پوشش این گونه می‌باشد (۴۵). هم‌راستا با این نتایج، گرایستون و پرسکات (۲۰۰۵) نیز بالا بودن مقدار نسبت کربن به نیتروژن را عامل کم‌بودن میزان تصاعد دی‌اکسیدکربن از خاک عنوان نمودند (۱۳). به‌طوری‌که در نتیجه تجزیه آهسته لاشبرگ و به دنبال آن تأخیر در بازگشت عناصر به خاک، از میزان تصاعد دی‌اکسیدکربن از خاک زیر تاج‌پوشش بلوط کاسته می‌شود. گونه‌های درختی به واسطه کربن موجود در بافت‌های روزمینی و زیرزمینی خود روی چرخه کربن و در نهایت روی ریزجانداران خاکزی اثر متفاوتی می‌گذارند. بدیهی است که مواد آلی موجود در خاک آثار مهمی بر خصوصیات زیستی خاک دارد و کلید بقای حاصل‌خیزی است؛ از طرف دیگر مواد آلی خاک نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان تصاعد دی‌اکسیدکربن دارد. بنابراین کم بودن نرخ تصاعد

دی‌اکسیدکربن در زیر گونه بلوط را می‌توان به کم بودن نرخ تجزیه لاشبرگ و تجمع مواد آلی نسبت داد (۵۳). در پژوهش توماس و گلیسنر (۲۰۱۳) کیفیت لاشبرگ (برگ و ریشه) به‌عنوان مؤثرترین عامل بر میزان تصاعد دی‌اکسیدکربن از خاک عنوان گردید (۴۵). در پژوهش حاضر بین نرخ تصاعد دی‌اکسیدکربن و میزان کربن آلی و نسبت کربن به نیتروژن همبستگی منفی و معنی‌دار وجود دارد؛ این نتیجه به‌دلیل این است که در کل نرخ تجزیه با افزایش نسبت کربن به نیتروژن کاهش می‌یابد (۳۶). بررسی‌های گذشته (۶، ۹، ۳۶، ۳۸) نشان داده که بین میزان تصاعد دی‌اکسیدکربن و فاکتورهایی نظیر pH، بافت، نرخ مواد آلی و نسبت کربن به نیتروژن رابطه قوی وجود دارد. به‌طورکلی با توجه به همبستگی بالا بین تصاعد دی‌اکسیدکربن با اکثر شاخص‌های فیزیکوشیمیایی خاک و لاشبرگ گونه‌های مورد بررسی در نهایت می‌توان بیان داشت که مشخصه تنفس میکروبی خاک پارامتر بسیار حساس و تغییرپذیری به تغییرات مشخصه‌های لاشبرگ و خاک متأثر از گونه‌های درختی مختلف می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش بیانگر آنست که حضور درختان جنگلی مختلف تأثیر متفاوت قابل‌توجهی بر شاخص‌های زیستی و همچنین مشخصه‌های کیفی لاشبرگ و فیزیکوشیمیایی خاک سطحی دارند و شاخص‌های زیستی بیش‌تر متأثر از مشخصه‌های کیفی لاشبرگ و شیمی خاک می‌باشند. بیش‌ترین زیتوده ریزش به‌طور معنی‌دار به خاک زیرین گونه لرگ اختصاص داشته و گونه‌های افراپلت، ممرز و بلندمازو در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. تراکم بیش‌تر کرم‌های خاکی به خاک تحتانی گونه ممرز تعلق داشته و تفاوت آماری معنی‌داری را با گونه‌های درختی افراپلت، لرگ و بلندمازو نشان داد. زیتوده کرم‌های

گونه پهن‌برگ جهت احیای مناطق تخریب‌یافته بخش جلگه‌ای شمال کشور به مدیران کمک شایانی نماید، به‌طوری‌که در مجموع به‌نظر می‌رسد گونه درختی ممرز توانسته است مشخصه‌های خاک مورد مطالعه را بیش‌تر از گونه‌های درختی دیگر بهبود بخشد.

خاکی در بخش تحتانی بلندمازو به‌طور معنی‌داری کم‌تر از گونه‌های درختی افراپلت، لرگ و ممرز بوده است. بالاترین مقدار تصاعد دی‌اکسیدکربن از خاک، به‌طور معنی‌دار به‌ترتیب تحت پوشش درختی ممرز، افراپلت، لرگ و بلندمازو مشاهده شد. نتایج این پژوهش می‌تواند در خصوص اولویت‌بندی انتخاب

منابع

1. Alef, K. 1995. Estimating of soil respiration. P 464-470, In: K. Alef and P. Nannipieri (Eds.), Methods in soil microbiology and biochemistry, Academic Press, New York.
2. Asshoff, R., Scheu, S., and Eisenhauer, N. 2010. Different earthworm ecological groups interactively impact seedling establishment. *Europ. J. Soil Biol.* 46: 330-334.
3. Augusto, L., Ranger, J., Binkley, D., and Rothe, A. 2002. Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Annals of Forest Science.* 59: 233-253.
4. Blouin, M., Hodson, M.E., Delgado, E.A., Baker, G., Brussaard, L., Butt, K.R., and Brun, J.J. 2013. A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services. *Europ. J. Soil Sci.* 64: 161-182.
5. Brassard, B.W., Chen, H.Y.H., Bergeron, Y., and David, P. 2011. Coarse root biomass allometric equations for *Abies balsamea*, *Picea mariana*, *Pinus banksiana* and *Populus tremuloides* in the boreal forest of Ontario, Canada. *Biomass and Bio energy.* 35: 4189-4196.
6. Brockett, B.F.W., Prescott, C.E., and Grayston, S.J. 2012. Patterns in forest soil microbial community composition across a range of regional climates in western Canada. *Soil Biology & Biochemistry.* 44: 9-20.
7. Esmailzadeh, O., Hosseini, S.M., Asadi, H., and Ahmadi, A. 2010. Study on *Lymantria dispar* in plain forests of Noor. *Iran. J. Natur. Ecosyst.* 1: 47-62. (In Persian)
8. Ewing, H.A., Tuininga, A.R., Groffman, P.M., Weathers, K.C., Fahey, T.J., Fisk, M.C., and Suarez, E. 2015. Earthworms reduce biotic 15-nitrogen retention in northern Hardwood forests. *Ecosystems.* 18: 328-342.
9. Fierer, N., Strickland, M.S., Liptzin, D., Bradford, M.A., and Cleveland, C.C. 2009. Global patterns in belowground communities. *Ecology Letters.* 12: 1238-1249.
10. Gallardo, A. 2003. Effect of tree canopy on the spatial distribution of soil nutrients in a Mediterranean Dehesa. *Pedobiologia.* 47: 117-125.
11. Gartzia-Bengoetxea, N., Kandeler, E., de Arano, I.M., and Arias-González, A. 2016. Soil microbial functional activity is governed by a combination of tree species composition and soil properties in temperate forests. *Applied Soil Ecology.* 100: 57-64.
12. Ghazanshahi, J. 2006. Soil and plant analysis. Hooma Publication, 272p. (In Persian)
13. Grayston, S.J., and Prescott, C.E. 2005. Microbial communities in forest floors under four tree species in coastal British Columbia. *Soil Biology and Biochemistry.* 37: 1157-1167.
14. Gurmessa, G.A., Schmidt, I.K., Gundersen, P., and Vesterdal, L. 2013. Soil carbon accumulation and nitrogen retention traits of four tree species grown in common gardens. *Forest Ecology and Management.* 309: 47-57.
15. Hagen-Thorn, A., Callesen, I., Armolaitis, K., and Nihlgard, B. 2004. The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantations on former agricultural land. *Forest Ecology and Management.* 195: 373-384.
16. Hale, C.M., and Host, G.E. 2005. Assessing the impacts of European earthworm invasions in beech-maple hardwood and aspen-fir boreal forests of the western Great Lakes region. Natural Resources Research Institute, Center for Water and the Environment, University of Minnesota Duluth.

17. Holdsworth, A.R., Frelich, L.E., and Reich, P.B. 2012. Leaf litter disappearance in earthworm-invaded northern hardwood forests: role of tree species and the chemistry and diversity of litter. *Ecosystems*. 15: 913-926.
18. Jafari Haghighi, M. 2003. Soil analysis methods. Nedaye Zohi Publication, 236p. (In Persian)
19. Kooch, Y., and Zoghi, Z. 2014. Comparison of soil fertility of *Acer insigne*, *Quercus castaneifolia*, and *Pinus brutia* stands in the Hyrcanian forests of Iran. *Chine. J. Appl. Environ. Biol.* 20: 899-905.
20. Kooch, Y., Hosseini, S.M., Mohammadi, J., and Hojjati, S.M. 2013. Variability of soil physical indicators imposed by Beech and Hornbeam individual trees in a local scale. *Biodiversitas*. 14: 25-30.
21. Kooch, Y., Hosseini, S.M., Scharenbroch, B.C., Hojjati, S.M., and Mohammadi, J. 2015. Pedodiversity analysis in the Caspian forests of Iran. *Geoderma Regional*. 5: 4-14.
22. Kooch, Y., Jalilvand, H., Bahmanyar, M.A., and Pormajidian, M.R. 2009. Distribution of earthworms and their relation with some soil properties. *Pajohesh-Sazandegi J.* 83: 18-27. (In Persian)
23. Kooch, Y., Zaccone, C., Lamersdorf, N.P., and Tonon, G. 2014. Pit and mound influence on soil features in an Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forest. *Europ. J. For. Res.* 133: 347-354.
24. Loss, S.R., Hueffmeier, R.M., Hale, C.M., Host, G.E., Sjerven, G., and Frelich, L.E. 2013. Earthworm Invasions in Northern Hardwood Forests: a rapid assessment method. *Natur. Areas J.* 33: 21-30.
25. Makita, N., and Fujii, S. 2015. Tree species effects on microbial respiration from decomposing leaf and fine root litter. *Soil Biology and Biochemistry*. 88: 39-47.
26. Makkonen, K., and Helmissaari, H.S. 2001. Fine root biomass and production in Scot pine stand in relation to stand age. *Tree Physiology*. 21: 193-198.
27. McCormack, M.L. 2014. Variability in root production, phenology and turnover rate among 12 temperate tree species. *Ecology*. 95: 2224-2235.
28. Mismir, N., and Mismir, M. 2012. Root biomass and carbon storage in *Abies nordmanniana* Stands. *J. For. Fac.* 6: 225-227.
29. Munoz, F., and Beer, J. 2001. Fine root dynamics of shaded cacao plantations in Costa Rica. *Agro forestry System*. 51: 119-130.
30. Muoghalu, J.I., and Oakhumen, A. 2000. Nutrient content of incident rainfall throughfall and stemflow in a Nigerian secondary lowland rainforest. *Applied Vegetation Science*. 3: 181-188.
31. Muys, B., Lust, N., and Granval, P.H. 1992. Effects of grassland afforestation with different tree species on earthworm communities, litter decomposition and nutrient status. *Soil Biology and Biochemistry*. 24: 1459-1466.
32. Neatrou, M.A., Jones, R.H., and Golladay, S.W. 2005. Correlations between soil nutrients availability and fine- root biomass at two spatial scales in forested wetlands with contrasting hydrological regimes. *NRC Research Press*. 35: 2934-2941.
33. Neher, D.A. 1999. Soil community composition and ecosystem processes: comparing agricultural ecosystems with natural ecosystems. *Agroforestry Systems*. 45: 159-185.
34. Neiryneck, J., Mirtcheva, S., Sioen, G., and Lust, N. 2000. Impact of *Tilia platyphyllos* Scop. *Fraxinus excelsior* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Quercus robur* L. and *Fagus sylvatica* L. on earthworm biomass and physico-chemical properties of loamy topsoil. *Forest Ecology and Management*. 133: 275-286.
35. Petersen, J., Hansen, B., and Sorensen, P. 2000. Carbon storage in natural ecosystems. *Europ. J. Soil Sci.* 21: 81-92.
36. Prescott, C.E., and Grayston, S.J. 2013. Tree species influence on microbial communities in litter and soil: current knowledge and research needs. *Forest Ecology and Management*. 309: 19-27.
37. Qiu, Q., Li, J.Y., Wang, J.H., He, Q., Su, Y., and Wei, J. 2014. Interactions between Soil Water and Fertilizer Application on Fine Root Biomass Yield and Morphology of *Catalpa bungei* Seedlings. *Applied Mechanics and Materials*. 700: 323-333.

38. Rousk, J., Baath, E., Brookes, P.C., Lauber, C.L., Lozupone, C., Caporaso, J.G., Knight, R., and Fierer, N. 2010. Soil bacterial and fungal communities across a pH gradient in an arable soil. *ISME J.* 4: 1340-1351.
39. Sah, S.P., Jungner, H., Oinonen, M., Kukkola, M., and Helmisaari, H.S. 2011. Does the age of fine root carbon indicate the age of fine roots in boreal forests? *Biogeochemistry.* 104: 91-102.
40. Saiz, G., Byrne, K.A., Butterbach-Bahl, K., Kiese, R., Blujdea, V., and Farrell, E.P. 2006. Stand age-related effects on soil respiration in a first rotation Sitka spruce chronosequence in central Ireland. *Global Change Biology.* 12: 1007-1020.
41. Sariyildiz, T. 2015. Effects of tree species and topography on fine and small root decomposition rates of three common tree species (*Alnus glutinosa*, *Picea orientalis* and *Pinus sylvestris*) in Turkey. *Forest Ecology and Management.* 335: 71-86.
42. Sayer, E.J., Tanner, E.V.J., and Cheesman, A.W. 2006. Increased litterfall changes fine root distribution in a moist tropical forest. *Plant and Soil.* 281: 5-13.
43. Schrijver, A., Frenne, P., Staelens, J., Verstraeten, G., Muys, B., Vesterdal, L., and Verheyen, K. 2012. Tree species traits cause divergence in soil acidification during four decades of postagricultural forest development. *Global Change Biology.* 18: 1127-1140.
44. Schwarz, B. 2015. Non-significant tree diversity but significant identity effects on earthworm communities in three tree diversity experiments. *Europ. J. Soil Biol.* 67: 17-26.
45. Thoms, C., and Gleixner, G. 2013. Seasonal differences in tree species' influence on soil microbial communities. *Soil Biology and Biochemistry.* 66: 239-248.
46. Thoms, C., Gattinger, A., Jacob, M., Thomas, F.M., and Gleixner, G. 2010. Direct and indirect effects of tree species diversity drive soil microbial diversity in temperate deciduous forest. *Soil Biology and Biochemistry.* 42: 1558-1565.
47. Ushio, M., Kitayama, K., and Balsler, T.C. 2010. Tree species-mediated spatial patchiness of the composition of microbial community and physicochemical properties in the topsoils of a tropical montane forest. *Soil Biology and Biochemistry.* 42: 1588-1595.
48. Wang, C.H., Wan, S.Q., Xing, X.R., Zhang, L., and Han, X.G. 2006. Temperature and soil moisture interactively affected soil net N mineralization in temperate grassland in Northern China. *Soil Biology and Biochemistry.* 38: 1101-1110.
49. Wang, W., Wei, X., Liao, W., Blanco, J.A., Liu, Y., Zhang, L., and Guo, S. 2013. Evaluation of the effects afforests management strategies on carbon sequestration in evergreen broad-leaved (*Phoebe bournei*) plantation forests using forest ecosystem model. *Forest Ecology and Management.* 300: 21-32.
50. Weand, M.P., Arthur, M.A., Lovett, G.M., McCulley, R.L., and Weathers, K.C. 2010. Effects of tree species and N additions on forest floor microbial communities and extracellular enzyme activities. *Soil Biology and Biochemistry.* 42: 2161-2173.
51. Wood, M. 1995. *Environmental soil biology*, 2nd ed., Blackie Academic and Professional, Glasgow, 150p.
52. Yatso, K.N., and Lilleskov, E.A. 2016. Effects of tree leaf litter, deer fecal pellets and soil properties on growth of an introduced earthworm (*Lumbricus terrestris*): Implications for invasion dynamics. *Soil Biology and Biochemistry.* 94: 19-181.
53. Yavitt, J.B., and Williams, C.J. 2015. Linking tree species identity to anaerobic microbial activity in a forested wetland soil via leaf litter decomposition and leaf carbon fractions. *Plant and Soil.* 390: 293-305.
54. Yuan, Z., and Chen, H.Y. 2010. Fine root biomass, production, turnover rates and nutrient contents in boreal forest ecosystems in relation to species, climate, fertility and stand age: literature review and meta-analyses. *Critical Reviews in Plant Sciences.* 29: 204221.
55. Zifcakova, L., Vetrovsky, T., Howe, A., and Barldrian, P. 2016. Microbial activity in forest soil reflects the changes in ecosystem properties between summer and winter. *Environmental Microbiology.* 18: 288-301.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 23(5), 2017
<http://jwsc.gau.ac.ir>

The effect of tree covers on topsoil biological indices in a plain forest ecosystem

B. Samadzadeh¹, *Y. Kooch² and S.M. Hosseini³

¹M.Sc. Student, Dept. of Forestry, Tarbiat Modares University, ²Assistant Prof., Dept. of Forestry, Tarbiat Modares University, ³Professor, Dept. of Forestry, Tarbiat Modares University

Received: 12/13/2015; Accepted: 07/27/2016

Abstract

Background and Objectives: Soil, as an important part of the ecosystems, are affected by tree species with differences in their aboveground and underground biomass, canopy structure, litter quality and quantity under the same field condition. Regarding to the importance of recognizing and studying biological properties, appropriate indices to assess the soil quality and health, the variability of topsoil fine root biomass, earthworm density/biomass and CO₂ emissions for each species of native broadleaf species (*Carpinus betulus*, *Pterocarya fraxinifolia*, *Quercus castaneifolia* and *Acer velutinum*) in plain areas of northern Iran is studied.

Materials and Methods: After field trip in a plain forest area located in Noor city, groups (spots) of the pointed broad-leaved species were recognized and five replications of each species were considered in same diameter class. Litter and soil samplings were carried out under each tree in northern way. Samplings were taken from two positions (near and away from the main stem) in the growing season (July) with microplots of 30×30×15 cm.

Results: Analysis of variance for litter quality, soil physical (except clay and moisture) and chemical properties showed statistically significant differences among studied tree species. Greater amounts of soil fine root biomass were significantly measured under *Pterocarya fraxinifolia* (92.79 g m⁻²) whereas the species of *Acer velutinum* (71.46 g m⁻²), *Carpinus betulus* (62.21 g m⁻²) and *Quercus castaneifolia* (31.44 g m⁻²) were next in the ranking. The highest earthworm density was significantly recorded under *Carpinus betulus* (2.50 n m⁻²), *Acer velutinum* and *Pterocarya fraxinifolia* (1.90 n m⁻²) and *Quercus castaneifolia* (0.7 n m⁻²) respectively. The lower values of earthworm biomass were significantly found under *Quercus castaneifolia* (8.61 mg m⁻²), *Acer velutinum* (24.21 mg m⁻²), *Pterocarya fraxinifolia* (24.66 mg m⁻²) and *Carpinus betulus* (29.59 mg m⁻²) respectively. The highest soil CO₂ emission were significantly observed under *Carpinus betulus* (0.47 mg CO₂-C g_{soil}⁻¹ day⁻¹), *Acer velutinum* (0.44 mg CO₂-C g_{soil}⁻¹ day⁻¹), *Pterocarya fraxinifolia* (0.32 mg CO₂-C g_{soil}⁻¹ day⁻¹) and *Quercus castaneifolia* (0.27 mg CO₂-C g_{soil}⁻¹ day⁻¹) respectively. According to results, litter quality and soil properties were not affected by sampling positions. The finding of correlation is indicating that soil biological indices are more influenced by litter quality and soil chemistry.

Conclusion: The result of this research is showing that forest trees have significantly different effects on soil biological indices, as well as physico-chemical and litter quality properties. Our findings can be used by forest managers due to priorities of broad-leaved species to restore of degraded areas of the northern plains of Iran.

Keywords: Soil quality, Fine root biomass, Earthworm biomass, CO₂ emission

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

