



دانشگاه گواران، دانشکده منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیست و هشتم، شماره دوم، ۱۴۰۰

۱۰۷-۱۲۲

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

DOI: 10.22069/jwfst.2021.19010.1923

## اثر ترکیب‌های تاج‌پوشش راش (*Fagus orientalis* Lipsky) و ممرز (*Carpinus betulus* L.) بر مشخصه‌های زیستی خاک در ناحیه هیرکانی

مهدی میردار هریجانی<sup>۱\*</sup>، سیدمحمد حجتی<sup>۲</sup>، محمدرضا پورمجیدیان<sup>۳</sup> و یحیی کوچ<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی دکتری علوم جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران،

<sup>۲</sup>استاد گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران،

<sup>۳</sup>استاد بازنشسته گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران،

<sup>۴</sup>دانشیار گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۰۱

### چکیده

**سابقه و هدف:** توده جنگلی نقش مهمی در عملکرد بوم‌سازگان، کمیت و کیفیت ماده آلی تولیدشده، عناصر غذایی و در نتیجه شاخص‌های زیستی خاک دارد. اثر گونه‌های درختی خزان‌کننده در توده‌های خالص و آمیخته بر روی فرآیندهای خاک، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی تغییرپذیری برخی از مشخصه‌های زیستی خاک در توده‌های جنگلی راش و ممرز با نسبت ترکیب معین انجام شد که تاکنون گزارشی از آن مشاهده نشده است.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه ۵ ترکیب توده جنگلی (۱. راش خالص، ۲. ممرز خالص، ۳. راش و ممرز، ۴. راش - ممرز، ۵. ممرز - راش) با ۵ تکرار در هر توده و نمونه‌برداری در ۳ بخش (شرق، مرکز و غرب) ناحیه رویشی هیرکانی (مجموعاً ۷۵ قطعه نمونه) در نظر گرفته شد. نمونه‌برداری به صورت قطعه‌نمونه انتخابی، به شکل دایره‌ای در مرکز هر توده، با مساحت ۱۰ آر و شرایط یکسان جهت دامنه (شمال شرقی)، شیب (۶۰-۳۰ درصد)، ارتفاع از سطح دریا (میانگین ۱۲۰۰ متر) و توده دارای درختان میان‌سال (قطر ۶۰-۴۰ سانتی‌متر) برای برداشت هر قطعه‌نمونه (جهت برقراری شرایط یکسان) در نظر گرفته شده است. نمونه‌برداری از لایه‌های آلی و خاک معدنی از سطح ۲۵×۲۵ و عمق ۱۰-۱۰ سانتی‌متر در مرکز و چهار جهت اصلی قطعه‌نمونه صورت پذیرفت. تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از تجزیه واریانس ANOVA و مقایسات چندگانه دانکن در نرم‌افزار SPSS 20، هم‌چنین با استفاده از تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی یا PCA به وسیله نرم‌افزار PC-Ord V. 5. 0 صورت پذیرفت.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد، کربن لایه آلی در توده راش خالص (۴۹/۷۳ درصد) و نیتروژن لایه آلی در توده ممرز خالص (۲/۵۷ درصد) تفاوت معنی‌دار داشته و بالاترین مقدار را دارد. کربن آلی (۵/۱۷ درصد) و نسبت کربن به نیتروژن

\* مسئول مکاتبه: mahdi.mirdar@gmail.com

(۲۸/۱۷) خاک در توده راش خالص دارای تفاوت معنی‌دار بوده و بیش‌ترین مقدار را نشان داد، درحالی‌که واکنش (pH) (۷/۱۰) و نیتروژن (۰/۵۰ درصد) خاک در توده ممرز خالص دارای تفاوت معنی‌دار بوده و مقادیر بالاتری را نشان داد. زی‌توده ریز ریشه (۹۳/۳۶ گرم بر مترمربع)، تراکم و زی‌توده کل گروه‌های اکولوژیک کرم‌های خاکی (به ترتیب ۲/۴۷ عدد در مترمربع و ۳۲/۰۸ میلی‌گرم در مترمربع) و تنفس میکروبی (۰/۵۳ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در گرم خاک در روز) در توده ممرز خالص دارای تفاوت معنی‌دار بوده و بیش‌ترین مقادیر را نسبت به سایر توده‌های مورد مطالعه نشان داد. در این پژوهش تجزیه و تحلیل مجموع مشخصه‌های مورد بررسی بر روی محورهای اول و دوم آنالیز PCA به ترتیب ۴۷/۶۲ و ۱۴/۲۲ درصد واریانس را توجیه می‌کند که بیش‌ترین فعالیت زیستی مورد بررسی خاک را در توده‌های ممرز خالص و ممرز غالب نسبت به راش خالص و راش غالب نشان می‌دهد.

**نتیجه‌گیری:** به‌طور کلی نتایج این بررسی بیانگر آن است که ترکیب گونه درختی ممرز در توده‌های راش، سبب تفاوت‌های قابل توجهی بر بهبود شاخص‌های زیستی خاک می‌شود که در تنظیم آمیختگی و جنگل‌کاری در جنگل‌های تخریب یافته، بر حضور گونه ممرز در توده راش خالص تأکید می‌شود. از یافته‌های این بررسی می‌توان در اولویت‌بندی انتخاب توده‌هایی متشکل از گونه‌های درختی راش و ممرز جهت تنظیم آمیختگی در عملیات پرورشی و احیای مناطق جنگلی تخریب یافته شمال کشور بهره برد؛ بنابراین، پیشنهاد می‌شود که در هنگام عملیات نشانه‌گذاری، برنامه‌ریزی‌های مدیریتی و جنگل‌کاری در رویشگاه‌های این دو گونه، حفظ آمیختگی آن‌ها در اولویت قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** تنفس میکروبی، جنگل پهن‌برگ، زی‌توده ریز ریشه، کرم خاکی، لایه آلی

#### مقدمه

مهمی در بوم‌سازگان‌های جنگلی است که بر تجمع مواد آلی و در نتیجه جوامع زیستی در خاک جنگل تأثیر می‌گذارد (۲۴). یانگ و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند که تفاوت در میزان فعالیت زیستی خاک با کربن آلی، نیتروژن کل و واکنش (pH) خاک در ارتباط است که از توده‌های جنگلی رویشگاه تأثیر می‌پذیرد (۳۷). هم‌چنین، کیفیت بهتر منابع لایه آلی (ضخامت کم‌تر، میزان کربن پایین‌تر و نیتروژن زیاد) به واسطه تغییر در نوع پوشش گیاهی، به‌طور مستقیم بر فراوانی و ترکیب موجودات زنده خاک اثر می‌گذارد و می‌تواند تأثیر مستقیمی بر فعالیت و پراکندگی موجودات خاک‌زی داشته باشد (۵، ۱۹ و ۲۲)؛ بنابراین برهم‌کنش بین کیفیت لایه بستر، ماکروفون‌ها و تجزیه‌کنندگان، کنترل‌کننده اساسی تجزیه مواد آلی و رهاسازی مواد غذایی است (۱۰).

تاج‌پوشش درختان منبع اصلی لاشریزه است و تفاوت گونه‌ها از نظر ترکیب و ساختار تاج‌پوشش موجب تفاوت در مقدار و ترکیب لاشبرگ تولیدشده می‌شود (۲۹). تأثیر گونه‌های درختی بر روی چرخه عناصر غذایی در بوم‌سازگان جنگل، هنگام تغییر ترکیب توده‌های جنگلی مهم می‌باشد. چراکه ترکیب گونه‌های درختی یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های تعیین کیفیت و کمیت لاشبرگ و ورودی مواد آلی در خاک جنگل می‌باشد (۴۰) که بر چرخه کربن، نیتروژن و دیگر عناصر غذایی خاک جنگل تأثیرگذار هستند (۱۸). هرگونه درختی در جنگل نیازهای تغذیه‌ای مشخصی دارد. هم‌چنین مقدار لاشریزی و در نتیجه میزان مشخصی از عناصر را به خاک باز می‌گرداند (۱۸)؛ بنابراین، تغییر در گونه‌های درختی و یا حتی اختلاط گونه‌ها و در نتیجه کیفیت لایه آلی، محرک

جوامع زیستی ممکن است سبب تغییر در زنجیره غذایی خاک شود و چرخه کربن و مواد مغذی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۸). فعالیت‌های زیستی بالا، تأثیر مثبتی را برای چرخه مواد مغذی در خاک معدنی فراهم می‌کند و جانوران خاک، یکی از مهم‌ترین فاکتورهای ارزیابی کیفیت و سلامت خاک هستند که نقش حیاتی را در چرخه انرژی می‌گذارند. به‌طور کلی موجودات خاک‌زی بر پویایی مواد آلی اثرگذار هستند و در میان این موجودات، کرم‌های خاکی بیش‌ترین زی‌توده بی‌مهرگان خاک را تشکیل می‌دهند که فراوانی و زی‌توده آن‌ها تحت تأثیر توده‌های جنگلی رویشگاه می‌باشد. درختان ممرز دارای مواد آلی با سرعت تجزیه بالا هستند و درختان راش تولیدکننده لایه مواد آلی با سرعت تجزیه کم بیان می‌شوند، چراکه اگر لاشبرگ حاوی مقدار زیادی نیتروژن باشد، سریع‌تر تجزیه می‌شود و غذایی باکیفیت بالا برای موجودات زنده تجزیه‌کننده است (۲۴). هوانگ و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که واکنش (pH) خاک و نیتروژن کل از عوامل اصلی تأثیرگذار بر جوامع کرم‌های خاکی هستند (۱۶). هم‌چنین بیان شده است، کرم‌های خاکی عموماً در زیر درختانی که دارای لایه آلی خوش‌خوراک‌تر هستند، حضور بیش‌تری دارند (۲۴).

تأثیر گونه‌های درختی خزان‌کننده در توده‌های آمیخته بر روی فرآیندهای زیستی خاک بوم‌سازگان، کم‌تر مورد توجه قرار گرفته شده است (۱۸)؛ بنابراین مطالعه مقایسه‌ای گونه‌های مختلف مهم می‌باشد و با بررسی شاخص‌های مرتبط با هرگونه، اطلاعاتی در مورد آن به‌دست می‌آید که در پیشنهاد گونه‌های مناسب برای هر منطقه با توجه به ویژگی‌های مناطق مشابه، مهم ارزیابی می‌شود. این موضوع گامی مؤثر در جنگلداری پایدار است. بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی تغییرپذیری برخی از مشخصه‌های

یکی از مهم‌ترین بخش‌های اثرپذیر از فعالیت‌های زیستی خاک، تنفس میکروبی می‌باشد که شاخص مناسبی برای بررسی حاصلخیزی خاک است. انتشار دی‌اکسید کربن که نتیجه تنفس میکروبی خاک است، حاصل فرآیندهای اتوتروف (ریشه و موجودات زنده خاک‌زی) و هتروتروف (میکروبی) می‌باشد. فعالیت‌های میکروبی تحت تأثیر نوع گونه درختی بوده (۲۰) و میزان بیش‌تر این مشخصه نشان‌دهنده خاک باکیفیت بالاتر است؛ زیرا هرچقدر فعالیت میکروبی بیش‌تر باشد تنفس میکروبی بیش‌تر خواهد بود (۳۶). مطالعات نشان می‌دهد که کیفیت لایه آلی گونه‌های مختلف (۳۱) و محتوای مواد مغذی خاک عامل اصلی تغییرات در میزان تنفس میکروبی خاک است (۱۲). توماس و گلیکسنر (۲۰۱۳) گزارش کردند که بین میزان تنفس میکروبی خاک و ویژگی‌های لاشبرگ گیاهی رابطه مستقیم و معنی‌داری وجود دارد. آن‌ها هم‌چنین بیان کردند که بین تنفس میکروبی خاک و مقدار کربن و نسبت کربن به نیتروژن خاک رابطه معکوس و معنی‌دار وجود دارد (۳۳). چوداک و نیکلینسکا (۲۰۱۰) نشان دادند، رویشگاه‌هایی که مقادیر بیش‌تری از ورودی مواد آلی به خاک دارند، از تنفس میکروبی بیش‌تری نیز برخوردار هستند (۳). هان و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهش خود عنوان کردند که میزان و فعالیت‌های زی‌توده ریز ریشه خاک اثرات مثبت و معنی‌داری بر تنفس میکروبی خاک دارد (۱۴). هم‌چنین بیان شد که واکنش (pH) خاک به‌شدت بر تنفس میکروبی اثرگذار است (۱۳). به‌طوری‌که در محدوده ۷ مناسب‌ترین میزان برای تنفس میکروبی است (۲۳).

پگوئرو و همکاران (۲۰۲۱) عنوان کردند که در دسترس بودن مقادیر بیش‌تر نیتروژن می‌تواند جوامع زیستی خاک را تحریک کرده و چرخه مواد مغذی را بهبود دهد. هم‌چنین آن‌ها ذکر کردند که تغییر در

دارند. بدین ترتیب در قسمت شرقی ناحیه رویشی هیرکانی، استان گلستان- شهرستان بندرگز- طرح جنگلداری سری ۲ وطناء، در قسمت مرکزی، استان مازندران- شهرستان نوشهر- طرح جامع گلبنده (طرح جنگلداری سری ۳ جمند) و در قسمت غربی، استان گیلان- شهرستان تالش- طرح جنگلداری سری ۳ ناو اسالم جهت انجام مطالعات میدانی پژوهش حاضر در نظر گرفته شده است (جدول ۱).

زیستی خاک در توده‌های جنگلی راش و ممرز با نسبت ترکیب معین انجام شد که تاکنون گزارشی از آن مشاهده نشده است.

### مواد و روش‌ها

**منطقه مورد مطالعه:** با توجه به انتخاب توده‌های راش و ممرز با نسبت ترکیب‌های معین جهت بررسی؛ مناطق مورد مطالعه در ارتفاع میان‌بند جنگل‌های هیرکانی با ارتفاع میانگین ۱۲۰۰ متر از سطح دریا قرار

جدول ۱- اطلاعات مناطق مورد مطالعه (۷، ۸، ۹).

Table 1. Information of study areas (7, 8, 9).

مشخصه/ مناطق Characteristics/Areas	وطناء- استان گلستان Vatana/ Golestan	جمند- استان مازندران Jamand/ Mazandaran	ناو- استان گیلان Nav/ Gilan
شماره سری و حوزه آبخیز District, watershed	سری ۲ حوزه آبخیز شماره ۸۴ District 2, watershed 84	سری ۳ حوزه آبخیز شماره ۴۵ District 3, watershed 45	سری ۳ حوزه آبخیز شماره ۷ District 3, watershed 7
طول جغرافیایی Longitude	۵۵° ۵۳' تا ۵۴° ۰۰' شرقی 54° 00' and 53° 55'	۵۱° ۳۰' تا ۵۱° ۳۲' شرقی 51° 30' and 51° 32'	۴۸° ۴۸' تا ۴۸° ۴۰' شرقی 48° 40' and 48° 48'
عرض جغرافیایی latitude	۳۶° ۳۸' تا ۳۶° ۴۱' شمالی 36° 41' and 36° 38'	۳۶° ۲۷' تا ۳۶° ۳۰' شمالی 36° 30' and 36° 27'	۳۷° ۴۱' تا ۳۷° ۳۶' شمالی 37° 36' and 37° 41'
حداقل دما Min. temperature	3°C	2.2°C	-2.8°C
حداکثر دما Max. temperature	32.3°C	25.6°C	25.7°C
میانگین بارش سالیانه Mean annual rainfall	736 mm	803.4 mm	819 mm
نوع سنگ مادری Bedrock	سنگ‌های دگرگون‌شده شیست سبز گرگان Metamorphic rocks of Gorgan green schist	رسوبی و آهکی همراه با ماسه‌سنگ Sedimentary and calcareous along with sandstone	شیل و ماسه‌سنگ، آرژیلیت زغالی، سیلستون Shale and sandstone, coal argillite, siltstone
تیپ خاک Soil type	قهوه‌ای جنگلی و قهوه‌ای شسته شده Forest brown and washed brown	قهوه‌ای جنگلی Forest brown	قهوه‌ای جنگلی Forest brown
جهت جغرافیایی غالب Dominant aspect	شمال شرقی تا شمالی Northeast to north	شمال شرقی Northeast	شمال شرقی Northeast
شیب غالب Dominant slope	< 60	31- 80	30- 60
تغییرات دامنه ارتفاعی Altitude range	530- 1724	1000- 2370	450- 2150

مطابق با مطالعه کوچ و بیرانوند (۲۰۱۷)، پس از نمونه برداری و انتقال نمونه های خاک و لایه های آلی به آزمایشگاه، ازت لاشبرگ و خاک بر اساس روش کج‌دال و با استفاده از دستگاه کج‌تک (Kjeltec Auto 1030 Analyzer, Tecator) (۱۳، ۲۱)، کربن آلی لاشبرگ به روش احتراق خشک در کوره و خاک به روش والکی بلاک، واکنش (pH) خاک بر اساس روش پتانسیومتری از طریق دستگاه pH متر و تنفس میکروبی با استفاده از روش بطری در بسته اندازه گیری شد (۲۱). کرم های خاکی پس از نمونه برداری خاک در عرصه و به وسیله دست جدا شده و مورد شمارش قرار گرفت (۱۳، ۲۰، ۲۱)، همچنین جهت اندازه گیری زی توده آن در آزمایشگاه و در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد در آون به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد (۱۳، ۲۰، ۲۱). زی توده ریز ریشه (کمتر از قطر ۲ میلی متر) نیز در آزمایشگاه و به وسیله دست از نمونه های خاک جداسازی و با استفاده از الک ۲ میلی متر شستشو داده شد (۱۳). سپس در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد خشک و اندازه گیری شد (۱۸).

**تجزیه و تحلیل آماری:** متغیرهای حاصل از مطالعات آزمایشگاهی صورت گرفته بر روی نمونه های خاک، پیش از تجزیه و تحلیل طبق اصول آماری از لحاظ نرمال بودن و همگنی واریانس مورد بررسی قرار گرفت. جهت بررسی نرمال بودن داده ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و همچنین همگن بودن واریانس با استفاده از آزمون لون مورد بررسی قرار گرفت. سپس تجزیه و تحلیل های آماری با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه و مقایسات چندگانه دانکن در نرم افزار SPSS 20 انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده های حاصل از مطالعات آزمایشگاهی انجام شده بر روی نمونه های خاک،

نمونه برداری و روش های آزمایش: در این مطالعه ۵ ترکیب توده جنگل طبیعی، شامل: ۱- توده راش خالص، ۲- توده ممرز خالص، ۳- توده ای با آمیختگی تقریباً برابر راش و ممرز (توده آمیخته راش و ممرز)، ۴- توده ای با غالبیت گونه راش و گونه همراه ممرز (توده راش-ممرز)، ۵- توده ای با غالبیت گونه ممرز و گونه همراه راش (توده ممرز-راش)، با ۵ تکرار هر یک از توده ها در ۳ قسمت (شرق، مرکز و غرب) ناحیه رویشی هیرکانی (۲۵ قطعه نمونه در شرق، ۲۵ قطعه نمونه در مرکز و ۲۵ قطعه نمونه در غرب رویشگاه هیرکانی، مجموعاً ۷۵ قطعه نمونه) در نظر گرفته شد. در این پژوهش نمونه برداری به صورت قطعه نمونه انتخابی، به شکل دایره ای در مرکز هر توده، با مساحت ۱۰ آر و شرایط یکسان جهت دامنه (شمال شرقی)، شیب (۶۰-۳۰ درصد)، ارتفاع از سطح دریا (میانگین ۱۲۰۰ متر) و توده دارای درختان میان سال (قطر ۶۰-۴۰ سانتی متر) (۲) برای برداشت هر قطعه نمونه (به جهت برقراری شرایط یکسان در هر قطعه نمونه و کاهش خطای احتمالی) در نظر گرفته شده است.

نمونه برداری از لایه های آلی و خاک معدنی در مردادماه (سال ۱۳۹۸) صورت پذیرفت. نمونه های لایه آلی به وسیله قاب چوبی ۲۵×۲۵ سانتی متر از مرکز قطعه نمونه (۲۴) و لایه معدنی خاک به وسیله کُر از عمق ۱۰-۰ سانتی متر (۴) در مرکز و چهار جهت اصلی قطعه نمونه (با فاصله ای برابر با شعاع ۱۷/۸۴ متر قطعه نمونه) برداشت و با یکدیگر مخلوط شده است (۲۵) نمونه لایه آلی و ۲۵ نمونه لایه معدنی خاک از توده های مورد مطالعه در هر یک از قسمت های شرقی، مرکزی و غربی رویشگاه هیرکانی، مجموعاً ۱۵۰ نمونه لایه آلی و خاک معدنی از عرصه برداشت شد.

اندازه‌گیری شده در توده ممرز خالص به دست آمده است (جدول ۲).

زی توده ریز ریشه‌ها می‌تواند واکنشی به غلظت عناصر آلی و معدنی در لایه‌های بالایی خاک باشد؛ زیرا برای دسترسی بیش‌تر به عناصر غذایی مورد نیاز خود، در سطح بیش‌تری از خاک گسترش می‌یابد (۳۲) و با بررسی تأثیرپذیری ریز ریشه در خاک بیان شد که عرصه‌های غنی از عناصر غذایی می‌تواند شرایط بهتر و مطلوب‌تری را برای رشد ریز ریشه‌ها فراهم نماید (۳۴، ۳۵). همچنین پایین بودن مقادیر اندازه‌گیری شده زی توده ریز ریشه‌ها در زیر تاج پوشش توده راش خالص می‌تواند به دلیل بالاتر بودن نسبت کربن به نیتروژن لایه آلی و خاک در مقایسه با سایر توده‌های مورد مطالعه باشد (جدول ۲) که سبب کاهش سرعت تجزیه و بازگشت عناصر غذایی به لایه سطحی خاک می‌شود؛ زیرا بیان شده است که کم‌ترین مقادیر نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ و خاک به‌عنوان یکی از متغیرهای مهم در حاصلخیزی خاک‌های جنگلی می‌باشد (۲۶). این مشخصه در لایه آلی توده راش خالص به میزان بیش از هفت و نیم برابر و در لایه معدنی خاک توده راش خالص به میزان سه و نیم برابر بیش‌تر از توده ممرز خالص اندازه‌گیری شده است (جدول ۲).

جهت یافتن مهم‌ترین متغیرهای دارای بیش‌ترین تغییرپذیری و تأثیرگذاری در توده‌های جنگلی مورد مطالعه، از تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی یا PCA به وسیله نرم‌افزار PC-Ord V. 5. 0 استفاده شد.

### نتایج و بحث

**زی توده ریز ریشه:** در این پژوهش زی توده ریز ریشه تفاوت معنی‌دار نشان داد و بیش‌ترین مقدار آن در توده ممرز خالص اندازه‌گیری شده است (شکل ۱). نتایج پژوهش‌های پیشین نشان داد که لایه سطحی خاک در زیر درختان ممرز بیش‌ترین مقدار زی توده ریز ریشه و در مقابل توده راش خالص کم‌ترین مقدار زی توده ریشه را به خود اختصاص داده است (۱۳، ۲۱). در مطالعه هلمیساری و همکاران (۲۰۰۹)، بیان شد که در خاک اسیدی مقادیر ریز ریشه کم‌تر از محیط‌های قلیایی می‌باشد (۱۵)؛ زیرا خاک‌های اسیدی فعالیت میکروبی را محدود می‌کند، در حالی که خاک‌های قلیایی باعث تولید بیش‌تر ریز ریشه و رشد مطلوب‌تری می‌شود (۳۹) که مشابه با نتایج حاصل از این پژوهش در خصوص توده‌های راش خالص و ممرز خالص می‌باشد. در این مطالعه واکنش (pH) خاک تفاوت معنی‌دار نشان داد و بالاترین مقادیر

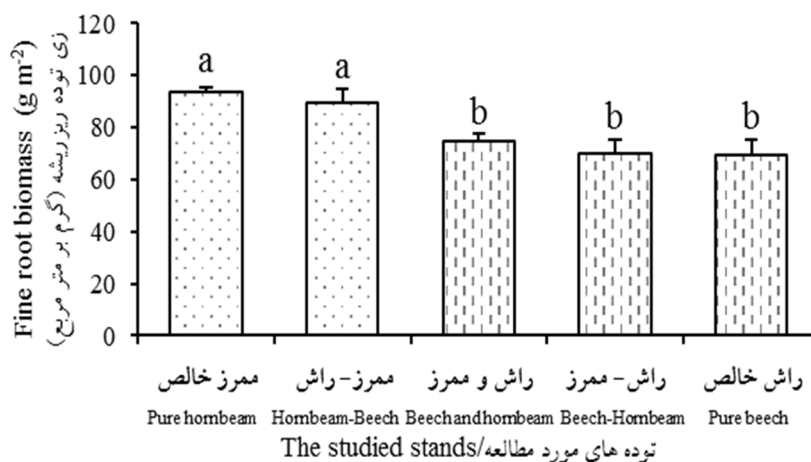
جدول ۲- میانگین (± اشتباه معیار) مشخصه‌های لایه آلی و خاک در توده‌های مورد مطالعه.

**Table 2. Mean (± standard error) of organic layer and soil characteristics in the studied stands.**

نتایج تجزیه واریانس ANOVA ANOVA analysis of variance results		ترکیب‌های تاج پوشش درختان راش و ممرز Canopy compositions of beech and hornbeam trees					متغیرها Variables
سطح معنی داری Sig.	مقدار F value	ممرز خالص Pure hornbeam	ممرز-راش Hornbeam- Beech	راش و ممرز Beech and hornbeam	راش-ممرز Beech- Hornbeam	راش خالص Pure beech	
0.000**	34.96	24.29±2.64 <sup>d</sup>	29.71± 1.85 <sup>c</sup>	37.33± 1.33 <sup>b</sup>	40.09 ±0.82 <sup>b</sup>	49.73±1.57 <sup>a</sup>	کربن لاشبرگ (%) Litter C (%)
0.000**	25.77	2.57 ± 0.29 <sup>a</sup>	2.20 ± 0.12 <sup>a</sup>	1.73 ± 0.16 <sup>b</sup>	1.15 ± 0.05 <sup>c</sup>	0.64±0.04 <sup>d</sup>	نیتروژن لاشبرگ (%) Litter N (%)
0.000**	119.28	10.49±1.72 <sup>d</sup>	13.81± 1.16 <sup>d</sup>	24.23± 2.50 <sup>c</sup>	35.29± 1.31 <sup>b</sup>	79.95±4.11 <sup>a</sup>	C/N لاشبرگ Litter C/N
0.02*	3.19	3.91 ± 0.42 <sup>c</sup>	4.01 ± 0.40 <sup>bc</sup>	4.78± 0.26 <sup>abc</sup>	4.89± 0.21 <sup>ab</sup>	5.17±0.27 <sup>a</sup>	کربن آلی خاک (%) Soil organic C (%)
0.000**	35.16	0.50 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.48 ± 0.03 <sup>ab</sup>	0.43 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.23 ± 0.02 <sup>c</sup>	0.21 ± 0.02 <sup>c</sup>	نیتروژن خاک (%) Soil total N (%)
0.000**	27.37	8.04 ± 0.92 <sup>b</sup>	8.64 ± 0.81 <sup>b</sup>	11.54 ± 0.64 <sup>b</sup>	23.62± 2.48 <sup>a</sup>	28.17±2.83 <sup>a</sup>	C/N خاک Soil C/N ratio
0.000**	10.00	7.10 ± 0.10 <sup>a</sup>	6.77 ± 0.11 <sup>a</sup>	6.34 ± 0.22 <sup>b</sup>	6.16 ± 0.09 <sup>b</sup>	6.04± 0.13 <sup>b</sup>	واکنش (pH) خاک Soil pH

حروف مختلف لاتین در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی دار می‌باشد؛ \*\* معنی داری در سطح ۱٪؛ \* معنی داری در سطح ۵٪

Different Latin letters in each row indicate a significant difference; \*\* Significance at 1% level; \* Significance at 5% level

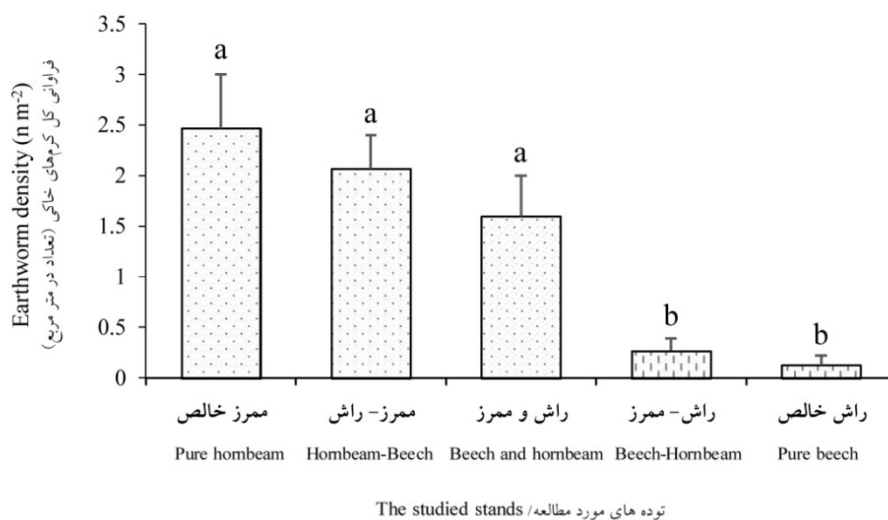


شکل ۱- میانگین (± اشتباه معیار) مشخصه زی توده ریز ریشه در ترکیب‌های تاج پوشش راش و ممرز.

**Figure 1. Mean (± standard error) of fine-root biomass in different beech and hornbeam canopy compositions.**

(تفاوت در کیفیت لایه آلی)، می‌تواند تأثیر مستقیمی بر فعالیت و پراکندگی کرم‌های خاکی داشته باشد (۵، ۱۹، ۲۲). کم‌ترین مقدار نسبت کربن به نیتروژن (۲۵)، بالاترین مقدار واکنش (pH) (۲، ۱۶، ۲۷) و نیتروژن (۱)، هم‌چنین مقدار کربن آلی کم‌تر در خاک (۳۸)، شرایط مناسبی را برای فعالیت کرم‌های خاکی فراهم کرده و سبب حضور بیش‌ترین مقدار تراکم و زی‌توده کرم‌های خاکی در زیر توده ممرز خالص نسبت به سایر توده‌های مورد مطالعه شده است (جدول ۲). قابل‌ذکر است، مجموع تراکم و زی‌توده کرم‌های خاکی در رویشگاه ممرز خالص به ترتیب ۱۹ و ۴۶ برابر بیش‌تر از توده راش خالص اندازه‌گیری شده است. کوربولوسکی و همکاران (۲۰۱۶) بیان نمودند که فراوانی و تنوع موجودات زنده خاک می‌تواند به‌شدت توسط وجود گونه‌های خاصی از درختان تأثیر پذیرد و جوامع آن‌ها می‌تواند از افزایش تراکم درختان و یا اختلاط آنها به‌طور قابل‌توجهی تحت‌تأثیر قرار گیرد (۲۵).

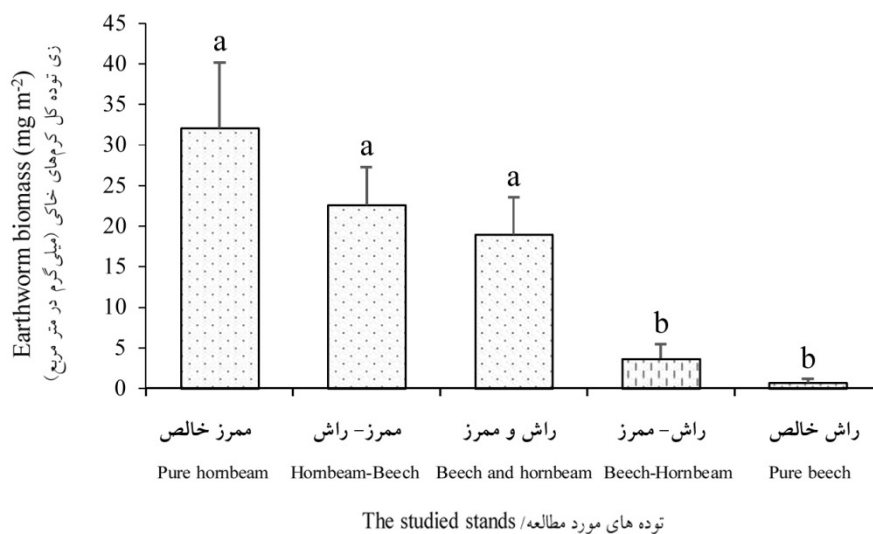
**کرم‌های خاکی:** تراکم و زی‌توده کل گروه‌های اکولوژیک کرم‌های خاکی (اپی‌ژئیک، آنسئیک و اندوژئیک) تفاوت معنی‌دار در سطح توده نشان داده و بالاترین مقادیر آن در رویشگاه ممرز خالص اندازه‌گیری شد (شکل‌های ۲ و ۳). مطالعات صورت گرفته نشان داد لایه سطحی خاک در زیر درختان ممرز بالاترین مقدار تراکم و زی‌توده کرم‌های خاکی و در مقابل توده راش خالص کم‌ترین مقدار این مشخصه را دارد (۱۳، ۲۱) که مشابه با نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش می‌باشد. هم‌چنین جونگمانز و همکاران (۲۰۰۳) عنوان کردند که فعالیت زیاد کرم خاکی می‌تواند واکنش (pH) خاک را افزایش دهد (۱۷). با توجه به نتایج به‌دست آمده در این مطالعه فراوانی گونه ممرز در توده با افزایش فعالیت کرم‌های خاکی و بالاترین مقادیر واکنش (pH) ارتباط مستقیم داشت (جدول ۲). تغییر در مشخصه‌های خاک (مواد مغذی در دسترس) به واسطه تغییر در نوع پوشش گیاهی



شکل ۲- میانگین (± اشتباه معیار) مشخصه فراوانی کل کرم‌های خاکی در ترکیب‌های تاج‌پوشش راش و ممرز.

Figure 2. Mean (± standard error) of the total density of earthworms in different beech and hornbeam canopy compositions.





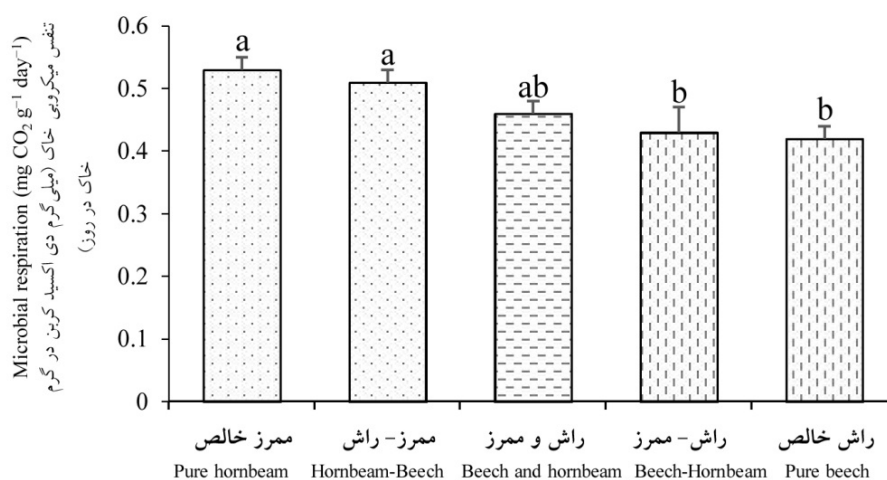
شکل ۳- میانگین ( $\pm$  اشتباه معیار) مشخصه زی توده کل کرم‌های خاکی در ترکیب‌های تاج‌پوشش راش و ممرز.  
**Figure 3.** Mean ( $\pm$  standard error) of total earthworm biomass in different beech and hornbeam canopy compositions.

تنفس میکروبی خاک در توده راش خالص می‌شود (۳۰) (جدول ۲).

فعالیت‌های میکروبی از نوع گونه درختی تأثیر می‌پذیرد (۲۰) و کیفیت لایه آلی گونه‌های مختلف (۳۱)، همچنین محتوی مواد مغذی فاکتور اصلی تغییرات در میزان تنفس میکروبی خاک است (۱۲)؛ بنابراین بیش‌ترین میزان تنفس میکروبی خاک در توده ممرز خالص نسبت به سایر توده‌های مورد مطالعه را می‌توان با افزایش مواد مغذی خاک، افزایش واکنش (pH) (۲، ۱۳، ۲۱) (جدول ۲)، بالاترین مقدار زی توده ریز ریشه (۶، ۱۴) (شکل ۱) و همچنین بیش‌ترین میزان فراوانی و زی توده کرم‌های خاکی (۴۱) (شکل‌های ۲ و ۳) مرتبط دانست که فعالیت میکروبی را تحریک می‌کند و منجر به افزایش تنفس خاک می‌شود (۱۱). مطالعات نشان می‌دهد که کاهش مقدار کربن و نسبت کربن به نیتروژن خاک (۳۳)، افزایش مقادیر ورودی مواد آلی به خاک (۳)، همچنین واکنش (pH) خاک در محدوده ۷ مناسب‌ترین میزان

تنفس میکروبی: در پژوهش حاضر میزان تنفس میکروبی خاک تحت تأثیر توده‌های مختلف درختی متفاوت بود. به طوری که در سطح توده دارای تفاوت معنی‌دار و در توده ممرز خالص بیش‌تر از سایر توده‌های مورد مطالعه بوده است (شکل ۴). در سوابق پژوهش مورد بررسی گزارش شده است که لایه سطحی خاک در زیر درختان ممرز بیش‌ترین میزان تنفس میکروبی را نسبت به درختان راش دارد (۲۱) و در توده راش خالص کمترین مقدار تنفس میکروبی اندازه‌گیری شده است (۱۳) که در راستای نتایج به دست آمده در این پژوهش می‌باشند. مقدار بیش‌تر نسبت کربن به نیتروژن در توده راش خالص نشان می‌دهد که میکروب‌های خاک نسبت به سایر توده‌های مورد مطالعه دارای مواد مغذی محدودتری هستند (۱۳). این موضوع می‌تواند به دلیل کاهش سرعت تجزیه در اثر افزایش میزان کربن و نسبت کربن به نیتروژن، همچنین تأخیر در بازگشت عناصر غذایی به خاک باشد که در نهایت سبب کاهش میزان

برای تنفس میکروبی است و به شدت بر افزایش مقادیر تنفس میکروبی اثرگذار است (۱۳، ۲۳)؛ بنابراین تنفس بیشتر در ارتباط با افزایش این عوامل اثرگذار در توده ممرز خالص مشاهده شده است.



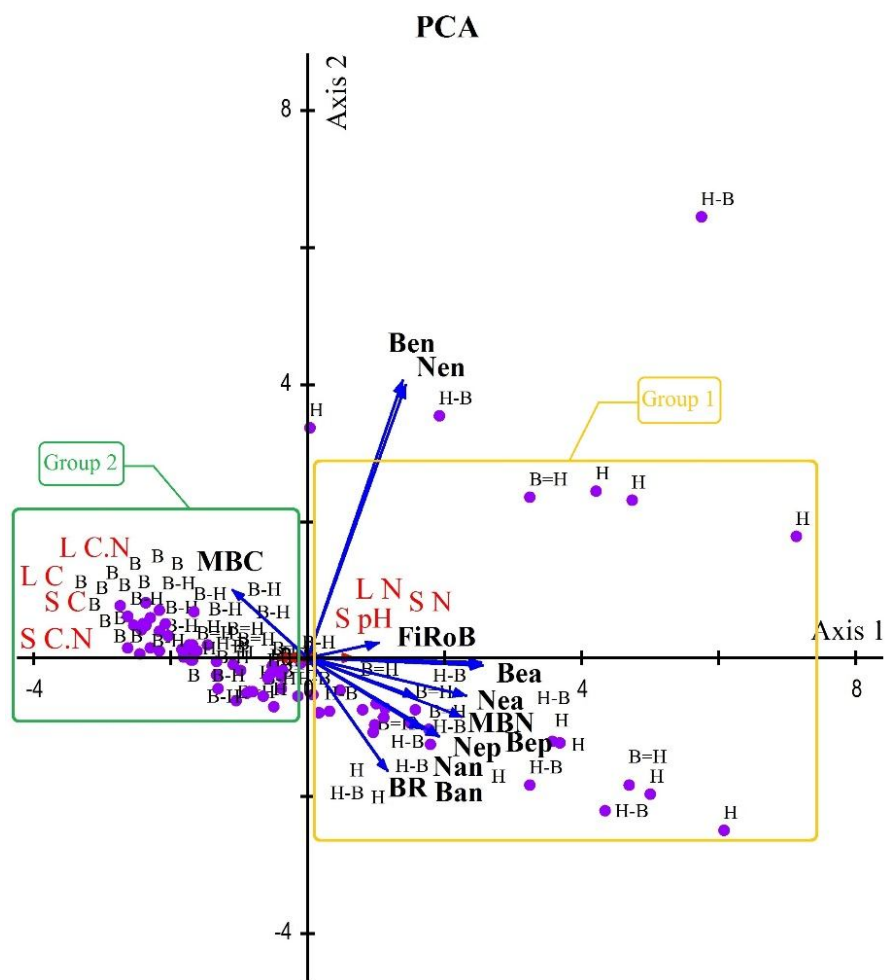
توده های مورد مطالعه/ The studied stands

شکل ۴- میانگین (± اشتباه معیار) مشخصه تنفس میکروبی خاک در ترکیب‌های تاج‌پوشش راش و ممرز.

Figure 4. Mean (± standard error) of soil microbial respiration in different beech and hornbeam canopy compositions.

لاشبرگ و خاک را در ارتباط با فراوانی و زی‌توده گروه‌های اکولوژیک گرم‌های خاکی، زی‌توده ریز ریشه و زی‌توده میکروبی نیتروژن نشان می‌دهد. گروه دوم در سمت چپ و منفی محور اول که خصوصیات متفاوتی از گروه اول را بیان می‌کند، بیش‌ترین حضور توده‌های راش خالص، راش- ممرز، هم‌چنین توده راش و ممرز را همراه با بالاترین مقادیر کربن لایه لاشبرگ و خاک، هم‌چنین نسبت کربن به نیتروژن لایه لاشبرگ و خاک را در ارتباط با زی‌توده میکروبی کربن نشان می‌دهد (شکل ۵).

روابط میان ترکیب‌های تاج‌پوشش راش و ممرز و مشخصه‌های زیستی: نتایج تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی یا PCA جهت بررسی روابط مشخصه‌های لایه آلی و خاک در توده‌های مورد مطالعه، دو گروه اصلی را در روی محور اول و دوم نشان داد. مقادیر واریانس محور اول ۴۷/۶۲ و محور دوم ۱۴/۲۲ از منبع تغییرات را به ترتیب توجیه می‌کند. گروه اول در سمت راست و مثبت محور اول بیش‌ترین حضور توده‌های ممرز خالص و ممرز- راش را همراه با بیش‌ترین مقادیر واکنش خاک (pH)، نیتروژن لایه



شکل ۵- نتایج تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) - مشخصه‌های لایه آلی و خاک در ارتباط با توده‌های مورد مطالعه.

Figure 5. Results of principal component analysis (PCA) - Organic layer and soil characteristics in relation to the studied stands.

(راش خالص = B، ممرز خالص = H، راش و ممرز = B=H، راش - ممرز = B-H، ممرز - راش = H-B، کربن لایه آلی = L C، نیتروژن لایه آلی = L N، نسبت کربن به نیتروژن لایه آلی = L C.N، نسبت کربن به نیتروژن خاک = S C، نیتروژن خاک = S N، واکنش خاک = S pH، تراکم و زی توده اندوژنیک = N-B en، تراکم و زی توده ریز ریشه = FiRoB، تراکم و زی توده مجموع گروه‌های اکولوژیک کرم‌های خاکی = N-B ea، تراکم و زی توده اپیژنیک = N-B ep، تراکم و زی توده آنسئیک = N-B an، تنفس میکروبی = BR، زی توده میکروبی کربن = MBC، زی توده میکروبی نیتروژن = MBN)

### نتیجه‌گیری کلی

بهترین عملکرد در بهبود شرایط زیستی خاک و رویشگاه ارزیابی شد. در این مطالعه بیشترین فعالیت زیستی خاک (تراکم و زی توده کرم‌های خاکی، زی توده ریز ریشه و تنفس میکروبی) در توده ممرز

ترکیب غالب توده‌های جنگلی بر عملکرد فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک تأثیر می‌گذارد و منجر به توسعه مواد آلی و جوامع موجودات خاک‌زی می‌شود. مطابق با پژوهش حاضر، توده ممرز خالص با

ارزشمند راش که مورد دخالت بی‌رویه و یا مدیریت ناصحیح قرار گرفته، می‌تواند خواص خاک را بهبود دهد. از یافته‌های این بررسی می‌توان در اولویت‌بندی انتخاب توده‌هایی متشکل از گونه‌های درختی راش و ممرز جهت تنظیم آمیختگی در عملیات پرورشی و احیای مناطق جنگلی تخریب یافته شمال کشور بهره برد؛ بنابراین، پیشنهاد می‌شود که در هنگام عملیات نشانه‌گذاری، برنامه‌ریزی‌های مدیریتی و جنگل‌کاری در رویشگاه‌های این دو گونه، حفظ آمیختگی آن‌ها در اولویت قرار گیرد.

خالص نسبت به سایر توده‌های مورد مطالعه مشاهده شد که بیان‌کننده تغییرات در کیفیت مواد آلی گونه ممرز می‌باشد. همچنین بیش‌ترین مقدار کربن لایه آلی و خاک، هم‌چنین نسبت کربن به نیتروژن که سبب کاهش فعالیت زیستی و حاصلخیزی خاک می‌شود، به توده راش خالص تعلق داشت. بدین ترتیب بر اساس نتایج این پژوهش، حضور ممرز در توده‌های راش، لایه آلی غنی از نیتروژن را سبب می‌شود که تجزیه و بازگشت عناصر مغذی را تسریع می‌کند و موجب تفاوت‌های قابل توجهی بر شاخص‌های زیستی خاک می‌شود. بنابراین آمیختگی ممرز در توده‌های

#### منابع

1. Ali, A., Lin, S.L., He, J.K., Kong, F.M., Yu, J.H., and Jiang, H.S. 2019. Tree crown complementarity links positive functional diversity and aboveground biomass along large-scale ecological gradients in tropical forests. *Science of the Total Environment*. 656: 45-54.
2. Bayranvand, M., Kooch, Y., and Rey, A. 2017. Earthworm population and microbial activity temporal dynamics in a Caspian Hyrcanian mixed forest. *European J. of Forest Research*. 136: 3. 447-456.
3. Chodak, M., and Niklinska, M. 2010. The effect of different tree species on the chemical and microbial properties of reclaimed mine soils. *Biology and Fertility of Soils*. 46: 555-566.
4. Cremer, M., and Prietzel, J. 2017. Soil acidity and exchangeable base cation stocks under pure and mixed stands of European beech, Douglas fir and Norway spruce. *Plant and Soil*. 415: 393-405.
5. Cui, Y., Fang, L., Guo, X., Han, F., Ju, W., Ye, L., Wang, X., Tan, W., and Zhang, X. 2019. Natural grassland as the optimal pattern of vegetation restoration in arid and semi-arid regions: evidence from nutrient limitation of soil microbes. *Science of the Total Environment*. 648: 388-397.
6. Epron, D., Bosc, A., Bonal, D., and Freycon, V. 2006. Spatial variation of soil respiration across a topographic gradient in a tropical rain forest in French Guiana. *J. of Tropical Ecology* 22: 5. 565-574.
7. Forest management plan. 2006. District 3 Jamand forest, watershed 45 Golband. Forests, Range and Watershed Management Organization. 274p. (In Persian)
8. Forest management plan. 2011. District 3 Nav forest, watershed 7 Nav. Forests, Range and Watershed Management Organization. 670p. (In Persian)
9. Forest management plan. 2012. District 2 Vatana forest, watershed 84. Forests, Range and Watershed Management Organization. 502p. (In Persian)
10. Gartner, T.B., and Cardon, Z.G. 2004. Decomposition dynamics in mixed-species leaf litter. *Oikos*. 104: 230-246.
11. Giesler, R., Esberg, C., Lagerstrom, A., and Graae, B.J. 2012. Phosphorus availability and microbial respiration across different tundra vegetation types. *Biogeochemistry*. 108: 429-445.
12. Gorobtsova, O.N., Gedgafova, F.V., Uligova, T.S., and Tembotov, R.K. 2016. Eco physiological indicators of microbial biomass status in chernozem soils of the Central Caucasus (in the territory of Kabardino-Balkaria with the Terek variant of altitudinal zonation). *Russian J. of Ecology*. 47: 4. 19-25.

13. Haghverdi, K., and Kooch, Y. 2019. Effects of diversity of tree species on nutrient cycling and soil-related processes. *Catena*. 178: 335-344.
14. Han, M., Tang, M., Shi, B., and Jin, G. 2020. Effect of canopy gap size on soil respiration in a mixed broadleaved-Korean pine forest: Evidence from biotic and abiotic factors. *European J. of Soil Biology*. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2020.103194>.
15. Helmisaari, H.S., Saarsalmi, A., and Kukkola, M. 2009. Effects of wood ash and nitrogen fertilization on fine-root biomass and soil and foliage nutrients in a Norway spruce stand in Finland. *Plant and Soil*. 314: 121-132.
16. Huang, C., Ge, Y., Yue, S., Qiao, Y., and Liu, L. 2021. Impact of soil metals on earthworm communities from the perspectives of earthworm ecotypes and metal bioaccumulation. *J. of Hazardous Materials*. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124738>.
17. Jongmans, A.G., Pulleman, M.M., Balabane, M., Oort, F., and Marinissen, J.C.Y. 2003. Soil structure and characteristics of organic matter in two orchards differing in earthworm activity. *Applied Soil Ecology*. 24: 219-232.
18. Kooch, Y., and Bayranvand, M. 2017. Composition of tree species can mediate spatial variability of C and N cycles in mixed beech forests. *Forest Ecology and Management*. 401: 55-64.
19. Kooch, Y., Ehsani, S., and Akbarinia, M. 2020. Stratification of soil organic matter and biota dynamics in natural and anthropogenic ecosystems. *Soil & Tillage Research*. 200: 104621. 1-11.
20. Kooch, Y., Moghimian, N., and Kolb, S. 2019. Microbial hotspot areas of C and N cycles in old-growth Hyrcanian forests top soils. *Forest Ecology and Management*. 446: 93-104.
21. Kooch, Y., Moghimian, N., and Alberti, G. 2020. C and N cycle under beech and hornbeam tree species in the Iranian oldgrowth forests. *Catena*. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104406>.
22. Kooch, Y., and Noghre, N. 2020. The effect of shrubland and grassland vegetation types on soil fauna and flora activities in a mountainous semi-arid landscape of Iran. *Science of the Total Environment*. 703: 1-9.
23. Kooch, Y., Tarighat, F.S., and Hosseini, S.M. 2017. Tree species effects on soil chemical, biochemical and biological features in mixed Caspian lowland forests. *Trees*. 31: 863-872.
24. Kooijman, A.M., Weiler, H.A., Cusell, C., Anders, N., Meng, X., Seijmonsbergen, A.C., and Cammeraat, L.H. 2019. Litter quality and microtopography as key drivers to topsoil properties and understory plant diversity in ancient broadleaved forests on decalcified marl. *Science of the Total Environment*. 648: 113-125.
25. Korboulewsky, N., Perez, G., and Chauvat, M. 2016. How tree diversity affects soil fauna diversity: a review. *Soil Biology and Biochemistry*. 94: 94-106.
26. Löffler, J. 2007. The influence of microclimate, snow cover, and soil moisture on ecosystem functioning in high mountains. *J. of Geographical Sciences*. 17: 3-19.
27. Moghimian, N., Habashi, H., and Kheiri, M. 2013. Comparison of soil macro fauna biodiversity in broad leaf and needle leaf afforested stands. *Molecular Soil Biology*. 4: 1. 212-222.
28. Peguero, G., Folch, E., Liu, L., Ogaya, R., and Penuelas, J. 2021. Divergent effects of drought and nitrogen deposition on microbial and arthropod soil communities in a Mediterranean forest. *European J. of Soil Biology*. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2020.103275>.
29. Prescott, C.E. 2002. The influence of the forest canopy on nutrient cycling. *Tree Physiology*. 22: 1193-1200.
30. 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.
31. Sanji, R., Kooch, Y., and Rey, A. 2020. Impact of forest degradation and reforestation with *Alnus* and *Quercus*

- species on soil quality and function in northern Iran. *Ecological Indicators*. 112: 106132. 1-10.
32. Sayer, E.J., Tanner, E., and Cheesman, A. 2006. Increased litterfall changes fine root distribution in a moist tropical forest. *Plant and Soil*. 281: 1-2. 5-13.
33. Thoms, C., and Gleixner, G. 2013. Seasonal differences in tree species' influence on soil microbial communities. *Soil Biology and Biochemistry*. 66: 4. 239-248.
34. Wang, X., MA, L., JIA, Z.H., and JIA, L. 2014. Root inclusion net method: novel approach to determine fine root production and turnover in *Larix Principis-rupprechtii* Mayr plantation in North China. *Turkish J. of Agriculture and Forestry*. 38: 388-398.
35. Xu, W., Liu, J., Liu, X., Li, K., Zhang, D., and Yan, J. 2013. Fine root production, turnover, and decomposition in a fast-growth *Eucalyptus urophylla* plantation in southern China. *J. of Soils and Sediments*. 13: 1150-1160.
36. Yadav, R.S., Yadav, B.L., Chipa, B.R., Dhyani, S.K., and Ram, M. 2010. Soil biological properties under different tree based traditional agroforestry systems in a semi- arid region of Rajasthan, India. *Agroforestry Systems*. 81: 195-202.
37. Yang, B., Qi, K., Bhusal, D.R., Huang, J., Chen, W., Wu, Q., Hussain, A., and Pang, X. 2020. Soil microbial community and enzymatic activity in soil particle-size fractions of spruce plantation and secondary birch forest. *European J. of Soil Biology*. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2020.103196>.
38. 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: 181-219.
39. 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: 4. 204-221.
40. Zhang, K., Zheng, H., Chen, F.L., Ouyang, Z.Y., Wang, Y., Wu, Y.F., Lan, J., Fu, M., and Xiang, X.W. 2015. Changes in soil quality after converting *Pinus* to *Eucalyptus* plantations in southern China. *Solid Earth*. 6: 2. 115-123.
41. Zirbes L., Thonart, P., and Haubruge, E. 2012. Microscale interactions between earthworms and microorganisms: a review. *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment*. 16: 125-131.



## Effect of beech (*Fagus orientalis* Lipsky) and hornbeam (*Carpinus betulus* L.) canopy compositions on soil biological characteristics in Hyrcanian region

M. Mirdarharjani<sup>\*1</sup>, S.M. Hojjati<sup>2</sup>, M.R. Pourmajidian<sup>3</sup> and Y. Kooch<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ph.D. Student, Faculty of Forestry, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Mazandaran, Iran,

<sup>2</sup>Professor, Faculty of Forestry, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Mazandaran, Iran,

<sup>3</sup>Professor, Faculty of Forestry, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Mazandaran, Iran,

<sup>4</sup>Associate Prof., Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran

Received: 04.04.2021; Accepted: 05.22.2021

### Abstract

**Background and Objectives:** Forest stands have an important role in the ecosystem function, quantity and quality of produced organic matter, nutrients and finally soil biological characteristics. In pure and mixed stands, effects of deciduous tree species on soil processes have been received less attention. Therefore, this study aimed to investigate the variability of some soil biological characteristics in beech and hornbeam forest stands with a certain composition ratio, which has not been reported so far.

**Materials and Methods:** In this study, 5 combinations of forest stands (1. pure beech, 2. pure hornbeam, 3. beech and hornbeam, 4. beech-hornbeam, 5. hornbeam-beech) were considered by 5 sample plots replications in each stand in 3 parts (east, center and west) of Hyrcanian region (total of samples were 75). Sampling as a selected sample plots are considered circle form (1000 m<sup>2</sup>) in the center of each stands, with same conditions for aspect (northeast), slope (30-60%), altitude (average 1200 m) and the stands with middle-aged trees (diameter 40-60 cm) for each sample (for establishment the same conditions). Sampling of organic layers and mineral soil was performed using a 25 × 25 cm area in the depth of 0-10 cm in the center of each sample plot and in four main directions. Statistical analyses were performed using ANOVA (analysis of variance) and Duncan multiple comparisons in SPSS 20 software, also using principal component analysis or PCA by PC-Ord V. 5. 0 software.

**Results:** The results showed that the organic layer carbon in pure beech (49.73%) and organic layer nitrogen in pure hornbeam (2.57%) stands had significant difference and had the highest measured value. Soil organic carbon (5.17%) and C/N (28.17%) had significant difference in pure beech and showed the highest measured amount, while soil pH (7.10) and N (0.50%) had significant difference and showed the highest values in pure hornbeam stands. Fine root biomass (93.36 g m<sup>-2</sup>), density and biomass of total earthworm ecological groups (respectively 2.47 n m<sup>-2</sup> and 32.08 mg m<sup>-2</sup>) and microbial respiration (0.53 mg CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>) were significantly different in pure hornbeam stands and showed the highest values compared to other studied stands. In this study, the analysis of all studied characteristics on the first and second axes of PCA analysis justifies 47.62 and 14.22 percent of variance, respectively, which shows the highest soil biological activity in pure hornbeam and hornbeam-dominated stands compared to pure beech and beech-dominated stands.

\*Corresponding author: mahdi.mirdar@gmail.com

**Conclusion:** In general, the results of this study indicated that the composition of hornbeam tree species in beech stands caused significant differences in the improvement of soil biological indicators, so it was verified for mixing regulation and afforestation on the presence of hornbeam species in pure beech stands. The findings of this study can be used to prioritize the selection of stands consisting of beech and hornbeam tree species to regulate mixture in breeding operations and rehabilitating degraded areas in north of Iran. Therefore, it is suggested that during marking operations, management planning and afforestation in the habitats of these two species, maintaining their mixture should be a priority.

**Keywords:** Microbial respiration, Broad-leaved forest, Fine-root biomass, Earthworm, Organic layer