



اثر ترکیب تاج‌پوشش اشکوب فوقانی بر محتوای عناصر غذایی و شاخص‌های میکروبی خاک در جنگل کرکود نوشهر

عاطفه کریمیان بهنمیری^۱، کامبیز طاهری آبکنار^{۲*}، یحیی کوچ^۳ و علی صالحی^۲

۱. دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا.
۲. دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا.
۳. استادیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۴/۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۲۷)

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر ترکیب تاج‌پوشش درختان راش با گونه‌های همراه (راش-ممرز-پلت، راش-ممرز، راش-پلت و راش خالص) بر شاخص‌های میکروبی و انباشتگی عناصر غذایی خاک در استان مازندران انجام گرفت. نمونه‌های لاشبرگی با استفاده از تله لاشبرگی و نمونه‌های خاک (با ابعاد $30 \times 30 \times 30$ سانتی‌متر) در هر یک از توده‌ها با پنج تکرار از زیر تاج‌پوشش درختان راش برداشت شد. مشخصه‌های لاشبرگ (کربن آلی، نیتروژن کل، نسبت کربن به نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم و کلسیم)، مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی، بیوشیمیایی و میکروبی خاک (وزن مخصوص ظاهری، شن، سیلت، رس، pH، هدایت الکتریکی، کربن آلی، نیتروژن کل، نسبت کربن به نیتروژن، زی‌توده میکروبی کربن و نیتروژن، نسبت زی‌توده میکروبی کربن به نیتروژن، تنفس میکروبی، ضریب میکروبی و متابولیسی، ذخیره کربن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم و کلسیم، نترات و آمونیوم) سنجیده شد. نتایج نشان داد که توده راش-ممرز-پلت دارای بیشترین مقدار pH، ذخیره نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم، نترات و زی‌توده میکروبی کربن و نیتروژن و تنفس میکروبی است. همچنین بیشترین مقدار کربن خاک، نسبت کربن به نیتروژن خاک، انباشتگی کربن، ضریب متابولیسی و میکروبی به توده راش خالص اختصاص یافت. بیشترین مشخصه آمونیوم و نترات نیز در توده‌های راش-پلت و راش-ممرز مشاهده شد. براساس پژوهش حاضر، توده راش-ممرز-پلت، سبب بهبود مشخصه‌های لاشبرگ، انباشتگی مواد غذایی و شاخص‌های میکروبی خاک شد و توده‌های راش-ممرز، راش-پلت و راش خالص در رتبه بعدی قرار گرفتند. نتایج کاربردی این پژوهش نشان‌دهنده تأثیر مثبت ترکیب‌های مختلف درختی در بهبود مشخصه‌های کیفی و سلامت خاک است.

واژه‌های کلیدی: ترکیب درختی، تنفس میکروبی، زی‌توده میکروبی، مشخصه خاک و لاشبرگ

مقدمه

تاج‌پوشش جنگل بر بسیاری از فرایندهای بیولوژیکی و شیمیایی لایه‌های آلی و معدنی خاک اثرگذار است. گونه‌های مختلف درختی لاشه‌ریزی متفاوتی دارند که همین موضوع به بروز اختلاف در عناصر غذایی زیر

پایداری اکوسیستم‌های جنگلی وابسته به تغییرپذیری مشخصه‌های خاک تحت تأثیر گونه‌های درختی مختلف است (Kooch et al., 2017).

طبیعی پهن‌برگ (*Acacia catechu* (L.F. Wild.)), *Anogeissus latifolia* (Roxb. ex DC) Wall. ex جنگلکاری (Bedd., *Hardwickia binata* (Roxb.) مخلوط پهن‌برگ و سوزنی‌برگ (*Lannea coromandelica* (Houtt.) Merrill, *Nyctather arbor-tristis* L., *Holarrhena antidysenterica* (Roth.) A. DC., *Ziziphus glaberrima* (Sedgw) (Santap.)), ساوانا و گندمزار بیشترین مقدار را داشته است. همچنین (Wen et al., 2014) در بررسی درباره زی‌توده میکروبی کربن و نیتروژن خاک زیر تاج‌پوشش توده‌های خالص و آمیخته کاج (*P.massonian*, *C. camphora*) نشان دادند که پارامترهای میکروبی خاک به ترکیب گونه‌ای و سن توده حساس است و همچنین مقدار زی‌توده میکروبی کربن و نیتروژن در پایه‌های خالص بیشتر گزارش شد. با توجه به اینکه نوع پوشش جنگلی اثر معنی‌داری بر مشخصه‌های میکروبی کربن و نیتروژن خاک دارد، تغییرپذیری این پارامترها می‌تواند در تنظیم جریان گازهای متان، دی‌اکسید کربن و نیتروز اکسید، به‌عنوان مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای اثرگذار باشد. این گازها در حدود ۸۰ درصد گرمایش جهانی زمین را سبب می‌شوند (Christiansen et al., 2012). با توجه به اینکه خاک، به‌عنوان منبع اصلی استفاده از سرزمین و حلقه ارتباط اقلیم و سیستم‌های بیوژئوشیمیایی، به‌شدت تحت تأثیر نوع گونه درختی قرار دارد، توجه به نوع گونه و اثر آن بر شاخص‌های میکروبی و انباشتگی مواد غذایی به‌عنوان راهکار مدیریتی، موجب حفظ کمیت و پایداری طولانی‌مدت عرصه‌های جنگلی می‌شود. راشستان‌های آمیخته در حد ارتفاعی میان‌بند جنگل‌های هیرکانی غالب‌ترین جامعه درختی را تشکیل می‌دهند (Kazemi et al., 2016). بر همین اساس، پژوهش حاضر، با هدف بررسی تغییرپذیری شاخص‌های میکروبی و انباشتگی عناصر غذایی خاک تحت تأثیر ترکیب‌های مختلفی درختی صورت گرفته است تا بتوان از نتایج آن در مدیریت توده‌های جنگلی بهره جست. با استفاده از نتایج این پژوهش می‌توان

تاج‌پوشش منجر می‌شود (Augusto et al., 2002). لاشبرگ گونه‌های درختی با تغییر pH در بخش سطحی خاک می‌تواند اثرهای منفی یا مثبت در انتقال کاتیون‌های خاک داشته باشند (Hoogmoed et al., 2014). در پژوهش‌های Augusto et al. (2002)، آنان به بررسی تأثیر گونه‌های مختلف بر مشخصه خاک جنگل‌های اروپا پرداختند و بیان داشتند که تأثیر گونه‌های مختلف بر مقادیر pH خاک بسیار متفاوت است، به‌طوری که برخی گونه‌ها شرایط قلیایی و برخی دیگر شرایط اسیدی در خاک ایجاد کرده‌اند. همچنین گونه‌های مختلف درختی در اثر ترکیب، سبب تغییر کربن موجود در خاک می‌شوند؛ به‌طوری که مقدار این عنصر در زیر تک‌درختان با مقدار آن در زیر تاج‌پوشش گونه‌های مختلف که با هم ترکیب شده‌اند، متفاوت است (Gartzia-Bengoetxea et al., 2016).

گونه‌های مختلف پهن‌برگ از طریق تأمین مقادیر مختلفی از مواد آلی با ترکیبات شیمیایی مختلف در طی خزان یا ایجاد لاشبرگ، بر مشخصه‌های شیمیایی و میکروبی خاک اثرهای متفاوتی دارند (Kooch et al., 2016). توده‌های جنگلی با تأثیر بر مشخصه لاشبرگ و شاخص‌های مختلف خاک، اثرهای متفاوتی بر تغییرپذیری فعالیت و زی‌توده جوامع میکروبی و همچنین معدنی کردن نیتروژن خاک دارند (Gei & Powers, 2013; Tian et al., 2015). در این بین، زی‌توده میکروبی کربن و نیتروژن خاک از مؤلفه‌های اصلی اکوسیستم خاک به شمار می‌آیند (Burton et al., 2010) و به‌شدت تحت تأثیر توده‌های مختلف جنگلی قرار می‌گیرند. این مشخصه‌ها بسیاری از فرایندهای اکولوژیک مانند چرخه کربن و عناصر غذایی، معدنی شدن نیتروژن، تجزیه لاشبرگ و عملکرد خاک را کنترل می‌کنند (Gei & Powers, 2013).

براساس پژوهش (Singh et al., 2009)، زی‌توده میکروبی نیتروژن خاک به ترتیب در خاک جنگل‌های

در نظر گرفته شد. همچنین به منظور دقت بیشتر سعی شد توده های درختی از شرایط فیزیوگرافی (شیب ۳۵-۴۰ درصد، جهت جغرافیایی شمال شرقی و ارتفاع ۸۳۰-۸۰۰ متر از سطح دریا) یکنواختی برخوردار باشند و نیز گونه های اطراف درختان همراه با راش نیز ترجیحاً و اغلب از همان گونه مورد نظر باشند.

برای نمونه برداری لاشبرگ ها از تله های لاشبرگی استفاده شد. کربن لاشبرگ با استفاده از روش سوزاندن، نیتروژن کل به روش کجلدال اصلاح شده، دستگاه اسپکتروفوتومتر (Homer & Pratt, 1961) و پتاسیم، کلسیم و منیزیم قابل تبادل با استات آمونیوم pH=7 استخراج و با دستگاه جذب اتمی (Bower et al., 1952) اندازه گیری شدند. همچنین نمونه های خاک (۳۰×۳۰×۳۰ سانتی متر) در مردادماه، در زیر تاج پوشش درختان راش، در چهار طرف درخت برداشت شده و سپس نمونه ها با هم ترکیب و یک نمونه ترکیبی از هر درخت انتخاب و برای آنالیزهای مختلف به آزمایشگاه منتقل شد (Kooch et al., 2017). بخشی از نمونه های خاک نیز به منظور اندازه گیری مشخصه های میکروبی، در محفظه یخ به آزمایشگاه انتقال یافت و تا زمان آزمایش در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شد. برای اندازه گیری، pH در یک محلول ۲:۱/۵ خاک به آب با دستگاه pH متر الکتریکی، EC با استفاده از دستگاه هدایت متر، مقدار کربن آلی به روش والکی بلک، مقدار نیتروژن کل به روش کجلدال، مقادیر نیترات و آمونیوم به ترتیب به روش احیای کادمیوم و روش رنگ سنجی اندازه گیری شد (Ghazan Shahy, 2006). همچنین انباشتگی (ترسیب) عناصر غذایی برحسب کیلوگرم بر هکتار محاسبه شد.

$$\text{Cs} = 10000 \times \text{OC} (\%) \times \text{Bd} \times e \quad \text{رابطه ۱}$$

که در این روش، Cs کربن آلی (kg/ha)، OC (%) درصد کربن آلی، Bd وزن مخصوص ظاهری

مشخص کرد که کدام یک از این توده ها، بهترین شرایط را از نظر مشخصه میکروبی و انباشتگی عناصر غذایی خاک در جنگل های هیرکانی ایجاد می کنند.

مواد و روش ها

منطقه تحقیق

این پژوهش در جنگل های سری سوم از حوضه آبخیز کرکود و در محدوده آبخیز شماره ۳۸، واقع در عرض جغرافیایی ۳۶° ۳۳' ۱۵" تا ۳۶° ۴۵' ۳۶" شمالی و طول جغرافیایی ۵۱° ۲۳' ۴۵" تا ۵۱° ۲۷' ۴۵" شرقی انجام گرفت. جنگل های کرکود با مساحت ۲۸۰۷ هکتار در قسمت جنوبی شهرستان های چالوس و نوشهر واقع شده است. حداقل ارتفاع کل سری ۵۰ متر و حداکثر ارتفاع آن ۱۴۰۰ متر از سطح دریاست. براساس اطلاعات هواشناسی متوسط دمای سالیانه ۱۷ درجه سانتی گراد و میانگین بارندگی سالیانه ۸۹۰ میلی متر است. اقلیم منطقه براساس فرمول آب و هوایی آمبرژه معرف اقلیم با زمستان های معتدل است. گونه های درختی راش، ممرز، توسکا، خرمندی و پلت پوشش های غالب چوبی در منطقه هستند که دامنه های ارتفاعی مختلف را اشغال کرده اند (Shabani, 2016).

روش نمونه برداری

بعد از مشخص شدن منطقه تحقیق، تک درختان راش به عنوان درخت اصلی و مرکزی، در طبقه قطری مشابه (۵۰ سانتی متر) انتخاب شدند. سپس مهم ترین گونه های همراه با درختان راش، شامل ممرز، پلت و راش مدنظر قرار گرفتند. درختان راش، هم توسط گونه های درختی مشابه خود و هم گونه های درختی آمیخته احاطه شده بودند. بر این اساس، تیمارهای این پژوهش شامل، درخت راش محاط با درختان ممرز، درخت راش محاط با درختان پلت، درخت راش محاط با درختان ممرز و پلت و درخت راش محاط با درختان راش دیگر، با پنج تکرار از هر یک از ترکیب ها

که همه مشخصه‌های تحت بررسی در بین توده‌های مختلف تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند. بیشترین مقدار کربن لاشبرگ به توده راش-پلت و کمترین آن به توده راش-ممرز اختصاص داشت. همچنین بیشترین مقدار نیتروژن در توده راش-ممرز و کمترین آن در دو توده راش-پلت و راش خالص مشاهده شد. همچنین بررسی این لاشبرگ‌های آمیخته نشان داد که توده راش-پلت-ممرز بیشترین مقادیر فسفر و کلسیم را به خود اختصاص دادند. در نهایت بیشترین مقدار منیزیم لاشبرگ آمیخته به توده راش-ممرز بود و دو توده راش-پلت و راش خالص کمترین مقدار منیزیم را داشتند (شکل ۱).

مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی خاک

تجزیه و آریانس یکطرفه مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی خاک نشان داد که پارامترهای شن، رس، کربن آلی، نسبت زی توده میکروبی کربن به نیتروژن، تنفس میکروبی و ضریب متابولیسی تفاوت آماری معنی‌داری را در بین ترکیب‌های درختی بررسی شده نداشتند، درحالی که دیگر مشخصه‌ها به طور معنی‌دار متأثر از نوع ترکیب‌های مختلف درختی بودند (جدول ۱). ترکیب راش-ممرز-پلت دارای بیشترین مقدار pH، ذخیره نیتروژن، ذخیره فسفر، ذخیره پتاسیم، ذخیره منیزیم، زی توده میکروبی کربن، زی توده میکروبی نیتروژن و تنفس میکروبی بود. کمترین مقدار زی توده میکروبی کربن و نیتروژن در راش خالص اختصاص یافت، درحالی که بیشترین مقدار این مشخصه در راش-ممرز دیده شد. خاک تحتانی راش-ممرز-پلت دارای بیشترین مقدار تنفس میکروبی و خاک تحتانی راش خالص دارای کمترین مقدار این مشخصه زی توده بود. بیشترین مقدار ضریب میکروبی و ضریب متابولیسی در راش خالص، کمترین مقدار ضریب میکروبی در راش-پلت و کمترین ضریب متابولیسی در راش-ممرز دیده شد (جدول ۱).

(gr/cm^3) و e عمق نمونه برداری (cm) است. مقدار تنفس میکروبی با استفاده از روش بطری بسته در کنار هیدروکسید سدیم و مقدار زی توده میکروبی کربن و نیتروژن به روش تدخین با کلروفرم و استخراج با سولفات پتاسیم و سپس به روش والکی-بلک و کج‌لادل تعیین شد (Ali Asgharzad, 2009). مشخصه ضریب متابولیسی، از تقسیم دی‌اکسید کربن (میلی گرم کربن) آزادشده در هر ساعت از هر گرم خاک (در تنفس میکروبی) بر زی توده میکروبی کربن خاک (گرم) محاسبه و گزارش شد (Anderson & Domsch, 1990). مشخصه ضریب میکروبی هم از تقسیم زی توده میکروبی کربن خاک (گرم) بر کربن آلی خاک اندازه‌گیری شد (Insam & Domsch, 1988).

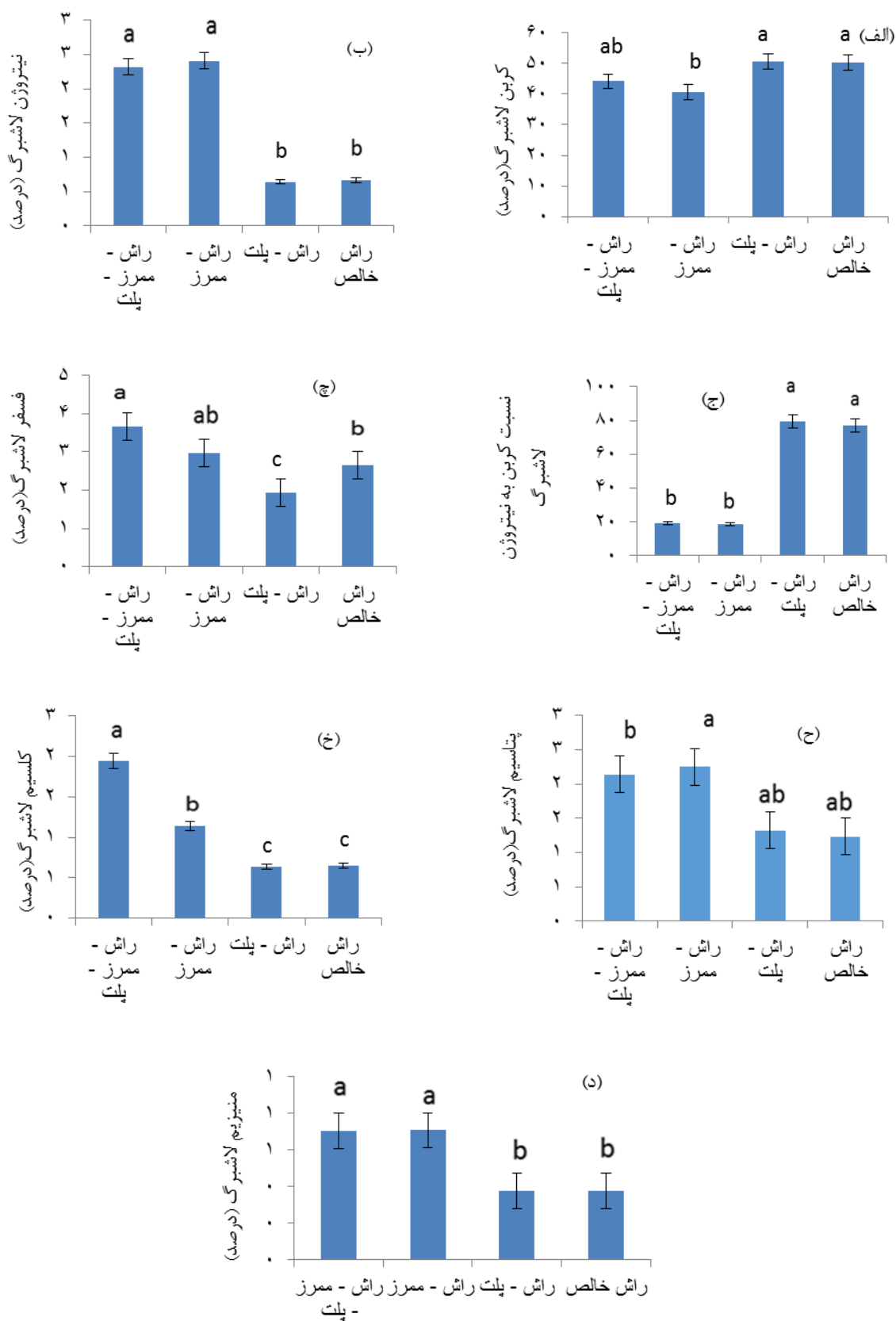
روش تحلیل آماری

در مرحله اول، نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و همگن بودن واریانس داده‌ها با استفاده از آزمون لون بررسی شد. به منظور بررسی تفاوت یا نبود تفاوت مقادیر صفات و مشخصه‌های لاشبرگ و خاک در ارتباط با ترکیب‌های مختلف تاجی از تجزیه واریانس یکطرفه استفاده شد. آزمون توکی نیز به منظور مقایسه چندگانه میانگین به کار رفت. تجزیه و تحلیل آماری همه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام پذیرفت. برای بررسی رابطه ویژگی‌های لاشبرگ و خاک با ترکیب تاجی مختلف نیز پس از استانداردسازی داده‌ها با استفاده از ماتریس همبستگی، از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) در نرم‌افزار PC-ORD استفاده شد.

نتایج

مشخصه‌های لاشبرگ

نتایج تجزیه واریانس یکطرفه حاصل از لاشبرگ‌های آمیخته توده‌های بررسی شده نشان داد



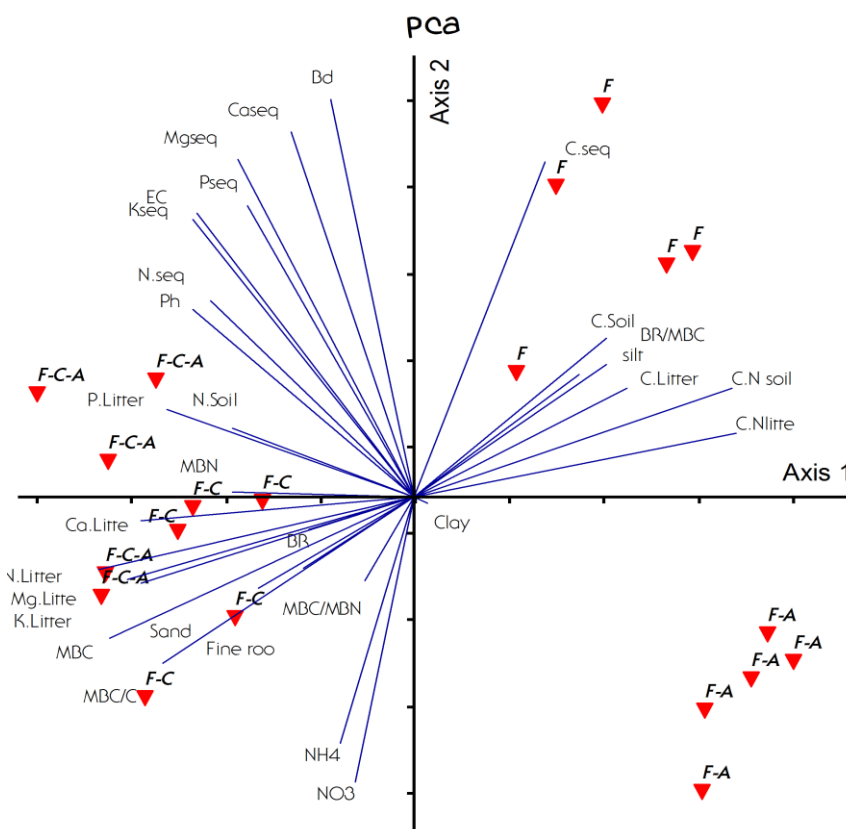
شکل ۱- میانگین (± اشتباه معیار) مشخصه‌های لاشبرگ آمیخته در ارتباط با ترکیب‌های تاجی مختلف

جدول ۱- میانگین (± اشتباه معیار) مشخصه‌های شیمیایی و میکروبی خاک در ارتباط با ترکیب‌های تاجی مختلف

معنی‌داری	مقدار F	راش خالص	راش- پلت	راش-ممرز	راش-ممرز-پلت	مشخصه
		میانگین ± اشتباه معیار	میانگین ± اشتباه معیار	میانگین ± اشتباه معیار	میانگین ± اشتباه معیار	
۰/۰۰۰	۱۶/۷۸	۱/۶۶±۰/۰۹ ^a	۱/۰۶±۰/۰۱ ^{bc}	۱/۳۷±۰/۰۳ ^{ac}	۱/۴۱±۰/۰۶ ^{ab}	وزن مخصوص ظاهری
۰/۱۱۹	۲/۲۷	۲۶±۴/۱۹ ^a	۲۷±۳/۳۷ ^a	۴۵/۴±۱۰/۸۹ ^a	۲۸±۱/۴۸ ^a	شن
۰/۰۰۵	۶/۲۷	۴۲/۴±۴/۱۱ ^a	۴۲±۱/۷۸ ^b	۲۶±۳/۸۰ ^{ab}	۳۸/۶±۱/۷۴ ^c	سیلت
۰/۸۸۹	۰/۲۰	۳۱/۶±۲/۶۳ ^a	۳۱±۲/۴۴ ^a	۲۸/۶±۷/۴۶ ^a	۳۳/۴±۲/۶۱ ^a	رس
۰/۱۵۵	۲/۰۰	۶/۹±۱/۳۱ ^a	۶/۱۵±۰/۹۷ ^a	۴/۷۴±۰/۳۵ ^a	۴/۲۴±۰/۴۶ ^a	کربن آلی (%)
۰/۰۴۷	۳/۳۰	۰/۳۳±۰/۰۶ ^{ab}	۰/۳۱±۰/۰۴ ^b	۰/۴۹±۰/۰۳ ^a	۰/۴۸±۰/۰۵ ^a	نیترژن کل (%)
۰/۰۰۰	۱۰۴	۲۰/۳۴±۰/۸۳ ^a	۱۹/۳۸±۰/۷۹ ^a	۸/۷۶±۰/۳۳ ^b	۸/۷۶±۰/۳۳ ^b	نسبت کربن به نیترژن
۰/۰۰۰	۳۶/۵۲	۰/۲۹±۰/۰۷ ^a	۰/۱۶±۰/۰۱ ^b	۰/۲۷±۰/۰۵ ^a	۰/۲۸±۰/۰۶ ^a	هدایت الکتریکی (ds/m)
۰/۰۰۱	۹/۳۶	۶/۰۲±۰/۲۱ ^a	۶/۰۴±۰/۲۷ ^b	۷/۱۹۲±۰/۱۸ ^a	۷/۴۳۲±۰/۰۵ ^a	اسیدیته (1;2.5 H ₂ O)
۰/۰۱۴	۴/۸۷	۱۱۱/۱±۱۵/۳۹ ^a	۶۵/۱۰۳±۵۸/۳۷ ^b	۶۵/۵۱±۶/۰۴ ^b	۶۱/۰۵±۸/۸۳ ^b	انباشتگی کربن (Mgha ⁻¹)
۰/۰۱۳	۴/۹۱	۵/۰۴۱±۶/۶۸ ^{ab}	۳/۰۳۵±۶/۹ ^b	۶/۰۸۵±۸/۶۴ ^a	۷/۰۳±۱/۱ ^a	انباشتگی نیترژن (Mgha ⁻¹)
۰/۰۰۲	۷/۵۵	۴/۹۷۶±۳۶/۴۴ ^a	۱/۴۳±۱۷/۳ ^b	۳/۳±۲۶/۵۵ ^a	۴/۶۵±۳۳/۳۳ ^a	انباشتگی فسفر (Mgha-1)
۰/۰۰۰	۲۲/۲۲	۵/۸۲±۸/۲۲ ^b	۱/۷۹±۱/۴۸ ^c	۴/۵۸±۲/۷۴ ^b	۷/۴±۴/۹ ^a	انباشتگی پتاسیم (Mgha ⁻¹)
۰/۰۰۰	۳۵/۲۱	۴/۶۱±۳/۶۵ ^a	۱/۱۴±۱/۵۲ ^c	۳/۴±۲/۶۴ ^b	۳/۴۴±۱/۰۹ ^b	انباشتگی کلسیم (Mgha ⁻¹)
۰/۰۰۷	۶/۰۴	۱/۰۰±۶۴/۲۹ ^c	۵/۱۸±۵۱/۵۸ ^b	۷/۲۵±۱/۲۲ ^{ab}	۸/۲۶±۵۴/۳۶ ^a	انباشتگی منیزیم (Mgha ⁻¹)
۰/۰۰۰	۲۷/۳	۱۶/۱±۱/۱۱ ^b	۵۱/۵۸±۵۱/۱۸ ^b	۴۰/۴۴±۲/۴۱ ^a	۳۸/۴۱۴±۰/۸۶ ^a	آمونیم (mgkg ⁻¹)
۰/۰۰۶	۵/۹۸	۱۶/۷۳±۱/۵۹ ^b	۲۲/۵±۳/۱۱ ^a	۲۵/۶±۲/۱۱ ^a	۱۹/۰۸±۱/۵۸ ^b	نیترات (mgkg ⁻¹)
۰/۰۰۰	۴۲/۵۱	۵۰/۸±۳۳/۵۰۳ ^c	۵۶۴/۸±۲۱/۰۶ ^c	۷۳۴/۸±۱۶/۸۲ ^b	۸۰/۱۶±۴/۷۳ ^a	زی‌توده میکروبی کربن (Mgha ⁻¹)
۰/۰۰۸	۵/۵۵	۴۲/۱۳±۵/۷۷ ^b	۴۴/۹۵±۴/۶۷ ^b	۴۸/۳۹±۲/۲ ^b	۶۳/۵۲±۲/۳۱ ^a	زی‌توده میکروبی نیترژن (Mgha ⁻¹)
۰/۷۰۵	۰/۴۷	۱۳/۴۳±۲/۹۸ ^a	۱۳/۱±۱/۳۱ ^a	۱۵/۳۵±۰/۹۵ ^a	۱۲/۶۸±۰/۴۶ ^a	نسبت زی‌توده میکروبی کربن به نیترژن
۰/۴۲۳	۰/۹۸	۰/۴۴±۰/۰۶ ^a	۰/۵±۰/۰۵ ^a	۰/۵۳±۰/۰۷ ^a	۰/۶۱±۰/۰۸ ^a	تنفس میکروبی (mg CO ₂ g ⁻¹ day ⁻¹)
۰/۱۱۲	۲/۳۳	۰/۹۹±۰/۲۳ ^a	۰/۸۶±۰/۱۹ ^a	۰/۴۸±۰/۰۴ ^a	۰/۵۴±۰/۰۷ ^a	ضریب متابولیسم (mg CO ₂ g ⁻¹ day ⁻¹)
۰/۰۰۳	۷/۱	۸/۸۴±۱۸/۹۶ ^a	۱/۰۲±۱۹/۱۶ ^{ab}	۱/۵۷±۱۴/۴۵ ^{bc}	۲/۰۳±۲۶/۹۸ ^c	ضریب میکروبی (mgkg ⁻¹)

راش-ممرز-پلت و راش-ممرز مشاهده شد. همچنین زی‌توده میکروبی کربن، نسبت زی‌توده میکروبی کربن به نیتروژن و ضریب میکروبی خاک، زی‌توده میکروبی نیتروژن و تنفس میکروبی با نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم لاشبرگ آمیخته و اسیدپتیه همبستگی مثبتی دارد. توده راش خالص دارای بیشترین مقدار ضریب متابولیسی، ذخیره کربن، کربن لاشبرگ آمیخته و خاک و نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ آمیخته و خاک بود که با نیتروژن، کلسیم، منیزیم و پتاسیم لاشبرگ آمیخته رابطه عکس دارد (شکل ۲).

تجزیه به مؤلفه اصلی (PCA) در ارتباط با ترکیب‌های مختلف درختی و مشخصه‌های خاک نشان می‌دهد که مؤلفه‌های اصلی اول، دوم و سوم در مجموع ۶۷/۹۱۵ درصد از تغییرات واریانس کل را توجیه می‌کنند، به طوری که بیشترین ذخیره نیتروژن، فسفر، کلسیم، منیزیم و پتاسیم لاشبرگ‌های آمیخته و وزن مخصوص ظاهری در توده راش-ممرز-پلت بود که با نیتروژن و قلیایی بودن خاک ارتباط مستقیم دارد. بیشترین فعالیت میکروبی (زی‌توده میکروبی کربن، نسبت زی‌توده میکروبی کربن به نیتروژن و ضریب میکروبی خاک) و بیوشیمیایی خاک (آمونیم و نترات) در توده‌های



شکل ۲- توزیع مکانی پوشش‌های جنگلی، مشخصه‌های شیمیایی و میکروبی خاک در تحلیل PCA (فاکتور اول: مقدار ویژه = ۱۱/۸۳، درصد واریانس = ۳۶/۳۹۷ و فاکتور دوم: مقدار ویژه = ۵/۸۶۲، درصد واریانس = ۱۸/۹۱ و فاکتور سوم: مقدار ویژه = ۳/۹۰۸، درصد واریانس = ۱۲/۶۰۸).

بحث

در جنگل‌های طبیعی و نیز در جنگلکاری، فعالیت میکروبی خاک شاخصی از عملکرد خاک به شمار می‌رود (Pabst et al., 2016). نقش اصلی میکروارگانیزم‌ها در چرخه کربن، نیتروژن و مواد مغذی، به همراه حساسیت آنها به تغییر شرایط خاک (Fang et al., 2014) مطرح شده است. همسو با یافته‌های Gorobtsova et al. (2016) نشان داد که فعالیت میکروبی خاک در پوشش‌های مختلف درختی متأثر از تغییرپذیری مشخصه‌های شیمیایی خاک، به خصوص کربن، نیتروژن و مواد مغذی در دسترس است.

براساس نتایج، توده راش-ممرز-پلت دارای بیشترین مقدار تنفس میکروبی و راش خالص دارای کمترین مقدار این مشخصه است. زیاد بودن این مشخصه را می‌توان به کیفیت بالای لاشبرگ‌های آمیخته و خاک (نسبت کربن به نیتروژن کم خاک و لاشبرگ آمیخته) و pH قلیایی در زیر توده راش-ممرز-پلت نسبت داد (Burton et al., 2010). در پژوهش Kara & Bolat (2007) از علل مؤثر بر تنفس میکروبی زیاد خاک در اکوسیستم‌های جنگلی، مناسب بودن شرایط لازم برای فعالیت میکروبی از جمله عرضه کافی کربن و وجود افق لاشبرگ مورد استفاده ریزجانداران خاک است. کاهش تنفس میکروبی خاک در اکوسیستم‌های جنگلی به کاهش حاصلخیزی خاک منجر می‌شود (Tardy et al., 2014).

براساس نتایج، توده‌های درختی راش-ممرز-پلت و راش-ممرز دارای بیشترین مقادیر شاخص‌های زی‌توده میکروبی کربن، زی‌توده میکروبی نیتروژن، نسبت زی‌توده میکروبی کربن به نیتروژن و تنفس میکروبی؛ و توده راش خالص دارای کمترین مقدار مشخصه‌ها هستند. کم بودن این مشخصه‌ها در توده راش خالص به دلیل کم بودن مشخصه‌های لاشبرگ‌ها و همچنین کمتر بودن نرخ تجزیه، زی‌توده میکروبی کربن و نیتروژن است (Aponte et al., 2013). بنابر

یافته‌های Singh et al. (2012) محدودیت نیتروژن خاک می‌تواند فعالیت میکروبی را در نسبت‌های زیاد کربن به نیتروژن کاهش دهد که این مسئله در توده راش خالص مشاهده می‌شود. همچنین، pH خاک در شدت فعالیت میکروبی خاک نیز تأثیر تعیین‌کننده‌ای دارد، به طوری که در pH قلیایی، توده راش-ممرز-پلت برای فعالیت‌های میکروبی بسیار مناسب است (Singh et al., 2012).

به علاوه قابلیت دسترسی مواد غذایی، مهم‌ترین عامل کنترل‌کننده تغییر فعالیت‌های میکروبی (Osono et al., 2014)، تحت توده آمیخته راش-ممرز-پلت است که سبب بهبود شاخص‌های میکروبی می‌شود. در پژوهش Osono et al. (2014) گزارش شده است که سرعت زیاد تجزیه، افزایش نیتروژن در لاشبرگ و خاک و کاهش نسبت کربن به نیتروژن خاک، سبب افزایش زی‌توده میکروبی و در نهایت افزایش تنفس میکروبی خاک می‌شود. در این پژوهش، نتایج حاصل از PCA نشان‌دهنده همبستگی زیاد فعالیت‌های میکروبی خاک با مشخصه‌های لاشبرگ‌های آمیخته و خاک (شاخص‌های pH، نیتروژن لاشبرگ آمیخته، آمونیوم و تنفس میکروبی) در توده‌های راش-ممرز-پلت است. Burton et al. (2010) گزارش دادند که زی‌توده میکروبی نیتروژن همبستگی زیادی با نیتروژن، تنفس میکروبی و pH خاک دارد که با نتایج این تحقیق همسوست.

همچنین نتایج حاصل از PCA نشان داد که نرخ معدنی شدن نیتروژن به شدت تحت تأثیر تاج‌پوشش جنگلی قرار می‌گیرد، به طوری که توده‌های راش-ممرز-پلت و راش-ممرز دارای بیشترین مقادیر آمونیوم و نترات هستند که به احتمال زیاد این به دلیل نیتروژن بیشتر لاشبرگ آمیخته، نسبت کربن به نیتروژن و سرعت تجزیه بیشتر مواد آلی در توده‌های راش-ممرز-پلت و راش-ممرز نسبت به دیگر توده‌هاست (Liao et al., 2012). در این زمینه Kooch et al. (2016) در مقایسه توده‌های پهن‌برگ

این ضریب در توده‌های خالص بلوط و ممرز بیشترین و در توده‌های آمیخته کمترین بود؛ همچنین ضریب میکروبی در توده‌های آمیخته بیشتر از بقیه توده‌ها بود. پژوهش حاضر نشان داد که هم ضریب متابولیکی و هم ضریب میکروبی در توده خالص راش بیشتر از توده‌های آمیخته راش-ممرز-پلت، راش-ممرز و راش-پلت است که از دلایل آن می‌توان به افزایش کربن آلی خاک و نسبت کربن به نیتروژن خاک در توده‌های راش خالص نسبت به توده‌های آمیخته اشاره کرد.

نتایج این پژوهش بیانگر آن است که حضور توده‌های مختلف تأثیر متفاوت چشمگیری بر مشخصه‌های میکروبی و انباشتگی عناصر غذایی خاک دارند. برپایه نتایج، بیشترین مقدار مشخصه‌های میکروبی و انباشتگی مواد غذایی در توده‌های راش-ممرز-پلت مشاهده شد و دیگر توده‌ها در اولویت‌های بعدی قرار داشتند. از آنجا که مشخصه‌های میکروبی خاک سبب تغییر در گازهای گلخانه‌ای می‌شوند، باید به انتخاب توده مناسب با هدف کاهش اثر تغییرات اقلیمی با بهبود شاخص‌های میکروبی خاک توجه خاصی شود. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده تأثیر مثبت تنوع گونه‌های درختی به‌عنوان یکی از عوامل بهبود مشخصه‌های لاشبرگ و سلامت خاک است. در مجموع به نظر می‌رسد ترکیب تاجی راش-ممرز-پلت توانسته است مشخصه‌های خاک تحت مطالعه را بیشتر از دیگر ترکیب‌های گونه‌های درختی بهبود بخشد. بنابراین در مدیریت توده‌های راش، استفاده از درختان پلت باید حمایت شود و در مناطقی که درختان پلت وجود ندارد باید به وارد کردن این درختان اقدام شود. از آنجا که درختان ممرز در بیشتر رانشستان‌های ایران وجود دارد، به وارد کردن این گونه نیاز نیست، ولی نشانه‌گذار باید از افزایش تنوع زیستی حمایت کند.

توسکا و صنوبر با توده سوزنی‌برگ دارتالاب عنوان کردند که کم بودن معدنی شدن نیتروژن در توده دارتالاب به‌علت کیفیت ضعیف مواد آلی، کاهش سرعت تجزیه و pH کم است که با نتایج این پژوهش همسوست.

براساس نتایج حاصل از PCA، انباشتگی کربن خاک همبستگی مثبت با کربن لاشبرگ آمیخته و خاک و نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ آمیخته و خاک داشت، درحالی که با اسیدیتة خاک، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و انباشتگی غذایی آنها همبستگی منفی نشان داد. در پژوهش Bayranvand (2015) انباشتگی کربن خاک متأثر از pH، پتاسیم قابل جذب، کلسیم و منیزیم قابل جذب، نسبت کربن به نیتروژن و کربن آلی خاک بود که با یافته‌های حاضر نسبت عکس دارد. همچنین بیان شد که انباشتگی نیتروژن خاک با اسیدیتة، پتاسیم قابل جذب، کلسیم و منیزیم رابطه مثبت و با نسبت کربن به نیتروژن رابطه منفی دارد. که با نتایج این پژوهش همسوست، به‌طوری که انباشتگی نیتروژن در زیر توده‌های راش-ممرز-پلت بیشتر از دیگر توده‌ها بود.

ضریب متابولیکی نشان‌دهنده مقدار کربن متصاددشده (تنفس پایه) از هر واحد کربن زی‌توده میکروبی در واحد زمان است (Raiesi & Asadi, 2006) که در این پژوهش مقدار این ضریب همسو با افزایش کربن آلی لاشبرگ آمیخته و خاک و نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ آمیخته و خاک افزایش یافت. زیاد بودن این ضریب در راش خالص بیانگر آن است که کربن خاک بیشتر صرف تولید انرژی شده است، درحالی که کم بودن این ضریب در خاک تحتانی راش-ممرز-پلت و راش-ممرز نشان می‌دهد که کربن خاک بیشتر صرف رشد میکروبی شده است (Moscatelli et al., 2007). همسو با نتایج حاضر، یافته‌های Kooch et al. (2018) نشان داد که ضریب متابولیکی در بین ترکیب‌های مختلف متفاوت است.

References

- Ali Asgharzad, N. (2009). Soil biology laboratory methods. Tabriz, *University of Tabriz Publications*, 522.
- Augusto, L., Ranger, J., Binkley, D., & Rothe, A. (2002). Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Annals of Forest Science*, 59, 233-253.
- Anderson, T.H., & Domsch, K.H. (1990). Application of eco-physiological quotients (qCO₂ and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. *Soil Biology and Biochemistry*, 22, 251-255.
- Aponte, C., García, L.V., & Marañón, T. (2013). Tree species effects on nutrient cycling and soil biota: a feedback mechanism favoring species coexistence. *Forest Ecology and Manage*, 309, 36-46.
- Bayranvand, M. (2015). Analysis of Morpho-Functional Structure of Humus Forms in Relation to Tree Ecological Groups. *The of M.Sc. in forest science. Tarbiat Modares University*, 153.
- Bower, C.A., Reitemeier, R.F., & Fireman, M. (1952). Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. *Soil Science*, 73:251-261.
- Burton, J., Chen, C., Xu, Z., & Ghadiri, H. (2010). Soil microbial biomass, activity and community composition in adjacent native and plantation forests of subtropical Australia. *Journal of Soils and Sediments*, 10 (7), 1267-1277.
- Christiansen, J.R., Vesterdal, L., & Gundersen, P. (2012). Nitrous oxide and methane exchange in two small temperate forest catchments-effects of hydrological gradients and implications for global warming potentials of forest soils. *Biogeochemistry*, 107, 437-454.
- Fang, H., Cheng, S., Wang, Y., Yu, G., Xu, M., Dang, X., & Wang, L. (2014). Changes in soil heterotrophic respiration, carbon availability, and microbial function in seven forests along a climate gradient. *Ecology Reserch*, 29, 1077-1086.
- Gartzia-Bengoetxea, N., Kandeler, E., de Arano, I.M., & Arias-Gonzalez, 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.
- Gei, M.G., & Powers, J.S. (2013). Do legumes and non-legumes tree species affect soil properties in unmanaged forests and plantations in Costa Rican dry forests? *Soil Biology and Biochemistry*, 57(2), 264-272.
- Ghazan Shahy, C. (2006). Analysis of soil and plants. Tehran, Homa Publication.
- Gorobtsova, O.N., Gedgafova, F.V., Uligova, T.S., & 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 Journal Ecology*, 47, 19-25.
- Homer, C.D., & Pratt, P.F. (1961). Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California. *Agricultural Sciences Publications, Berkeley*, 309.
- Hoogmoed, M., Cunningham, S.C., Baker, P.J., Beringer, J., & Cavagnaro, T.R. (2014). Is there more soil carbon under nitrogen-fixing trees than under non-nitrogen-fixing trees in mixed-species restoration plantings? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 188 (3), 80 -84.
- Insam, H., & Domsch, K.H. (1988). Relationship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequence of reclamation sites. *Microbial and Ecology*, 15, 177-188.
- Kara, O., & Bolat, I. (2007). The effect of different land uses on soil microbial biomass carbon and nitrogen in Barton Province. *Turkey Journal of Agriculture, Forest*. 32, 281-288.

- Kazemi, M., Taheri Abkenar, K., Akavan, R., Pourbabaie, H., & Amanzadeh, B. (2017). Spatial patterns, competition and spatial association of trees from different development stages in mixed beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands. *Forest and Wood Products*, 70(2), 303-3014.
- Kooch, Y., Rostayee, F., & Hosseini, S.M. (2016). Effects of tree species on topsoil properties and nitrogen cycling in natural forest and tree plantations of northern Iran. *Catena*, 144, 65-73.
- Kooch, Y., Samadzadeh, B., & Hosseini, S.M., (2017). The effects of broad-leaved tree species on litter quality and soil properties in a plain forest stand, *Catena*, 150, 223-229.
- Kooch, Y., Tavakoli, M., & Akbarinia, M. (2018). Microbial/biochemical indicators showing perceptible deterioration in the topsoil due to deforestation. *Ecological Indicators* 91, 84-91.
- Liao, C., Luo, Y., Fang, C., Chen, J., & Li, B. (2012). The effects of plantation practice on soil properties based on the comparison between natural and planted forests: a meta-analysis. *Global Ecology and Biogeography*, 21(3), 318-327.
- Moscattelli, M.C., Tizio, A.D., Marinari, S., & Grego, S. (2007). Microbial indicators related to soil carbon in Mediterranean land use systems. *Soil and Tillage Research*, 97, 51-59.
- Norton, J.B., Sandor, J. A., & White, C.S. (2003). Hillslope soils and organic matter dynamics within a native American agro ecosystem on the Colorado Plateau. *Soil Science Society of America Journal*, 67 (1), 225-234.
- Osono, T., Azuma, J. I., & Hirose, D. (2014). Plant species effect on the decomposition and chemical changes of leaf litter in grassland and pine and oak forest soils. *Plant and Soil*, 376 (1-2), 411-421.
- Pabst, H., Gerschlauer, F., Kiese, R., & Kuzyakov, Y. (2016). Land use and precipitation affect organic and microbial carbon stocks and the specific metabolic quotient in soils of eleven ecosystems of Mt. Kilimanjaro, Tanzania. *Land Degrad. Develop.* 27, 592-602.
- Raiesi, F., & Asadi, E. (2006). Soil microbial activity and litter turnover in native grazed and ungrazed rangelands in a semiarid ecosystem. *Biology and Fertility of Soils*, 43, 76-82.
- Shabani, M. (2016). Relationship between tree types and physiographic conditions of the habitat in the northern profile of the forests, north of Iran (Case study: Golband region of Noshahr). *M. Sc. thesis of Forestry, Sari University*, 89.
- Singh, J.S., Singh, D.P., & Kashyap, A.K. (2009). A comparative account of the microbial biomass-N and N-mineralization of soils under natural forest, grassland and crop field from dry tropical region, India. *Plant, Soil and Environment*, 55, 223-230.
- Singh, K., Singh, B., & Singh, R.R. (2012). Changes in physico-chemical, microbial and enzymatic activities during restoration of degraded sodic land: ecological suitability of mixed forest over monoculture plantation. *Catena*, 96 (4), 57-67.
- Tardy, V., Mathieu, O., Lévêque, J., Terrat, S., Chabbi, A., Lemanceau, P., Ranjard, L., & Maron, P.A. (2014). Stability of soil microbial structure and activity depends on microbial diversity. *Environ, Microbiol.* 6, 173-183.
- Tian, J., McCormack, L., Wang, J., Guo, D., Wang, Q., Zhang, X., Yu, G., Blagodatskaya, E., & Kuzyakov, Y. (2015). Linkages between the soil organic matter fractions and the microbial metabolic functional diversity within a broad-leaved Korean pine forest. *European Journal of Soil Biology*, 66(4), 57-64.
- Wen, L., Lei, P., Xiang, W., Yan, W., & Liu, S. (2014). Soil microbial biomass carbon and nitrogen in pure and mixed stands of *Pinus massoniana* and *Cinnamomum camphora* differing in stand age. *Forest Ecology and Management*, 328, 150-158.



Research Article

The effect of canopy combination in over story on nutrient Content and microbial indices of soil in Korkoroud forests of Noshahr

A. Karimiyan Bahnemiri¹, K. Taheri Abkenar^{2*}, Y. Kooch³, and A. Salehi²

¹ Ph.D. Student of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Natural Resources, Guilan University, Someh Sara, I.R. Iran

² Associate Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Guilan University, Someh Sara, I.R. Iran

³ Assist. Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Nour, I.R. Iran

(Received: 26 June 2019, Accepted: 18 December 2019)

Abstract

The present study aimed to assess the effect of canopy combination of beech trees and mixed species (beech-hornbeam-maple, beech-hornbeam, beech-maple and pure beech) on microbial indices and soil nutrient stocks characteristics in Mazandaran Province, north of Iran. Leaf litter sampling was done by using litter traps and soil samples (30 × 30 × 30 cm) were taken in each of the stands with five replicates under the canopy of beech trees. Characteristics of litter (organic carbon, total nitrogen, carbon to nitrogen ratio, phosphorus, potassium, calcium and magnesium) were measured. The physical, chemical, biochemical and microbial properties of soil (bulk density, Sand, silt, clay, pH, EC, organic carbon, total nitrogen, carbon to nitrogen ratio, sequestration of organic carbon, total nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium, ammonium, nitrate, microbial respiration, metabolic and microbial quotient) were also investigated. The results showed that beech-hornbeam-maple stand had the highest pH, nitrogen sequestration, phosphorus, potassium, magnesium, microbial biomass of carbon and nitrogen, and microbial respiration. Also, the highest amount of soil carbon, carbon to nitrogen ratio, carbon sequestration, metabolic and microbial quotients were allocated to pure beech stands. In addition, the highest ammonium and nitrate levels were also observed in beech-maple and beech-hornbeam stands. According to the present study, beech-hornbeam-maple stand improved the litter quality, nutrient storage and microbial indicators of the soil, followed by beech-hornbeam, beech-maple and pure beech stands. The practical results of this research indicate the positive effects of tree species diversity on improvement of soil quality and health.

Keywords: Characteristics of soil and litter, microbial biomass, microbial respiration, Tree composition