

تحلیل تغییرپذیری شاخص‌های کیفی لاشبرگ، نیتروژن معدنی، تنفس و زی توده میکروبی خاک در توده‌های جنگلی دست‌کاشت

یحیی کوچ^{۱*}، محمد بیرانوند^۲

۱. استادیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

۲. دانشجوی دکتری علوم جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۲۹، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۲۱

چکیده

در این تحقیق، به منظور شناخت و مدیریت پایدار اکوسیستم‌های جنگلی دست‌کاشت، اثر چهار توده مختلف توسکای بیلاقی، پلت، سکویا و آمیخته سکویا - پلت بر شاخص‌های کیفیت لاشبرگ و خاک در محدوده سلمان‌شهر مازندران ارزیابی شد. بدین منظور در هر یک از توده‌ها، ۱۵ نمونه از لایه لاشبرگ از عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری خاک سطحی برداشت شد. مقادیر کربن آلی و نیتروژن کل لاشبرگ و رطوبت، pH، کربن آلی، نیتروژن کل، نترات، آمونیوم، تنفس میکروبی، زی توده میکروبی کربن و نیتروژن خاک اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که مقدار رطوبت، pH، نیتروژن خاک و لاشبرگ، غلظت نترات و آمونیوم، تنفس میکروبی و زی توده میکروبی کربن و نیتروژن در گونه توسکای بیلاقی به‌طور معنی‌داری بیشتر از توده‌های پلت < آمیخته سکویا - پلت > و سکویا است. نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ و خاک و همچنین کربن آلی خاک در توده سوزنی‌برگ سکویا بیشتر از توده‌های پهن‌برگ توسکا و پلت بود. به‌طور کلی توده آمیخته سکویا - پلت حالت بینابینی را از نظر کیفیت لاشبرگ و حاصلخیزی خاک نشان می‌دهد. براساس پژوهش حاضر، جنگلکاری با گونه‌های پهن‌برگ، به‌ویژه گونه تثبیت‌کننده نیتروژن توسکای بیلاقی، سبب بهبود کیفیت لاشبرگ و خاک شده، درحالی که جنگلکاری خالص سکویا شرایط نامناسبی را ایجاد کرده است.

واژه‌های کلیدی: پهن‌برگ، جنگلکاری، سوزنی‌برگ، کیفیت خاک.

مقدمه

مختلف درختی بر شاخص‌های شیمیایی و چرخه زیستی خاک تأثیر فراوان دارد. برای مثال لاشبرگ گونه‌های درختی با تغییر اسیدیته در بخش سطحی خاک می‌تواند تأثیرات منفی یا مثبت در انتقال کاتیون‌های خاک داشته باشد [۳، ۴]. گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ از طریق تأمین مقادیر مختلفی از مواد آلی با ترکیبات شیمیایی مختلف طی خزان یا ایجاد لاشبرگ، بر خصوصیات شیمیایی و میکروبی خاک تأثیرات متفاوتی دارند [۳، ۵-۹]. بستر حاصل از ریزش لاشبرگ گونه‌های جنگلی مختلف، تولید اولیه مواد آلی، تنظیم جریان انرژی، چرخه کربن و نیتروژن خاک را تضمین

جنگل‌های دست‌کاشت از عناصر مهم در زمینه تغییر کاربری زمین به حساب می‌آیند. امروزه با توجه به افزایش تخریب و کاهش پوشش جنگلی‌های طبیعی، بهترین راهکار افزایش سطح پوشش و تقویت اکوسیستم‌های جنگلی، جنگلکاری با گونه‌های مناسب است. در نتیجه اعمال این راهکار، سطح جنگلکاری با گونه‌های مختلف در سراسر دنیا سالانه ۲ درصد افزایش داشته است [۱، ۲]. جنگلکاری با گونه‌های

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۱۱-۴۴۵۵۳۱۰۱

طول جغرافیایی "۵۱°۰۹'۵۵" تا "۵۱°۱۰'۱۸" شرقی واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریای آزاد منطقه حداکثر ۲۵۰ متر است. منطقه، جزء محدوده اقلیمی نوشهر است و براساس طبقه‌بندی آمبرژه در طبقه اقلیمی خیلی مرطوب با زمستان‌های معتدل قرار دارد [۱۴]. میانگین بارندگی و درجه حرارت سالانه به ترتیب ۱۳۰۰ میلی‌متر و ۱۵/۲ درجه سانتی‌گراد است. براساس مطالعات خاک‌شناسی، خاک‌های محدوده سری اغلب از تیپ راندزین تکامل نیافته - قهوه‌ای جنگلی با pH اسیدی و قهوه‌ای شسته شده با افق آرجیلیک تشکیل یافته‌اند [۱۴]. جنگلکاری‌ها با حدود ۱۴ هکتار در قسمت شمالی پارسل ۱۱۲ از سری ۱ حوزه ۳۸ طرح جنگلداری تیله‌کنار سلمانشهر واقع شده‌اند. در سال ۱۳۶۸ در قالب طرح کمربند سبز به منظور جلوگیری از تجاوز اهالی به عرصه‌های جنگلی، حفظ حدود و ثغور جنگل با اراضی زراعی و باغ‌ها، قطعات حاشیه شمالی با گونه‌های توسکای بیلاقی (*Alnus subcordata*) با مساحت ۲/۱ هکتار، پلت (*Acer insigne*) با مساحت ۱/۷ هکتار، سکویا (*Sequoia sempervirens*) با مساحت ۵/۹ هکتار و توده آمیخته پلت و سکویا با مساحت ۴/۹ هکتار با نهال‌های یکساله و فاصله کاشت ۳×۳ متر جنگلکاری شد [۱۴]. در خصوص اجزای بافت خاک (عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری) توده‌های مذکور، بیشترین مقدار شن در توده آمیخته پلت و سکویا (۴۳/۶۲ درصد) بود و کمترین مقدار آن در توده توسکای بیلاقی (۲۶/۴۷ درصد) مشاهده شد، درحالی که بیشترین مقادیر سیلت و رس به توده توسکای بیلاقی (۳۹/۴۶ و ۳۴/۰۶ درصد) اختصاص داشت و کمترین مقادیر این مشخصه‌ها نیز در توده آمیخته پلت و سکویا (۳۱/۱۱ و ۲۵/۲۶ درصد) یافت شد [۱۴].

نمونه برداری لاشبرگ، خاک و تجزیه آزمایشگاهی

پس از بازدیدهای مقدماتی در توده‌های جنگلکاری شده مذکور، بخش همگنی از هر توده جنگلی مدنظر قرار گرفت. به منظور برداشت نمونه‌های خاک و لاشبرگ، از

می‌کند و منبع اصلی ذخیره عناصر غذایی خاک در اکوسیستم‌های جنگلی محسوب می‌شود [۱، ۷، ۱۰]. توده‌های جنگلی با تأثیر بر کیفیت لاشبرگ و شاخص‌های مختلف خاک، اثرهای متفاوتی بر تغییرپذیری فعالیت و زی‌توده جوامع میکروبی و همچنین معدنی کردن نیتروژن خاک دارند [۶-۸، ۱۱، ۱۲]. در این بین، زی‌توده میکروبی کربن و نیتروژن خاک از مؤلفه‌های اصلی اکوسیستم‌های خاکی به‌شمار می‌آیند [۳، ۱۳] و به شدت تحت تأثیر توده‌های مختلف جنگلی قرار می‌گیرند. این مشخصه‌ها بسیاری از فرایندهای اکولوژیکی مانند چرخه کربن و عناصر غذایی، معدنی شدن نیتروژن، تجزیه لاشبرگ و بهره‌وری اولیه خاک را کنترل می‌کنند [۱، ۶-۸]. بر همین اساس، کیفیت لاشبرگ حاصل از گونه‌های درختی، از شاخص‌های اساسی مؤثر بر تنوع، زی‌توده و عملکرد ریزجانداران است [۱۳] و در نهایت با تأثیر بر تنفس میکروبی خاک، گرمایش جهانی را در مقیاس منطقه‌ای تحت تأثیر قرار می‌دهد. مهم‌تر از آن، ترویج جنگلکاری، اقدامی مناسب برای توقف افزایش دی‌اکسید کربن اتمسفر و تغییرات آب‌وهوایی در آینده خواهد بود [۲]. مطالعات کمی به تأثیر گونه‌های مختلف جنگلکاری بر شاخص‌های کیفی لاشبرگ و ارتباط آنها با شاخص‌های حساس میکروبی پرداخته‌اند. هدف تحقیق حاضر، بررسی تأثیر توده‌های مختلف پهن‌برگ و سوزنی‌برگ بر تغییرپذیری شاخص‌های شیمیایی لاشبرگ و شاخص‌های حساس میکروبی خاک است. به این ترتیب می‌توان گونه‌های مناسب را برای افزایش کیفیت و بهره‌وری خاک در اکوسیستم‌های تخریب‌یافته جنگلی برای جنگلکاری معرفی کرد.

مواد و روش‌ها

منطقه تحقیق

رویشگاه بررسی شده، جنگل محدوده سلمانشهر است که بین عرض جغرافیایی "۳۶° ۳۹' ۳۶" تا "۳۶° ۴۰' ۰۱" شمالی و

ارتباط با توده‌های جنگلکاری شده از تجزیه واریانس یکطرفه استفاده شد. آزمون دانکن نیز به منظور مقایسه چندگانه میانگین‌ها به کار گرفته شد. به منظور بررسی ارتباط بین شاخص‌های کیفی لاشبرگ و خاک با توده‌های جنگلکاری از تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد. کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری در بسته نرم‌افزاری SPSS نسخه ۲۰ انجام گرفت.

نتایج و بحث

کیفیت لاشبرگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اگرچه مقدار کربن آلی لاشبرگ، در توده سوزنی‌برگ سکویا بیشتر از توده‌های پهن‌برگ پلت و توسکای بیلاقی است، بین توده‌های مختلف جنگلکاری تفاوت آماری معنی‌داری ندارد (جدول ۱، شکل الف). نیتروژن لاشبرگ در بین توده‌های مختلف تفاوت آماری معنی‌داری را نشان داد، به طوری که بیشترین مقدار نیتروژن در توده خالص توسکای بیلاقی و کمترین مقدار در توده خالص سکویا دیده شد (جدول ۱، شکل ب). همچنین نتایج حاکی از تفاوت آماری معنی‌دار نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ، بین توده‌های مختلف جنگلکاری است که روند تغییرات آن مشابه مقدار نیتروژن لاشبرگ است (جدول ۱، شکل ج). در این زمینه Kooch و همکاران [۹] در مقایسه توده‌های جنگلی سوزنی‌برگ دارتالاب و پهن‌برگ توسکا و صنوبر به این نتیجه رسیدند که مقادیر کربن دارتالاب به طور معنی‌داری بیشتر از توده‌های توسکا و صنوبر بود که به عقیده Osono و همکاران [۱۰] ممکن است به دلیل زیاد بودن لیگنین و ساختمان محکم‌تر سوزن‌ها با بافت کربوهیدراتی بیشتر باشد. لاشبرگ گونه‌های پهن‌برگ مانند بلوط نسبت به گونه‌های سوزنی‌برگ مانند کاج، کیفیت بیشتری دارد که دلیل اصلی آن زیاد بودن مقدار نیتروژن در لاشبرگ گونه‌های پهن‌برگ است [۱۰]. در این بین گونه‌های تثبیت‌کننده نیتروژن اتمسفری مانند توسکا نسبت به گونه‌های

روش تصادفی - سیستماتیک استفاده شد. در مجموع در هر یک از توده‌ها، ۱۵ نمونه از سطح ۵۰×۵۰ سانتی‌متری لایه لاشبرگ و عمق ۱۰-۲۰ سانتی‌متری خاک سطحی برداشت شد. نمونه‌های خاک به منظور تجزیه فیزیکی و شیمیایی در سایه و در فضای باز پخش و پس از خشک شدن، خاک حاصل خرد شد و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. بخشی از نمونه‌های خاک نیز به منظور اندازه‌گیری مشخصه‌های میکروبی، در محفظه یخ به آزمایشگاه انتقال یافت و تا زمان آزمایش در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. رطوبت خاک به روش توزین در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد، pH در یک محلول ۲/۵:۱ خاک به آب با دستگاه pH متر الکتریکی، مقدار کربن آلی به روش والکی - بلک، مقدار نیتروژن کل به روش کجلدال، و مقادیر نیترات و آمونیوم به ترتیب به روش احیای کادمیوم و روش رنگ‌سنجی اندازه‌گیری شد. بدین منظور، عصاره‌گیری خاک با کلرور پتاسیم ۲ مول انجام گرفت و سپس از MgO به عنوان ماده قلبایی برای اندازه‌گیری آمونیوم و از دواردا آلی به عنوان ماده احیاکننده برای اندازه‌گیری نیترات استفاده شد [۱۵]. میزان تنفس میکروبی با استفاده از روش بطری بسته در کنار هیدروکسید سدیم محاسبه شد و مقدار زی‌توده میکروبی کربن و نیتروژن به روش تدخین با کلروفوم و استخراج با سولفات پتاسیم و سپس به روش والکی - بلک و کجلدال تعیین شد [۱۶].

تجزیه و تحلیل داده‌ها

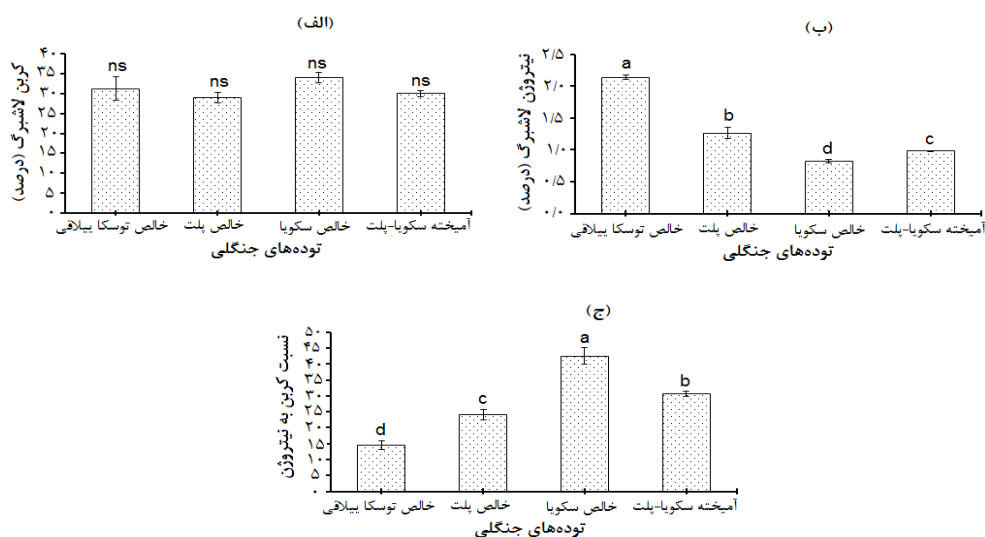
داده‌های جمع‌آوری شده در نرم‌افزار اکسل به عنوان بانک اطلاعات ذخیره شد. سپس به منظور تجزیه و تحلیل و مقایسه داده‌ها، ابتدا نرمال بودن آنها با آزمون کولموگروف - اسمیرنوف و همگنی واریانس با آزمون لون سنجیده شد. در مواردی که داده‌ها نرمال نبود از روش تبدیل جذر برای نرمال‌سازی استفاده شد. به منظور بررسی تفاوت یا نبود تفاوت مقادیر مشخصه‌های مختلف لاشبرگ و خاک در

شناخت کیفیت لاشبرگ، کیفیت و کمیت شاخص‌های خاک، سرعت تجزیه و دسترسی به عناصر غذایی است [۸، ۳]. افزایش مقدار این شاخص در لاشبرگ نشان‌دهنده کیفیت ضعیف لاشبرگ است [۶]. در این تحقیق کمترین و بیشترین مقادیر مشخصه مذکور به ترتیب به توده‌های خالص توسکای بیلاقی و خالص سکویا تعلق داشت. این موضوع بیانگر کیفیت مطلوب لاشبرگ گونه پهن برگ توسکا، نسبت به گونه سوزنی‌برگ سکویا است [۸، ۶]. Kooch و همکاران [۹] بیان کردند که زیاد بودن نسبت کربن به نیتروژن در لاشبرگ گونه‌های سوزنی‌برگ نسبت به پهن‌برگ، به دلیل زیاد بودن لیگنین و کم بودن نیتروژن در سوزن‌های آنهاست.

فاقد توانایی تثبیت، از نیتروژن لاشبرگی بیشتری برخوردار دارند [۶، ۳]. نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین مقدار نیتروژن به توده‌های توسکای بیلاقی < پلت، و کمترین مقدار به توده خالص سکویا اختصاص دارد، درحالی که توده آمیخته سکویا-پلت حالتی بینابین را نشان داد. این موضوع نشان‌دهنده تأثیر گونه پهن‌برگ پلت در توده آمیخته سکویا-پلت است. همسو با نتایج این تحقیق، Osono و همکاران [۱۰] در مقایسه دو توده جنگلکاری بلوط و کاج بیان داشتند که انتقال و جذب عناصر غذایی، افزایش فعالیت میکروبی، سرعت زیاد تجزیه و افزایش pH لاشبرگ به دلیل بیشتر بودن مقادیر نیتروژن در گونه بلوط نسبت به کاج است. نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ، از بهترین شاخص‌های ارزیابی و

جدول ۱. تجزیه واریانس شاخص‌های کیفی لاشبرگ در توده‌های جنگلی دست‌کاشت بررسی شده

شاخص‌ها / منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	میزان معنی‌داری
کربن لاشبرگ	بین گروه‌ها	۳	۷۲/۴۲	۱/۴۶	۰/۲۳۴
	درون گروه‌ها	۵۶	۴۹/۶۸		
	کل	۵۹	۱۱۴۹۲/۴۸		
نیتروژن لاشبرگ	بین گروه‌ها	۳	۵/۱۸	۱۳۱/۴۸	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۵۶	۰/۰۳		
	کل	۵۹	۱۷/۷۴		
نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ	بین گروه‌ها	۳	۲۰۵۷/۵۸	۴۵/۸۲	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۵۶	۴۴/۸۹		
	کل	۵۹	۸۶۸۷/۰۸		



شکل ۱. مقایسه شاخص‌های کیفی لاشبرگ در توده‌های جنگلی دست‌کاشت بررسی شده

شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی خاک

نتایج حاکی از آن است که شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی خاک تفاوت آماری معنی‌داری در توده‌های مختلف جنگلی دارند (جدول ۲). بیشترین مقدار رطوبت خاک به توده توسکای ییلاقی و کمترین آن به توده سکویا-پلت تعلق دارد (جدول ۳) که این موضوع ممکن است به دلیل تغییرپذیری اجزای بافت خاک (نگهداشت بیشتر رطوبت توسط بافت ریزتر خاک در توده توسکای ییلاقی)، ویژگی‌های تاج پوشش درختان، ماهیت و ضخامت لاشبرگ تجمع‌یافته در زیر اشکوب گونه‌های جنگلی مورد مطالعه باشد که تغییرات معنی‌داری را در محتوای رطوبت خاک ایجاد کرده است. pH خاک در

توده‌های پهن‌برگ توسکای ییلاقی و پلت، بیشتر از توده سوزنی‌برگ سکویا بوده است (جدول ۳). بیشترین مقدار کربن آلی خاک به ترتیب در خاک توده‌های سکویا = سکویا - پلت < توسکای ییلاقی < پلت بوده، در حالی که بالاترین مقدار نیتروژن به ترتیب در توده‌های توسکای ییلاقی < پلت < سکویا - پلت < و سکویا مشاهده شد (جدول ۳). نسبت کربن به نیتروژن نیز در خاک زیر توده‌های سوزنی‌برگ سکویا و سکویا - پلت به‌طور معنی‌داری بیشتر از توده‌های پهن‌برگ پلت و توسکای ییلاقی بود (جدول ۳). بیشترین و کمترین تنفس میکروبی به ترتیب در خاک توده توسکای ییلاقی و توده‌های سکویا و سکویا - پلت مشاهده شد (جدول ۳). همچنین

جدول ۲. تجزیه واریانس شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی خاک در توده‌های جنگلی دست‌کاشت بررسی شده

شاخص‌ها / منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	میزان معنی‌داری
رطوبت خاک	بین گروه‌ها	۳	۳۰۷/۸۸	۵/۱۱	۰/۰۰
	درون گروه‌ها	۵۶	۶۰/۱۶		
	کل	۵۹			
pH	بین گروه‌ها	۳	۱/۴۹	۳/۶۰	۰/۰۱
	درون گروه‌ها	۵۶	۰/۴۱		
	کل	۵۹			
کربن خاک	بین گروه‌ها	۳	۲/۶۵	۳/۶۷	۰/۰۱
	درون گروه‌ها	۵۶	۰/۷۲		
	کل	۵۹			
نیتروژن خاک	بین گروه‌ها	۳	۰/۰۶	۱۸/۹۵۵	۰/۰۰
	درون گروه‌ها	۵۶	۰/۰۰		
	کل	۵۹			
نسبت کربن به نیتروژن خاک	بین گروه‌ها	۳	۱۳۹۹/۲۷	۱۰/۷۴	۰/۰۰
	درون گروه‌ها	۵۶	۱۳۰/۲۶		
	کل	۵۹			
تنفس میکروبی	بین گروه‌ها	۳	۰/۲۷	۴/۵۸	۰/۰۰
	درون گروه‌ها	۵۶	۰/۰۶		
	کل	۵۹			
نیترات	بین گروه‌ها	۳	۶۴۵/۰۷	۵۲/۶۱	۰/۰۰
	درون گروه‌ها	۵۶	۱۲/۲۶		
	کل	۵۹			
آمونیم	بین گروه‌ها	۳	۱۰۶/۶۸	۱۰/۶۷	۰/۰۰
	درون گروه‌ها	۵۶	۹/۹۹		
	کل	۵۹			
زی‌توده میکروبی کربن	بین گروه‌ها	۳	۷۲۳۱۹/۶۶	۸/۲۸	۰/۰۰
	درون گروه‌ها	۵۶	۸۷۲۶/۲۲		
	کل	۵۹			
زی‌توده میکروبی نیتروژن	بین گروه‌ها	۳	۰/۰۱	۵/۹۸	۰/۰۰
	درون گروه‌ها	۵۶	۰/۰۰		
	کل	۵۹			

جدول ۳. میانگین شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی خاک در توده‌های جنگلی دست‌کاشت بررسی شده

مشخصه بررسی شده	توسکای بیلاقی	پلت	سکویا	سکویا-پلت
رطوبت خاک (درصد)	۲۱/۴۳±۳/۰۳ a	۱۷/۸۴±۱/۹۸ab	۱۲/۵۹±۰/۹۲ bc	۱۱/۸۶±۱/۴۳ c
pH	۶/۹۹±۰/۱۷ a	۷/۱۲±۰/۲۰ a	۶/۴۰±۰/۱۶ b	۶/۹۱±۰/۱۲ a
کربن خاک (درصد)	۲/۳۶±۰/۱۹ ab	۱/۹۷±۰/۳۳ b	۲/۸۸±۰/۱۴ a	۲/۷۸±۰/۱۴ a
نیترژن خاک (درصد)	۰/۲۶±۰/۰۶ a	۰/۱۶±۰/۰۱b	۰/۱۱±۰/۰۱bc	۰/۱۳±۰/۰۱ c
نسبت کربن به نیترژن خاک	۱۰/۰۹±۱/۳۱ b	۱۴/۰۷±۲/۶۲ b	۳۱/۶۳±۴/۰۸ a	۲۳/۳۸±۳/۰۷ a
تنفس میکروبی (میلی گرم دی‌اکسید کربن در گرم خاک در روز)	۱/۰۱±۰/۰۲ a	۰/۸۶±۰/۰۵b	۰/۷۷±۰/۰۸ c	۰/۶۹±۰/۰۸ c
نیتрат (میلی گرم در کیلوگرم)	۳۰/۵۷±۰/۹۸ a	۲۶/۴۲±۰/۷۹ b	۱۶/۷۲±۰/۸۸ c	۱۸/۴۷±۰/۹۵ c
آمونیم (میلی گرم در کیلوگرم)	۱۶/۱۴±۰/۹۳ a	۱۳/۵۹±۰/۷۵ b	۱۰/۳۰±۰/۸۷ c	۱۰/۹۷±۰/۶۹ c
زی‌توده میکروبی کربن (میلی گرم در کیلوگرم)	۴۹۹/۴۳±۲۳/۶۵ a	۴۶۲/۷۵±۲۵/۸۰ab	۴۰۵/۹۸±۲۰/۰۶bc	۳۴۰/۴۱±۱۱/۲۲ c
زی‌توده میکروبی نیترژن (میلی گرم در کیلوگرم)	۰/۱۴±۰/۰۱ a	۰/۱۰±۰/۰۲ ab	۰/۰۸±۰/۰۱ b	۰/۰۶±۰/۰۴ b

حروف متفاوت در هر ردیف، بیانگر تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۱ درصد است.

با توجه به اینکه نیترژن از مهم‌ترین منابع غذایی برای ریزجانداران خاک به حساب می‌آید، افزایش مقدار نیترژن در لاشبرگ و خاک و همچنین سرعت زیاد تجزیه لاشبرگ، سبب افزایش فعالیت میکروب‌ها و در نهایت افزایش تنفس میکروبی خاک می‌شود [۵، ۱۳]. به‌طور معمول، تنفس میکروبی خاک به دلیل کیفیت ضعیف لاشبرگ، لیگنین زیاد، نسبت کربن به نیترژن زیاد و pH کم در خاک زیر کشت گونه‌های سوزنی‌برگ کمتر از گونه‌های پهن‌برگ است [۱۳]، در این بین گونه‌های تثبیت‌کننده نیترژن، مانند توسکا، به دلیل داشتن خاک حاصلخیز، pH قلیایی و تجزیه سریع لاشبرگ، شرایط مناسبی برای فعالیت انواع میکروب‌ها فراهم می‌آورند و سبب افزایش تنفس میکروبی خاک می‌شوند [۹]. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین تنفس میکروبی خاک به ترتیب به توده‌های توده توسکای بیلاقی < پلت < سکویا = سکویا - پلت تعلق دارد. علاوه بر این Xiong و همکاران، [۳] و Gei و Powers [۶] اظهار داشتند که گونه‌های تثبیت‌کننده نیترژن مانند آکاسیا به دلیل داشتن خاک حاصلخیز، زیاد بودن نیترژن لاشبرگی و پتانسیل زیاد همزیستی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیترژن با ریشه این گونه‌ها، فعالیت میکروبی خاک را افزایش می‌دهند.

بیشترین مقادیر نیترات و آمونیم خاک به ترتیب در خاک زیر کشت توده‌های توسکای بیلاقی < پلت < سکویا = سکویا-پلت مشاهده شد (جدول ۳). زی‌توده میکروبی کربن در خاک توده توسکای بیلاقی نسبت به دیگر توده‌ها مقادیر بیشتری داشت (جدول ۳). بیشترین مقدار زی‌توده میکروبی نیترژن نیز به توده توسکای بیلاقی تعلق داشت، درحالی که کمترین مقدار آن در زیرتوده‌های سکویا و سکویا-پلت مشاهده شد (جدول ۳).

نتایج تجزیه مؤلفه‌های اصلی در ارتباط با توده‌های مختلف جنگلکاری و مشخصه‌های خاک نشان می‌دهد که مؤلفه‌های اصلی اول و دوم در مجموع ۵۸/۹۹ درصد از تغییرات واریانس کل را توجیه می‌کنند، به‌طوری که توده‌های جنگلی مختلف و شاخص‌های خاک روی محورهای نمودار، پراکنش متفاوتی را نشان داده‌اند (شکل ۲ الف و ب). توده‌های جنگلی سکویا و سکویا-پلت در ربع‌های اول و چهارم محورهای اصلی، با کربن و نسبت کربن به نیترژن خاک و لاشبرگ ارتباط نزدیکی دارند، درحالی که توده‌های توسکای بیلاقی و پلت همبستگی زیادی با شاخص‌های رطوبت، pH، نیترژن لاشبرگ، زی‌توده میکروبی کربن و نیترژن، نیترات، آمونیم و تنفس میکروبی خاک در ربع‌های دوم و سوم محورهای اصلی به نمایش گذاشته‌اند (شکل ۲ الف و ب).

۶]. مقادیر آمونیم و نترات و همچنین معدنی شدن نیتروژن زیرگونه‌های درختی تثبیت‌کننده نیتروژن به دلیل داشتن ریشه‌های همزیست با باکتری‌های تثبیت نیتروژن بیشتر از دیگر گونه‌های پهن‌برگ فاقد توانایی تثبیت است [۶-۸]. نتایج پژوهش حاضر نیز نشان داد که بیشترین مقادیر نترات و آمونیم خاک به ترتیب زیر توده‌های توسکای بیلاقی < پلت < سکویا = سکویا - پلت مشاهده شد. در این زمینه Kooch و همکاران [۹] در مقایسه توده‌های پهن‌برگ توسکا و صنوبر با توده سوزنی‌برگ دارتالاب عنوان کردند که کم بودن معدنی شدن نیتروژن در توده دارتالاب به علت کیفیت ضعیف مواد آلی، کاهش سرعت تجزیه و pH کم است.

توده‌های جنگلی با افزایش ذخیره مواد آلی، موجب بهبود فعالیت و زی توده میکروبی خاک می‌شوند، به طوری که زی توده میکروبی خاک، ممکن است تأثیر زیادی در ذخیره، آزادسازی و انتقال عناصر غذایی بین بخش‌های مختلف اکوسیستم‌های جنگلی داشته باشد [۳]. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که زی توده میکروبی کربن و نیتروژن در بخش تحتانی توده توسکای بیلاقی نسبت به دیگر توده‌ها مقادیر بیشتری را نشان داد، در حالی که کمترین مقادیر آن زیر توده‌های سوزنی‌برگ سکویا و آمیخته سکویا-پلت مشاهده شد. در توده‌های سوزنی‌برگ به دلیل فقیر بودن کیفیت و کمیت لاشبرگ‌های سوزنی و کمتر بودن نرخ تجزیه، زی توده میکروبی کربن و نیتروژن کاهش پیدا می‌کند [۱، ۱۳]. علاوه بر این، کم بودن زی توده میکروبی نیتروژن را می‌توان به مقدار نیتروژن و میزان معدنی شدن آن نسبت داد [۳]. در پژوهشی، Yang و همکاران [۱] در مقایسه توده جنگل ثانویه طبیعی با توده جنگلکاری کاج (*Larix olgensis*) به این نتیجه رسیدند که زی توده میکروبی کربن و نیتروژن در توده جنگلکاری سوزنی‌برگ کمتر از توده طبیعی است که به احتمال زیاد می‌توان آن را به قابلیت دسترسی بیشتر مواد غذایی در خاک توده‌های طبیعی نسبت داد، زیرا ارتباط نزدیک زی توده میکروبی کربن با نیتروژن لاشبرگ و خاک

کاملاً مشهود [۳] و با نتایج این تحقیق همسوست. پارامترهای زیادی بیانگر تأثیر تیپ‌های گیاهی بر زی توده میکروبی خاک هستند. برای مثال، کمیت و کیفیت عناصر غذایی حاصل از لاشبرگ، ریشه گونه‌های درختی و ویژگی‌های مواد مغذی می‌توانند شاخص‌های بسیار مهمی در تغییرپذیری زی توده میکروبی خاک باشند [۱، ۱۳]. پژوهش‌ها حاکی از آن است که افزایش رطوبت، سرعت بالای تجزیه، افزایش مقدار نیتروژن در لاشبرگ و خاک و کاهش نسبت کربن به نیتروژن خاک، سبب افزایش زی توده میکروبی می‌شود [۳، ۱۰]. این در حالی است که نتایج حاصل از PCA نیز نشان‌دهنده همبستگی زیاد زی توده میکروبی کربن و نیتروژن خاک با شاخص‌های رطوبت، pH، نیتروژن لاشبرگ، نترات، آمونیم و تنفس میکروبی در خاک سطحی توده‌های توسکای بیلاقی و پلت است. به علاوه، Burton و همکاران [۱۳] در مقایسه جنگل‌های بومی پهن‌برگ استرالیا با جنگلکاری سوزنی‌برگ گزارش دادند که زی توده میکروبی کربن و نیتروژن همبستگی زیادی با نیتروژن معدنی، تنفس میکروبی و pH خاک دارد.

نتیجه گیری

با توجه به تخریب روزافزون جنگل‌های طبیعی و در پی آن کاهش حاصلخیزی خاک، ضرورت جنگلکاری با گونه‌ای مناسب روزبه‌روز افزایش می‌یابد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که توده‌های مختلف جنگلکاری تأثیرات متفاوتی بر شاخص‌های کیفی لاشبرگ، شیمیایی و زیستی خاک دارند. گونه‌های پهن‌برگ توسکا و پلت از نظر شاخص‌های شیمیایی (لاشبرگ و خاک) و شاخص‌های میکروبی از حاصلخیزی بیشتری نسبت به توده‌های خالص سوزنی‌برگ سکویا برخوردار بوده‌اند. به طور کلی، شاخص‌های لاشبرگ و خاک در توده آمیخته سکویا-پلت شرایط مناسب‌تری را نسبت به توده خالص سکویا داشته‌اند که می‌توان نتیجه گرفت با ترکیب گونه‌های پهن‌برگ در توده‌های خالص

است. با وجود این، برای بهبود وضعیت خاک در اراضی تخریب‌شده مشابه، پیشنهاد می‌شود که گونه‌های پهن‌برگ تثبیت‌کننده نیتروژن با رعایت سایر اصول جنگلکاری برای جنگلکاری معرفی شوند و تا حد امکان از کاشت توده‌های خالص سوزنی‌برگ امتناع شود.

سوزنی‌برگ می‌تواند کیفیت خاک را بهبود بخشد. در این بین، گونه تثبیت‌کننده نیتروژن توسکای بیلاقی، توانایی بیشتری در افزایش حاصلخیزی خاک نسبت به دیگر گونه‌های پهن‌برگ داشته که علت اصلی آن افزایش معدنی شدن نیتروژن و همچنین تقویت فعالیت‌های میکروبی خاک

References

- [1]. Yang, K., Zhu, J., Zhang, M., Yan, Q., and Sun, O.J. (2010). Soil microbial biomass carbon and nitrogen in forest ecosystems of Northeast China: a comparison between natural secondary forest and larch plantation. *Journal of Plant Ecology*, 3(3): 175-182.
- [2]. Liao, C., Luo, Y., Fang, C., Chen, J. and 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.
- [3]. Xiong, Y., Xia, H., Li, Z.A., Cai, X.A., and Fu, S. (2008). Impacts of litter and understory removal on soil properties in a subtropical *Acacia mangium* plantation in China. *Plant and Soil*, 304(1-2): 179-188.
- [4]. Hoogmoed, M., Cunningham, S.C., Baker, P.J., Beringer, J., and 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.
- [5]. Bakhshipour, R., Ramezanzpour, H., and Lashkarboluki, E. (2012). Studying the effect of *Pinus taeda* and *Populus sp.* plantation on some forest soils properties (Case study: Fidareh of Lahidjan). *Iranian Journal of Forest*, 4(4):321-332.
- [6]. Gei, M.G., and 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.
- [7]. Wang, F., Li, Z., Xia, H., Zou, B., Li, N., Liu, J., and Zhu, W. (2010). Effects of nitrogen-fixing and non-nitrogen-fixing tree species on soil properties and nitrogen transformation during forest restoration in southern China. *Soil Science & Plant Nutrition*, 56(2): 297-306.
- [8]. Voigtlaender, M., Laclau, J.P., de Moraes Gonçalves, J.L., de Cássia Piccolo, M., Moreira, M.Z., Nouvellon, Y., Ranger, J., and Bouillet, J.P. (2012). Introducing *Acacia mangium* trees in *Eucalyptus grandis* plantations: consequences for soil organic matter stocks and nitrogen mineralization. *Plant and soil*, 352(1-2): 99-111.
- [9]. Kooch, Y., Rostayee, F., and 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(2): 65-73.
- [10]. Osono, T., Azuma, J.I., and 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.
- [11]. Tian, J., McCormack, L., Wang, J., Guo, D., Wang, Q., Zhang, X., Yu, G., Blagodatskaya, E. and 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.
- [12]. Assadian, M., Hojjati, S.M., Pourmajidian, M.R., and Fallah, A. (2012). Impact of different land-use types on soil physical, chemical and biological properties in Alandan Forest- Sari. *Iranian Journal of Natural Resources*, 66(4): 377-388.
- [13]. Burton, J., Chen, C., Xu, Z., and 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.
- [14]. Gheibi, F. (2014). Effect of pure and mixed reforested stands of Redwood-Maple and Alder on plant biodiversity and soil physical indices. M. Sc. thesis of Forestry, Tarbiat Modares University, 119p.
- [15]. Ghazan Shahy, C. (2006). Analysis of soil and plants. Homa Publication, 272 p.
- [16]. Ali Asgharzad, N. (2009). Soil biology laboratory methods. University of Tabriz Press, 522p.

Variability analysis of litter quality, mineral nitrogen, soil respiration and microbial biomass under afforested tree stands

Y. Kooch*; Assis. prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, I.R. Iran.

M. Bayranvand; Ph.D. Candidate, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, I.R. Iran.

ABSTRACT

In order to identify and sustainable management of afforested tree stands, the effects of *Alnus subcordata*, *Acer insigne*, *Sequoia sempervirens* and *Acer insigne* - *Sequoia sempervirens* stands on quality of litter and soil were investigated in Salmanshahr areas of Mazandaran Province. Samplings were done from the litter and 0-10cm depth of topsoil using randomly systematic method with 15 replicates for each stand. Organic carbon (C) and total nitrogen (N) content of litter, soil water content, pH, organic C, total N, nitrate and ammonium concentration, microbial respiration, microbial biomass of C and N were measured. Results showed that the highest values of soil water content, litter and soil N, nitrate and ammonium concentration, microbial respiration, microbial biomass of C and N belonged to *Alnus subcordata* compared with *Acer insigne* > *Acer insigne* - *Sequoia sempervirens* > *Sequoia sempervirens* pure and mixed stands. Whereas greater amounts of C/N of litter and soil organic C were found under *Sequoia sempervirens* stand. Generally, *Acer insigne* - *Sequoia sempervirens* mixed stand presented intermediate mode viewpoint of litter quality and soil fertility. According to our data, afforestation with broad-leaved species, especially N-fixing trees of *Alnus subcordata*, improved the litter and soil quality, whereas the *Sequoia sempervirens* species created the inappropriate condition.

Keywords: Afforestation, Broad-leaved, Needle-leaved, Soil quality.

* Corresponding Author, Email: yahya.kooch@modares.ac.ir, Tel: +981144553101