جنگل و فرآورده‌های چوب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران
دورهٔ ۷۰، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۶
ص ۴۶۰-۴۵۱
DOI: 10.22059/jfwp.2017.209262.757

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

یحیی کوچ[1*]، محمد بیرانوند[2]
۱. استادیار گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس
۲. دانشجوی دکتری علوم جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

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

چکیده
در این تحقیق، به‌منظور شناخت و مدیریت پایدار اکوسیستم‌های جنگلی دست‌کاشت، اثر چهار تودهٔ مختلف توسکای ییلاقی، پلت، سکویا و آمیختهٔ سکویا –پلت بر شاخص‌های کیفیت لاشبرگ و خاک در محدودهٔ سلمانشهر مازندران ارزیابی شد. بدین منظور در هر یک از توده‌ها، ۱۵ نمونه از لایهٔ لاشبرگ از عمق ۱۰–۰ سانتی‌متری خاک سطحی برداشت شد. مقادیر کربن آلی و نیتروژن کل لاشبرگ و رطوبت، pH، کربن آلی، نیتروژن کل، نیترات، آمونیوم، تنفس میکروبی، زی‌تودهٔ میکروبی کربن و نیتروژن خاک اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که مقدار رطوبت، pH، نیتروژن خاک و لاشبرگ، غلظت نیترات و آمونیوم، تنفس میکروبی و زی تودهٔ میکروبی کربن و نیتروژن در گونهٔ توسکای ییلاقی به‌طور معنی‌داری بیشتر از توده‌های پلت > آمیختهٔ سکویا – پلت > و سکویا است. نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ و خاک و همچنین کربن آلی خاک در تودهٔ سوزنی‌برگ سکویا بیشتر از توده‌های پهن‌برگ توسکا و پلت بود. به‌طور کلی تودهٔ آمیختهٔ سکویا – پلت حالت بینابینی را از نظر کیفیت لاشبرگ و حاصلخیزی خاک نشان می‌دهد. براساس پژوهش حاضر، جنگلکاری با گونه‌های پهن‌برگ، به‌ویژه گونهٔ تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن توسکای ییلاقی، 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
جنگل‌های دست‌کاشت از عناصر مهم در زمینهٔ تغییر کاربری زمین به‌حساب 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 نتیجهٔ اعمال این راهکار، سطح جنگلکاری با گونه‌های مختلف در سراسر دنیا سالانه ۲ درصد افزایش داشته است [۱، ۲]. جنگلکاری با گونه‌های مختلف درختی بر شاخص‌های شیمیایی و چرخهٔ 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، ٤]. 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 اولیهٔ مواد آلی، تنظیم جریان انرژی، چرخهٔ کربن و نیتروژن خاک را تضمین

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۱۱–۴۴۵۵۳۱۰۱
Email: yahya.kooch@modares.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

می‌کند و منبع اصلی ذخیرهٔ 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 زی‌تودهٔ جوامع میکروبی و همچنین معدنی کردن نیتروژن خاک دارند [۶–۸، ۱۱، ۱۲]. در این بین، زی‌تودهٔ میکروبی کربن و نیتروژن خاک از مؤلفه‌های اصلی اکوسیستم‌های خاکی به‌شمار می‌آیند [۳، ۱۳] و به‌شدت تحت تأثیر توده‌های مختلف جنگلی قرار می‌گیرند. این مشخصه‌ها بسیاری از فرایندهای اکولوژیکی مانند چرخهٔ کربن و عناصر غذایی، معدنی شدن نیتروژن، تجزیهٔ 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 تخریب‌یافتهٔ جنگلی برای جنگلکاری معرفی کرد.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ تحقیق

رویشگاه بررسی‌شده، جنگل محدودهٔ سلمانشهر است که بین عرض جغرافیایی "۳۶ ′۳۹ °۳۶ تا "۰۱ ′۴۰ °۳۶ شمالی و طول جغرافیایی "۵۵ ′۰۹ °۵۱ تا "۱۸ ′۱۰ °۵۱ شرقی واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریای آزاد منطقه حداکثر ۲۵۰ متر است. منطقه، جزء محدودهٔ اقلیمی نوشهر است و براساس طبقه‌بندی آمبرژه در طبقهٔ اقلیمی خیلی مرطوب با زمستان‌های معتدل قرار دارد [۱۴]. میانگین بارندگی و درجهٔ حرارت سالانه به‌ترتیب ۱۳۰۰ میلی‌متر و ۱۵/۲ درجهٔ سانتی‌گراد است. براساس مطالعات خاک‌شناسی، خاک‌های محدودهٔ سری اغلب از تیپ راندزین تکامل‌نیافته – قهوه‌ای‌جنگلی با pH اسیدی و قهوه‌ای شسته‌شده با افق آرجیلیک تشکیل یافته‌اند [۱۴]. جنگلکاری‌ها با حدود ۱۴ هکتار در قسمت شمالی پارسل ۱۱۲ از سری ۱ حوزهٔ ۳۸ طرح جنگلداری تیله‌کنار سلمانشهر واقع شده‌اند. در سال ۱۳۶۸ در قالب طرح کمربند سبز به‌منظور جلوگیری از تجاوز اهالی به عرصه‌های جنگلی، حفظ حدود و ثغور جنگل با اراضی زراعی و باغ‌ها، قطعات حاشیهٔ شمالی با گونه‌های توسکای ییلاقی (*Alnus subcordata*) با مساحت ۲/۱ هکتار، پلت (*Acer insigne*) با مساحت ۱/۷ هکتار، سکویا (*Sequoia sempervirens*) با مساحت ۵/۹ هکتار و تودهٔ آمیخته پلت و سکویا با مساحت ۴/۹ هکتار با نهال‌های یکساله و فاصلهٔ کاشت ۳×۳ متر جنگلکاری شد [۱۴]. در خصوص اجزای بافت خاک (عمق ۱۰–۰ سانتی‌متری) توده‌های مذکور، بیشترین مقدار شن در تودهٔ آمیخته پلت و سکویا (۴۳/۶۲ درصد) بود و کمترین مقدار آن در تودهٔ توسکای ییلاقی (۲۶/۴۷ درصد) مشاهده شد، درحالی که بیشترین مقادیر سیلت و رس به تودهٔ توسکای ییلاقی (۳۹/۴۶ و ۳۴/۰۶ درصد) اختصاص داشت و کمترین مقادیر این مشخصه‌ها نیز در تودهٔ آمیخته پلت و سکویا (۳۱/۱۱ و ۲۵/۲۶ درصد) یافت شد [۱۴].

نمونه‌برداری لاشبرگ، خاک و تجزیهٔ آزمایشگاهی

پس از بازدیدهای مقدماتی در توده‌های جنگلکاری‌شدهٔ مذکور، بخش همگنی از هر تودهٔ جنگلی مدنظر قرار گرفت. به‌منظور برداشت نمونه‌های خاک و لاشبرگ، از

Archive of SID

www.SID.ir

روش تصادفی- سیستماتیک استفاده شد. در مجموع در هر یک از توده‌ها، ۱۵ نمونه از سطح ۵۰ ×۵۰ سانتی‌متری لایهٔ لاشبرگ و عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری خاک سطحی برداشت شد. نمونه‌های خاک به‌منظور تجزیهٔ 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 به‌منظور اندازه‌گیری مشخصه‌های میکروبی، در محفظهٔ یخ به آزمایشگاه انتقال یافت و تا زمان آزمایش در دمای ٤ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شد. رطوبت خاک به روش توزین در دمای ۱۰۵ درجهٔ سانتی‌گراد، pH در یک محلول ۱:۲/۵خاک 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 به‌ترتیب به روش احیای کادمیوم و روش رنگ‌سنجی اندازه‌گیری شد. بدین منظور، عصاره‌گیری خاک با کلرور پتاسیم ۲ مول انجام گرفت و سپس از MgO به‌عنوان مادهٔ قلیایی برای اندازه‌گیری آمونیوم و از دواردا آلوی به‌عنوان مادهٔ احیاکننده برای اندازه‌گیری نیترات استفاده شد [۱۵]. میزان تنفس میکروبی با استفاده از روش بطری بسته در کنار هیدروکسید سدیم محاسبه شد و مقدار زی‌تودهٔ میکروبی کربن و نیتروژن به روش تدخین با کلروفرم و استخراج با سولفات پتاسیم و سپس به روش والکی- بلک و کجلدال تعیین شد [۱٦].

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

داده‌های جمع‌آوری‌شده در نرم‌افزار اکسل به‌عنوان بانک اطلاعات ذخیره شد. سپس به‌منظور تجزیه‌وتحلیل و مقایسهٔ 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. به‌منظور بررسی تفاوت یا نبود تفاوت مقادیر مشخصه‌های مختلف لاشبرگ و خاک در ارتباط با توده‌های جنگلکاری‌شده از تجزیهٔ واریانس یکطرفه استفاده شد. آزمون دانکن نیز به‌منظور مقایسهٔ چندگانه میانگین‌ها به‌کار گرفته شد. به‌منظور بررسی ارتباط بین شاخص‌های کیفی لاشبرگ و خاک با توده‌های جنگلکاری از تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد. کلیهٔ تجزیه‌وتحلیل‌های آماری در بستهٔ نرم‌افزاری SPSS نسخهٔ ۲۰ انجام گرفت.

نتایج و بحث

کیفیت لاشبرگ

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که اگرچه مقدار کربن آلی لاشبرگ، در تودهٔ سوزنی‌برگ سکویا بیشتر از توده‌های پهن‌برگ پلت و توسکای ییلاقی است، بین توده‌های مختلف جنگلکاری تفاوت آماری معنی‌داری ندارد (جدول ۱، شکل ۱الف). نیتروژن لاشبرگ در بین توده‌های مختلف تفاوت آماری معنی‌داری را نشان داد، به‌طوری که بیشترین مقدار نیتروژن در تودهٔ خالص توسکای ییلاقی و کمترین مقدار آن در تودهٔ خالص سکویا دیده شد (جدول ۱، شکل ۱ب). 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 ۱ج). در این زمینه Kooch و همکاران [۹] در مقایسهٔ توده‌های جنگلی سوزنی‌برگ دارتالاب و پهن‌برگ توسکا و صنوبر به این نتیجه رسیدند که مقادیر کربن دارتالاب به‌طور معنی‌داری بیشتر از توده‌های توسکا و صنوبر بود که به عقیدهٔ Osono و همکاران [۱۰] ممکن است به‌دلیل 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 تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن اتمسفری مانند توسکا نسبت به گونه‌های

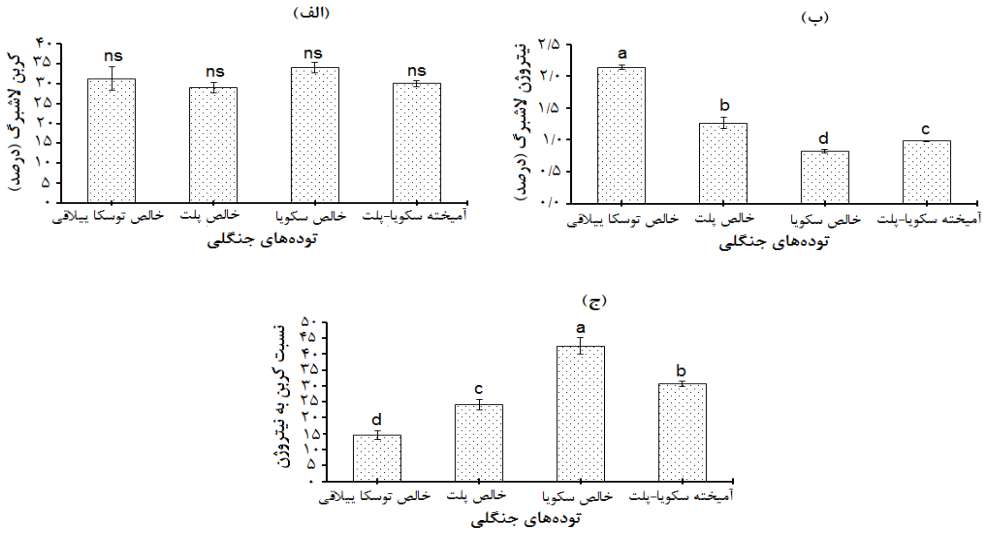
Archive of SID

www.SID.ir

فاقد توانایی تثبیت، از نیتروژن لاشبرگی بیشتری برخوردارند [۳، ٦]. نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین مقدار نیتروژن به توده‌های توسکای ییلاقی > پلت، و کمترین مقدار به تودهٔ خالص سکویا اختصاص دارد، درحالی که تودهٔ آمیختهٔ سکویا-پلت حالتی بینابین را نشان داد. این موضوع نشان‌دهندهٔ تأثیر گونهٔ پهن‌برگ پلت در تودهٔ آمیختهٔ سکویا - پلت است. همسو با نتایج این تحقیق، Osono و همکاران [۱۰] در مقایسهٔ دو تودهٔ جنگلکاری بلوط و کاج بیان داشتند که انتقال و جذب عناصر غذایی، افزایش فعالیت میکروبی، سرعت زیاد تجزیه و افزایش pH لاشبرگ به‌دلیل بیشتر بودن مقادیر نیتروژن در گونهٔ بلوط نسبت به کاج است. نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ، از بهترین شاخص‌های ارزیابی و شناخت کیفیت لاشبرگ، کیفیت و کمیت شاخص‌های خاک، سرعت تجزیه و دسترسی به عناصر غذایی است [۳، ۸]. افزایش مقدار این شاخص در لاشبرگ نشان‌دهندهٔ کیفیت ضعیف لاشبرگ است [٦]. در این تحقیق کمترین و بیشترین مقادیر مشخصهٔ مذکور به‌ترتیب به توده‌های خالص توسکای ییلاقی و خالص سکویا تعلق داشت. این موضوع بیانگر کیفیت مطلوب لاشبرگ گونهٔ پهن‌برگ توسکا، نسبت به گونهٔ سوزنی‌برگ سکویا است [٦، ۸]. Kooch و همکاران [۹] بیان کردند که زیاد بودن نسبت کربن به نیتروژن در لاشبرگ گونه‌های سوزنی‌برگ نسبت به پهن‌برگ، به‌دلیل زیاد بودن لیگنین و کم بودن نیتروژن در سوزن‌های آنهاست.

جدول ۱. تجزیهٔ واریانس شاخص‌های کیفی لاشبرگ در توده‌های جنگلی دست‌کاشت بررسی‌شده

شاخص‌ها / منبع تغییرات		مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	میزان معنی‌داری
کربن لاشبرگ	بین گروه‌ها	۲۱۷/۲۸	۳	۷۲/۴۲	۱/۴۶	۰/۲۳۴
	درون گروه‌ها	۷۲۹۴/۶۵	۵۶	۴۹/۶۸		
	کل	۱۱۴۹۲/۴۸	۵۹			
نیتروژن لاشبرگ	بین گروه‌ها	۱۵/۵۳	۳	۵/۱۸	۱۳۱/۴۸	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۲/۲۰	۵۶	۰/۰۳		
	کل	۱۷/۷۴	۵۹			
نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ	بین گروه‌ها	۶۱۷۲/۷۶	۳	۲۰۵۷/۵۸	۴۵/۸۲	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۲۵۱۴/۳۲	۵۶	۴۴/۸۹		
	کل	۸۶۸۷/۰۸	۵۹			



شکل ۱. مقایسهٔ شاخص‌های کیفی لاشبرگ در توده‌های جنگلی دست‌کاشت بررسی‌شده

Archive of SID

www.SID.ir

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 تودهٔ توسکای ییلاقی و کمترین آن به تودهٔ سکویا- پلت تعلق دارد (جدول ۳) که این موضوع ممکن است به‌دلیل تغییرپذیری اجزای بافت خاک (نگهداشت بیشتر رطوبت توسط بافت ریزتر خاک در تودهٔ 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 تودهٔ سوزنی‌برگ سکویا بوده است (جدول ۳). بیشترین مقدار کربن آلی خاک به‌ترتیب 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 به‌ترتیب در خاک تودهٔ توسکای ییلاقی و توده‌های سکویا و سکویا - پلت مشاهده شد (جدول ۳). همچنین

جدول ۲. تجزیهٔ واریانس شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی خاک در توده‌های جنگلی دست‌کاشت بررسی‌شده

شاخص‌ها / منبع تغییرات		مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	میزان معنی‌داری
رطوبت خاک	بین گروه‌ها	۹۲۳/۶۴	۳	۳۰۷/۸۸	۵/۱۱	۰/۰۰
	درون گروه‌ها	۳۳۶۹/۰۷	۵۶	۶۰/۱۶		
	کل	۴۲۹۲/۷۲	۵۹			
pH	بین گروه‌ها	۴/۴۸	۳	۱/۴۹	۳/۶۰	۰/۰۱
	درون گروه‌ها	۲۳/۲۵	۵۶	۰/۴۱		
	کل	۲۷/۷۴	۵۹			
کربن خاک	بین گروه‌ها	۷/۹۶	۳	۲/۶۵	۳/۶۷	۰/۰۱
	درون گروه‌ها	۴۰/۴۵	۵۶	۰/۷۲		
	کل	۴۸/۴۲	۵۹			
نیتروژن خاک	بین گروه‌ها	۰/۱۸	۳	۰/۰۶	۱۸/۹۵۵	۰/۰۰
	درون گروه‌ها	۰/۱۸	۵۶	۰/۰۰		
	کل	۰/۳۶	۵۹			
نسبت کربن به نیتروژن خاک	بین گروه‌ها	۴۱۹۷/۸۲	۳	۱۳۹۹/۲۷	۱۰/۷۴	۰/۰۰
	درون گروه‌ها	۷۲۹۴/۶۵	۵۶	۱۳۰/۲۶		
	کل	۱۴۹۲/۴۸	۵۹			
تنفس میکروبی	بین گروه‌ها	۰/۸۳	۳	۰/۲۷	۴/۵۸	۰/۰۰
	درون گروه‌ها	۳/۴۰	۵۶	۰/۰۶		
	کل	۴/۲۳	۵۹			
نیترات	بین گروه‌ها	۱۹۳۵/۲۷	۳	۶۴۵/۰۷	۵۲/۶۱	۰/۰۰
	درون گروه‌ها	۶۸۶/۵۷	۵۶	۱۲/۲۶		
	کل	۲۶۲۱/۸۰	۵۹			
آمونیوم	بین گروه‌ها	۳۲۰/۰۵	۳	۱۰۶/۶۸	۱۰/۶۷	۰/۰۰
	درون گروه‌ها	۵۵۹/۶۳	۵۶	۹/۹۹		
	کل	۸۷۹/۶۹	۵۹			
زی‌تودهٔ میکروبی کربن	بین گروه‌ها	۲۱۶۹۵۸/۰۵	۳	۷۲۳۱۹/۶۶	۸/۲۸	۰/۰۰
	درون گروه‌ها	۴۸۸۶۶۸/۷۱	۵۶	۸۷۲۶/۲۲		
	کل	۷۰۵۶۲۷/۷۱	۵۹			
زی‌تودهٔ میکروبی نیتروژن	بین گروه‌ها	۰/۰۴	۳	۰/۰۱	۵/۹۸	۰/۰۰
	درون گروه‌ها	۰/۱۴	۵۶	۰/۰۰		
	کل	۰/۱۹	۵۹			

Archive of SID

www.SID.ir

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

مشخصهٔ بررسی‌شده	توسکای ییلاقی	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
نیتروژن خاک (درصد)	۰/۲۶±۰/۰۶ a	۰/۱۶±۰/۰۱b	۰/۱۱±۰/۰۱bc	۰/۱۳±۰/۰۱ c
نسبت کربن به نیتروژن خاک	۱۰/۰۹±۱/۳۱ b	۱۴/۰۷±۲/۶۲ b	۳۱/۶۳±۴/۰۸ a	۲۳/۳۸±۳/۰۷ a
تنفس میکربی (میلی‌گرم 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
نیترات (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۳۰/۵۷±۰/۹۸ a	۲۶/۴۲±۰/۷۹ b	۱۶/۷۲±۰/۸۸ c	۱۸/۴۷±۰/۹۵ c
آمونیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۱۶/۱۴±۰/۹۳ a	۱۳/۵۹±۰/۷۵ b	۱۰/۳۰±۰/۸۷ c	۱۰/۹۷±۰/۶۹ c
زی‌تودهٔ میکروبی کربن (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۴۹۹/۴۳±۳۳/۶۵ a	۴۶۲/۷۵±۲۵/۸۰ab	۴۰۵/۹۸±۲۰/۰۶bc	۳۴۰/۴۱±۱۱/۲۲ c
زی‌تودهٔ میکروبی نیتروژن (میلی‌گرم 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.

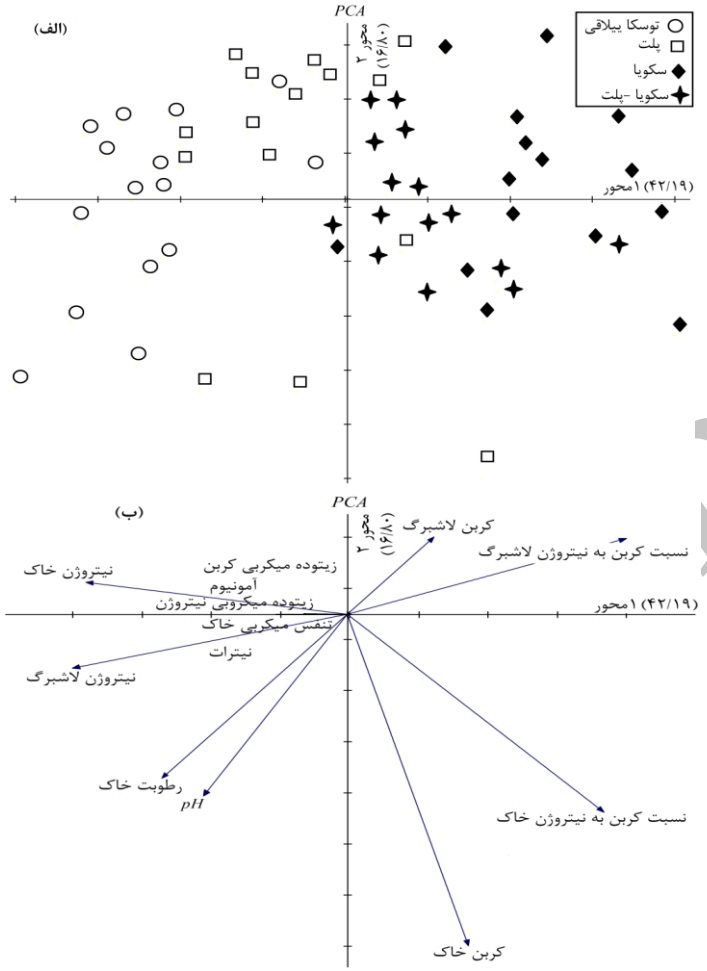
بیشترین مقادیر نیترات و آمونیوم خاک به‌ترتیب در خاک زیر کشت توده‌های توسکای ییلاقی > پلت > سکویا = سکویا- پلت مشاهده شد (جدول ۳). زی‌تودهٔ میکروبی کربن در خاک تودهٔ توسکای ییلاقی نسبت به دیگر توده‌ها مقادیر بیشتری داشت (جدول ۳). بیشترین مقدار زی‌تودهٔ میکروبی نیتروژن نیز به تودهٔ توسکای ییلاقی تعلق داشت، درحالی که کمترین مقدار آن در زیرتوده‌های سکویا و سکویا- پلت مشاهده شد (جدول ۳).

نتایج تجزیهٔ 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 نیتروژن خاک و لاشبرگ ارتباط نزدیکی دارند، درحالی که توده‌های توسکای ییلاقی و پلت همبستگی زیادی با شاخص‌های رطوبت، pH، نیتروژن لاشبرگ، زی‌تودهٔ میکروبی کربن و نیتروژن، نیترات، آمونیوم و تنفس میکروبی خاک در ربع‌های دوم و سوم محورهای اصلی به نمایش گذاشته‌اند (شکل ۲ الف و ب).

با توجه به اینکه نیتروژن از مهم‌ترین منابع غذایی برای ریزجانداران خاک به‌حساب می‌آید، افزایش مقدار نیتروژن در لاشبرگ و خاک و همچنین سرعت زیاد تجزیهٔ لاشبرگ، سبب افزایش فعالیت میکروب‌ها و در نهایت افزایش تنفس میکروبی خاک می‌شود [۵، ۱۳]. به‌طور معمول، تنفس میکروبی خاک به‌دلیل کیفیت ضعیف لاشبرگ، لیگنین زیاد، نسبت کربن به نیتروژن زیاد و pH کم در خاک زیر کشت گونه‌های سوزنی‌برگ کمتر از گونه‌های پهن‌برگ است [۱۳]، در این بین گونه‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن، مانند توسکا، به‌دلیل داشتن خاک حاصلخیز، pH قلیایی و تجزیهٔ 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 به‌ترتیب به توده‌های تودهٔ توسکای ییلاقی > پلت> سکویا = سکویا – پلت تعلق دارد. علاوه‌بر این Xiong و همکاران، [۳] و Gei و Powers [٦] اظهار داشتند که گونه‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن مانند آکاسیا به‌دلیل داشتن خاک حاصلخیز، زیاد بودن نیتروژن لاشبرگی و پتانسیل زیاد همزیستی باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن با ریشهٔ این گونه‌ها، فعالیت میکروبی خاک را افزایش می‌دهند.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲. موقعیت توده‌های مختلف جنگلکاری (الف) و شاخص‌های مختلف خاک (ب) در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

نیترات و آمونیم، بخش معدنی و قابل جذب نیتروژن به‌حساب می‌آیند و رابطهٔ بسیار نزدیکی با مقدار نیتروژن خاک و لاشبرگ دارند. سرعت آمونیفیکاسیون به‌شدت تحت تأثیر pH، نسبت کربن به نیتروژن، رطوبت و عناصر قابل جذب خاک قرار می‌گیرد [۳، ٦، ۱۲]. گونه‌های سوزنی‌برگ با تولید اسیدهای آلی و ذخیرهٔ بیشتر کاتیون‌ها در مقایسه با آنیون‌ها در زی‌تودهٔ گیاهی از مهم‌ترین عوامل افزایش‌دهندهٔ اسیدیته و کاهش‌دهندهٔ فعالیت میکروب‌های تجزیه‌کنندهٔ مواد آلی به معدنی هستند [۵]. در توده‌های جنگلی سوزنی‌برگ به‌دلیل افزایش اسیدیته و مهار فعالیت‌های اتوتروفی، سرعت نیتریفیکاسیون منفی است. همچنین از مهم‌ترین عوامل کم بودن سرعت نیتریفیکاسیون، کم بودن مقدار نیتروژن لاشبرگ و رطوبت کم خاک در توده‌های سوزنی‌برگ نسبت به پهن‌برگ است [۱۲]. در پژوهش حاضر نیز نتایج PCA نشان داد که مقادیر آمونیوم و نیترات همبستگی زیادی با نیتروژن کل لاشبرگ و خاک در زیر توده‌های پهن‌برگ توسکا و پلت و همچنین همبستگی منفی با نسبت کربن به نیتروژن در لاشبرگ و خاک زیر توده‌های سوزنی‌برگ سکویا و سکویا ـ پلت دارد. نرخ معدنی شدن نیتروژن به‌شدت تحت تأثیر مدیریت منطقه و تاج‌پوشش جنگلی قرار می‌گیرد، به‌طوری که در زیر توده‌های پهن‌برگ تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن مانند آکاسیا (*Acacia mangium*) بیشتر از توده‌های پهن‌برگ اکالیپتوس (*Eucalyptus grandis*) و سوزنی‌برگان است [۸]. به احتمال زیاد این به‌دلیل نیتروژن بیشتر لاشبرگ، نسبت کوچک‌تر کربن به نیتروژن و سرعت بیشتر تجزیهٔ مواد آلی در توده‌های پهن‌برگ تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن نسبت به سوزنی‌برگان است [۳،

www.SID.ir

٦]. مقادیر آمونیوم و نیترات و همچنین معدنی شدن نیتروژن زیرگونه‌های درختی تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن به‌دلیل داشتن ریشه‌های همزیست با باکتری‌های تثبیت نیتروژن بیشتر از دیگر گونه‌های پهن‌برگ فاقد توانایی تثبیت است [٦–٨]. نتایج پژوهش حاضر نیز نشان داد که بیشترین مقادیر نیترات و آمونیوم خاک به‌ترتیب زیر توده‌های توسکای ییلاقی > پلت > سکویا = سکویا ـ پلت مشاهده شد. در این زمینه Kooch و همکاران [۹] در مقایسهٔ توده‌های پهن‌برگ توسکا و صنوبر با تودهٔ سوزنی‌برگ دارتالاب عنوان کردند که کم بودن معدنی شدن نیتروژن در تودهٔ دارتالاب به‌علت کیفیت ضعیف مواد آلی، کاهش سرعت تجزیه و pH کم است.

توده‌های جنگلی با افزایش ذخیرهٔ مواد آلی، موجب بهبود فعالیت و زی‌تودهٔ میکروبی خاک می‌شوند، به‌طوری که زی‌تودهٔ 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 زی‌تودهٔ میکروبی کربن و نیتروژن در بخش تحتانی تودهٔ توسکای ییلاقی نسبت به دیگر توده‌ها مقادیر بیشتری را نشان داد، درحالی که کمترین مقادیر آن زیر توده‌های سوزنی‌برگ سکویا و آمیختهٔ سکویا ـ پلت مشاهده شد. در توده‌های سوزنی‌برگ به‌دلیل فقیر بودن کیفیت و کمیت لاشبرگ‌های سوزنی و کمتر بودن نرخ تجزیه، زی‌تودهٔ میکروبی کربن و نیتروژن کاهش پیدا می‌کند [۱، ۱۳]. علاوه‌بر این، کم بودن زی‌تودهٔ میکروبی نیتروژن را می‌توان به مقدار نیتروژن و میزان معدنی‌شدن آن نسبت داد [۳]. در پژوهشی، Yang و همکاران [۱] در مقایسهٔ تودهٔ جنگل ثانویه طبیعی با تودهٔ جنگلکاری کاج (*Larix olgensis*) به این نتیجه رسیدند که زی‌تودهٔ میکروبی کربن و نیتروژن در تودهٔ جنگلکاری سوزنی‌برگ کمتر از تودهٔ طبیعی است که به احتمال زیاد می‌توان آن را به قابلیت دسترسی بیشتر مواد غذایی در خاک توده‌های طبیعی نسبت داد، زیرا ارتباط نزدیک زی‌تودهٔ میکروبی کربن با نیتروژن لاشبرگ و خاک کاملاً مشهود [۳] و با نتایج این تحقیق همسوست. پارامترهای زیادی بیانگر تأثیر تیپ‌های گیاهی بر زی‌تودهٔ میکروبی خاک هستند. برای مثال، کمیت و کیفیت عناصر غذایی حاصل از لاشبرگ، ریشهٔ گونه‌های درختی و ویژگی‌های مواد مغذی می‌توانند شاخص‌های بسیار مهمی در تغییرپذیری زی‌تودهٔ 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 زی‌تودهٔ میکروبی می‌شود [۳، ۱۰]. این در حالی است که نتایج حاصل از PCA نیز نشان‌دهندهٔ همبستگی زیاد زی‌تودهٔ میکروبی کربن و نیتروژن خاک با شاخص‌های رطوبت، pH، نیتروژن لاشبرگ، نیترات، آمونیوم و تنفس میکروبی در خاک سطحی توده‌های توسکای ییلاقی و پلت است. به‌علاوه، Burton و همکاران [۱۳] در مقایسهٔ جنگل‌های بومی پهن‌برگ استرالیا با جنگلکاری سوزنی‌برگ گزارش دادند که زی‌تودهٔ میکروبی کربن و نیتروژن همبستگی زیادی با نیتروژن معدنی، تنفس میکروبی و pH خاک دارد.

نتیجه‌گیری

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. به‌طور کلی، شاخص‌های لاشبرگ و خاک در تودهٔ آمیخته سکویا–پلت شرایط مناسب‌تری را نسبت به تودهٔ خالص سکویا داشته‌اند که می‌توان نتیجه گرفت با ترکیب گونه‌های پهن‌برگ در توده‌های خالص

Archive of SID

www.SID.ir

سوزنی‌برگ می‌توان کیفیت خاک را بهبود بخشید. در این بین، گونهٔ تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن توسکای ییلاقی، 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 است. با وجود این، برای بهبود وضعیت خاک در اراضی تخریب‌شدهٔ مشابه، پیشنهاد می‌شود که گونه‌های پهن‌برگ تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن با رعایت سایر اصول جنگلکاری برای جنگلکاری معرفی شوند و تا حد امکان از کاشت توده‌های خالص سوزنی‌برگ امتناع شود.

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., Ramezanpour, 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.

Archive of SID

www.SID.ir

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.

Archive of SID

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

www.SID.ir