مقایسه کمّی، کیفی و خاک جنگل‌کاری‌های بلندمازو و کاج تدا در حوضه ۲۵ شن‌رود استان گیلان

حسن رحمتی[۱]، تیمور رستمی شاهراجی[۲]، علی صالحی[۳] و ابوذر حیدری صفری کوچی[۴]

۱- کارشناسی ارشد جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران
۲ و ۳- استاد و دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران
۴- دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران، (نویسنده مسوول: Heidariabouzar@gmail.com)
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۲۱
صفحه: ۱۰۴ تا ۱۱۴

چکیده

بررسی رشد و عمل‌کرد جنگل‌کاری‌ها بر مدیریت بهتر این توده‌ها و موفّقیت جنگل‌کاری‌های بعدی تأثیرگذار است. مطالعه حاضر نیز به‌منظور بررسی وضعیت جنگل‌کاری‌های ۳۲ ساله بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey.) و کاج‌تدا (*Pinus taeda* L.) در حوضه ۲۵ شن‌رود در استان گیلان انجام شد. در هر منطقه پنج قطعه‌نمونه چهار آری به‌صورت منظم با ابعاد شبکه ۵۰×۱۰۰ متر پیاده و در آن قطر، ارتفاع کل، ارتفاع تنه بدون شاخه و برخی صفات کیفی درختان از جمله وضعیت تقارن‌تاج، دوشاخگی و انحناء تنه در هر قطعه نمونه ثبت شد. همچنین پنج نمونه خاک از چهار ربع و وسط قطعه‌نمونه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری برداشت، ترکیب و به‌منظور بررسی خصوصیات خاک به آزمایشگاه انتقال داده شد. نتایج نشان‌دهنده عدم معنی‌داری اختلاف میانگین‌های خصوصیات کمّی دو توده از جمله میانگین ارتفاع، سطح‌مقطع، حجم و ضریب قدکشیدگی درختان بود. امّا میانگین طول تنه بدون شاخه توده کاج تدا (۱۱/۳۳) از بلندمازو (۶/۲۰، متر) بیشتر بود. همچنین دو توده از نظر تقارن‌تاج اختلاف معنی‌داری نداشتند؛ ولی توده کاج تدا درختان دارای انحناء (۱۴٪) و دوشاخگی کمتری (۱۶٪) نسبت به توده بلندمازو (به ترتیب ۳۵ و ۳۷ درصد) بود. نتایج بررسی خاک نشان داد که درصد شن، چگالی حقیقی و ظاهری و درصد کربن آلی بین دو توده اختلاف معنی‌داری (در سطح پنج درصد) وجود ندارد؛ ولی در مشخصه‌های فیزیکوشمیایی و زیستی خاک مانند رس و سیلت (۴۲/۲۸ و ۲۹/۲۶ درصد)، تنفس‌میکروبی (۱/۸۶ گرم دی‌اکسید کربن در خاک در روز)، pH (۵/۷۱)، تخلخل (۲۱٪) و رطوبت اشباع (۳۷/۹۵٪) در توده کاج با توده بلندمازو (به‌ترتیب ۲۵/۰۹، ۴۸/۷۰، ۲/۷۹، ۲۹، ۶/۳۱ و ۱۸/۳۳) اختلاف معنی‌دار (در سطح پنج درصد) دیده شد. در نهایت با توجه به مشابه بودن سایر شرایط، بافت خاک عامل اصلی محدود شدن رشد کاج‌تدا معرفی شد. با توجه به نتایج مطالعه حاضر، کاشت کاج تدا به‌دلیل تولید حجمی بالاتر در مناطق با بافت متوسط، سبک و با زهکشی مناسب و کاشت بلوط برای احیای مناطق آبگیر و مخروبه پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بافت‌خاک، تقارن تاج، جرم مخصوص ظاهری، حجم، سطح‌مقطع، سیاهکل

مقدمه

در قرن بیست و یکم برنامه‌ریزی برای مدیریت جنگل با نگاهی جدی به مفهوم مدیریت پایدار انجام می‌شود؛ به‌این معنی که منابع و اراضی جنگلی باید طوری مدیریت شوند تا از دید بوم‌شناختی همیشه زنده، شاداب و پایدار باشند و بتوانند نیازهای اجتماعی، اقتصادی و روحی نسل‌های فعلی و آینده را پاسخ دهند (۱۳،۳۸). از طرفی کاهش سطح جنگل‌های طبیعی در نتیجه عوامل مختلف، سبب اهمیّت ویژه به جنگل‌کاری به‌عنوان ابزاری برای توسعه سطح پوشش درختی و تولید چوب شده است (۲۸). دو نکته در موفّقیت یک جنگل‌کاری دارای اهمیّت ویژه است؛ اول انتخاب گونه مناسب مطابق با شرایط خاک و اقلیم منطقه مورد نظر و دوم رها نکردن و پایش مداوم رشد و عملکرد جنگل‌کاری‌های انجام‌شده (۱،۳۰). در مورد انتخاب گونه، سال‌هاست که اختلاف نظر بین متخصصان و صاحب‌نظران جنگل در مورد استفاده از گونه‌های بومی و غیربومی، درصد و نوع ترکیب کاشت آن‌ها وجود دارد. این اختلاف نظرها بیشتر به ماهیّت درختان غیر بومی وارد شده به کشور که غالباً سوزنی‌برگ، تندرشد و دارای اثرات متفاوت بر روی گیاهان، خاک، موجودات زنده و در مجموع بوم‌سازگان مناطق جنگل‌کاری شده هستند، مربوط می‌شود (۲۱،۱۸). با این‌حال، رشد زیاد و بازده اقتصادی بالا درکنار تولید الوارهای مناسب و با کیفیّت باعث گسترش جنگل‌کاری با گونه‌های سوزنی‌برگ (غالباً با گونه‌های کاج) در ایران به‌ویژه شمال کشور شده است (۳۳).

کاج‌ها در زمره درختانی هستند که در مقابل گرما، رطوبت، کمبود آب و شرایط نامطلوب خاک، بردبار هستند و در مناطق کاملاً خشک و کم‌آب و خاک‌های شنی فقیر از عناصر غذایی می‌رویند (۱۸،۱۹). گونه کاج تدا (*Pinus taeda* L.) از کاج‌های تندرشد (۱۵ تا ۲۵ مترمکعب در هکتار در سال رویش حجمی) غیربومی است که از سال ۱۳۴۰ بذر آن از مبدأ آمریکا به‌وسیله دفتر جنگل‌کاری و پارک‌ها وارد کشور شده است و اکنون سطوح وسیعی از اراضی جنگل‌کاری استان گیلان (تقریباً ۴۰۰۰ هکتار) را به‌خود اختصاص داده است (۲۴،۴۱). با این وجود کاشت گونه‌های سوزنی‌برگ در ایران، جنگل‌کاری با گونه‌های پهن‌برگ بومی را متوقف نکرده است و چوب درختان پهن‌برگ با کیفیت بسیار بالا، همیشه جایگاه ثابت خود را در جنگل‌کاری‌های ایران حفظ نموده است.

از جمله گونه‌های بومی جنگل‌کاری شده در شمال کشور گونه بلوط بلندمازو (*Quercus castaneifolia*) می‌باشد که پس از راش به‌عنوان ارزشمندترین تیپ جنگل‌های طبیعی شمال کشور معرفی شده‌است (۱۰). این گونه بلوط مخصوص جنگل‌های خزر و قفقاز می‌باشد و در جنگل‌های شمالی کشور از جلگه‌های ساحلی دریای خزر تا ارتفاعات فوقانی و از

جنگل‌های گلستان تا آستارا می‌روید. بلوط بلند مازو درختی بلندقامت است که ارتفاع آن به ۴۰ متر و قطر آن به ۳/۵ متر می‌رسد (۳). این گونه با هدف تولید چوب و احیای جنگل‌های مخروبه‌ی شمال کشور در نهال‌ستان‌ها تولید و تکثیر می‌شود. با توجه به دیرزیستی و سایه‌دهی این درخت را می‌توان به‌صورت دست‌کاشت در پارک‌ها و فضاهای سبز مصنوعی نیز استفاده کرد (۳).

پس از استقرار جنگل‌کاری، پایش رشد و عمل‌کرد درختان و بررسی اثرات متقابل درختان و خاک بستر این توده‌ها، امری ضروری است (۱۴). جنگل‌کاری‌ها همواره بر فضای استقرار خود به‌ویژه بر روی خاک اثرگذار هستند (۲۹). برای مثال درختان، رطوبت، عناصر غذایی، نفوذپذیری، تراکم و سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم تحت‌تأثیر قرار می‌دهند و متقابلاً از شرایط محیط اطراف از جمله: عوامل اقلیمی، وضعیت فیزیوگرافی و کیفیت خاک تأثیر پذیرفته و شاخص‌های کمّی و کیفی توده در اثر این عوامل دچار تغییر می‌شود (۳۶،۲۲).

مروری بر برخی از مطالعات انجام‌شده بر روی رشد و عمل‌کرد جنگل‌کاری‌ها مباحث فوق را روشن می‌سازد. پرتزخ و همکاران (۳۲) رشد و محصول توده‌های خالص و مخلوط کاج و راش را در اروپا مورد بررسی قرار داده و بیان کردند که در توده‌های مخلوط، حجم سرپا ۱۲ درصد، رویش سطح مقطع ۱۲ درصد و رویش حجمی نیز هشت درصد بیشتر از توده‌های خالص است. در پژوهشی دیگر سالیوان و سالیوان (۴۰) رشد و عمل‌کرد رویشی کاج کوهی (*Pinus contorta* Dougl. ex. Loud.) ۲۵ ساله را بررسی نمودند و نتیجه گرفتند که تنک کردن باعث کاهش ضریب قدکشیدگی، کاهش تعداد در هکتار و افزایش میانگین قطری و رویش‌حجمی درختان کاج در جنگل‌کاری‌های این گونه می‌شود. در مطالعه‌ای دیگر ریتر و همکاران (۳۴) اثر جنگل‌کاری با دو گونه بلوط (*Quercus robur* L.) و کاج (*Picea abies* Karst.) را بر روی خصوصیات خاک بررسی کردند و و نتیجه گرفتند که این گونه‌های درختی در کوتاه‌مدت تأثیری بر چگالی ظاهری خاک ندارند، ولی با افزایش سن توده، مقدار چگالی خاک کاهش معنی‌داری می‌یابد؛ به‌طوری که خاک جنگل‌های طبیعی نسبت به خاک توده‌های جنگل‌کاری شده چگالی کمتری داشتند. چاندران و همکاران (۷) عامل اسیدیته بالای خاک سوزنی‌برگان را با تجمع و انباشتگی لاشبرگ مرتبط دانستند. همچنین آذریان و همکاران (۳) ویژگی‌های مورفولوژیکی درختان کهن‌سال را در جنگل‌های خیرودکنار مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که بیشترین تقارن تاج در بین گونه‌های مورد بررسی مربوط به گونه بلندمازو با ۸۱ درصد می‌باشد و در مجموع تقارن، سلامت و شادابی تاج بلندمازوها از سایر گونه‌ها بیشتر بود. سوسائتا و گونگ (۳۹) عمل‌کرد کاج پالوستریس آسیاب (*P. palustris*) و کاج تدا (*P. taeda*) را در جنوب شرقی ایالات متحده مورد مقایسه قرارد دادند که با توجه به نتایج ایشان عمل‌کرد بوم‌شناختی کاج پالوستریس آسیاب از نظر مصرف آب مناسب‌تر از کاج تدا برآورد شد. در صورتی‌که کاج تدا از نظر اقتصادی تولید مناسب‌تری داشت. همچنین هاگن تورن (۱۲) اثرات جنگل‌کاری را در اعماق مختلف خاک مورد بررسی قرار داد. نتایج تحقیق ایشان در زمینهٔ جنگل‌کاری‌های ۳۰ ساله توسط گونه‌های مختلف درختی نشان داد که درختان به‌طور مشخص بر خصوصیات مختلف خاک اثر گذارند و این اثرات در عمق صفر تا ده سانتی‌متری خاک سطحی مشهودتر است. با توجه به اهمیّت بلوط بلندمازو (*Quercus castaneifolia*) و کاج تدا (*Pinus taeda*) در جنگل‌کاری‌های انجام شده در شمال ایران، به‌عنوان دو گونه شاخص پهن‌برگ بومی و سوزنی‌برگ غیربومی، این مطالعه به بررسی شرایط کمّی و کیفی این توده‌ها و خاک آنها، به‌طور موردی در استان گیلان در جنگل‌کاری‌های منطقه سیاهکل پرداخت. در غالب مطالعات موجود هر کدام از مباحث مربوط به خصوصیات کمّی و کیفی درختان در جنگل‌کاری‌ها و مؤلفه‌های خاک، به‌صورت جداگانه بحث شده‌اند، امّا در مطالعه حاضر اثرات هم‌زمان خاک و توده انجام شد. همچنین در هر دو مورد خاک و توده متغیرهای متعددی مورد بررسی قرار گرفت که با توجه به تصمیم بر تنفس ده ساله جنگل‌های طبیعی کشور، تکمیل بانک اطلاعاتی و شناخت بیشتر جنبه‌های مثبت و منفی کاشت گونه‌های پر کاربرد در جنگل‌کاری‌های کشور ضروری به‌نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

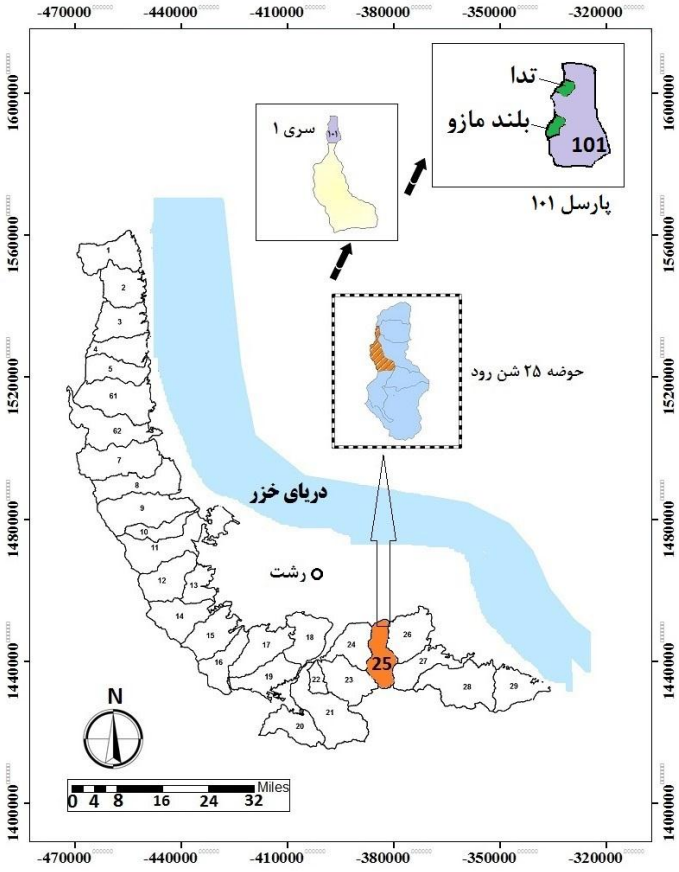
منطقه موردمطالعه

مطالعه حاضر در پارسل ۱۰۱ از سری یک توتکی انجام شد. بر اساس کتابچه طرح منطقه (مربوط به سال ۱۳۹۰)، سری مورد مطالعه با مختصات ۴۹ درجه و ۵۳ دقیقه و ۴۵ ثانیه و ۴۹ درجه و ۵۱ دقیقه و ۳۰ ثانیه طول شرقی جغرافیایی و ۳۷ درجه ۵ دقیقه و ۴۵ ثانیه و ۳۷ درجه و ۲ دقیقه عرض شمالی جغرافیایی جزء جنگل‌های پایین‌بند و میان‌بند حوضه ۲۵ شن‌رود بوده و از نظر اداری و حفاظتی جزء حوضه استحفاظی اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان سیاهکل در استان گیلان می‌باشد. حداقل ارتفاع منطقه از سطح آب‌های آزاد ۱۰۰ متر و بیشینه ۹۵۰ متر و جهت عمومی آن شرقی و شیب عمومی منطقه بین صفر تا ۳۰ درصد می‌باشد. میانگین بارندگی سالیانه ۱۲۶۴/۵ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه آن ۱۶ درجه سانتی‌گراد است (منبع: ایستگاه سینوپتیک لاهیجان). سنگ مادری عمدتاً از آهک‌های سخت و مقاوم دوران کرتاسه و ژوراسیک تشکیل شده و خاک منطقه نیز عمدتاً قهوه‌ای تکامل یافته است که در برخی نقاط لکه‌های تیپ قرمز پدزولیک و قهوه‌ای شسته‌شده نیز قابل مشاهده می‌باشد. عرصه‌های جنگلی منطقه را می‌توان به دو بخش جنگل‌های طبیعی و جنگل‌های دست‌کاشت یا مصنوعی تقسیم‌بندی کرد. گونه بلوط بلندمازو (*Quercus castaneifolia*) و کاج تدا (*Pinus taeda*) در آن جزء جنگل‌های دست‌کاشت هستند، که هدف این مطالعه می‌باشد. مساحت توده کاج تدا ۲/۵ هکتار و مساحت توده بلند مازو ۳/۵ هکتار و سن توده‌ها ۳۲ سال می‌باشد (کتابچه طرح منطقه). درختان در فواصل ۳×۳ متر، در ارتفاع ۷۰ متر از

سطح دریا در منطقه‌ای مسطح و کم شیب (صفر تا ده درصد) کاشته شده‌اند. دو توده در مجاورت یکدیگر قرار دارند (شکل ۱). از سایر گونه‌های جنگل‌کاری شده در این سری می‌توان به جنگل‌کاری‌های انجام شده با گونه‌های توسکا، افرا و ون اشاره نمود.

آماربرداری و ثبت داده‌ها

پس از جنگل‌گردشی اولیه، شبکه آماربرداری به ابعاد ۱۰۰×۵۰ متر اجراء و به‌دلیل هم‌سالی، یک‌دست و همگن بودن توده‌های مورد بررسی و محدود بودن سطح منطقه مورد مطالعه، پنج قطعه‌نمونه ۴۰۰ مترمربعی پیاده شد. مشخصات کمّی تمام پایه‌های موجود در قطعه‌نمونه شامل: قطر برابرسینه (با استفاده از خط‌کش دو بازو)، ارتفاع کل و ارتفاع تنه (با استفاده از دستگاه بلندیاب (Vertex) (۱۵) و مشخصات کیفی درختان شامل تقارن تاج، دوشاخگی و انحنا در تنه برداشت و در فرم‌های آماربرداری ثبت شد (۴۳). افزون بر مشخصات کمّی و کیفی درختان در هر قطعه‌نمونه و با حذف حاشیه‌ها تعداد پنج نمونه خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک در چهار گوشه به‌علاوه مرکز قطعه‌نمونه برداشت و یک نمونه ترکیبی از هر قطعه‌نمونه تهیه و در پاکت‌های پلاستیکی جهت بررسی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک دو توده به آزمایشگاه انتقال داده شد (۱۵).



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

Figure 1. The study area

محاسبه مشخصه‌های کمّی و کیفی توده

پس از برداشت داده‌ها، مشخصه‌های کمّی توده در سطح پلات و سپس در هکتار محاسبه و با یکدیگر مقایسه شد. معادلات استفاده شده برای محاسبه شاخص‌های کمّی در دو توده، و توضیحات مربوط به آن‌ها در جدول (۱) خلاصه شده است. همچنین برای مقایسه خصوصیات کیفی درختان از جمله دو شاخگی، تقارن تاج و انحنا در تنه از روش کدگذاری استفاده و سپس درصد صفات کیفی درختان با استفاده از آزمون کای اسکوار یکدیگر مقایسه شد (۳).

جدول ۱- روش‌های محاسبه مشخصه‌های کمّی مورد بررسی دو توده مورد مطالعه
Table 1. The methods of calculating the quantitative characteristics of the two studied stands

مشخصه	رابطه	مؤلفه‌های رابطه	منبع
میانگین ارتفاع (متر)	$\bar{h} = \sum \frac{hi}{n}$	$\bar{h}$: میانگین ارتفاع توده، hi: ارتفاع هر درخت برحسب متر، n: تعداد درختان	(۴۳)
میانگین سطح‌مقطع (مترمربع)	$G = \sum f_i g_i = \pi/4 \sum f_i d_i^2$	G: سطح‌مقطع توده به متر مربع، g_i: سطح‌مقطع هر درخت به سانتی‌متر مربع di: قطر برابرسینه هر درخت به سانتی‌متر، عدد π برابر با ۳/۱۴	(۴۳)
میانگین حجم کاج تدا (مترمکعب)	$V= -۰/۰۵۱۲۴۴۶۲۲ + ۰/۲۸۵۱۰۵۹۷۳ \times ۰/۲۵ + ۶/۸۹۸۰۸۸d2$	d: قطر برابرسینه درخت به متر	(۵)
میانگین حجم بلوط (مترمکعب)	$V=\sum g * h * f$	V: حجم درختان در توده g: سطح‌مقطع، h: ارتفاع درخت و f ضریب شکل تنه‌ی درخت و برابر با ۰/۵	
ضریب قد کشیدگی	$Slc= H \times 100/dbh$	Slc: ضریب قدکشیدگی، H: ارتفاع کل درخت به متر و dbh: قطر برابرسینه درخت به سانتی‌متر	(۳۵)

مشخصه‌های خاک

در این مطالعه میزان رس، سیلت و شن با استفاده از روش هیدرومتری بایوکوس (۳۷) محاسبه شد. سپس چگالی حقیقی و ظاهری نمونه‌ها و درصد تخلخل با استفاده از روابط مندرج در جدول ۲ محاسبه شد.

جدول ۲- روش محاسبه مشخصه‌های فیزیکی نمونه‌های خاک دو توده مورد مطالعه
Table 2. The Methods of calculating physical characteristics of soil samples in two studied stands

مشخصه	رابطه	مؤلفه‌های رابطه	منبع
چگالی حقیقی (گرم بر سانتی‌مترمکعب)	$PD = \frac{Ms}{Vs}$	PD:: چگالی حقیقی (*Particle Density*) Ms : جرم ذرات خاک بر حسب گرم، Vs: حجم ذرات خاک بر حسب سانتی‌متر مکعب	(۳۷)
چگالی ظاهری (گرم بر سانتی‌مترمکعب)	$BD = \frac{Ms}{Vt}$	Vt: حجم اشغال شده توسط ذرات و حفرات	(۳۶)
درصد تخلخل	$P\% = \left(1 - \frac{BD}{PD}\right) \times 100$	d: قطر برابرسینه درخت به متر	(۱۶)

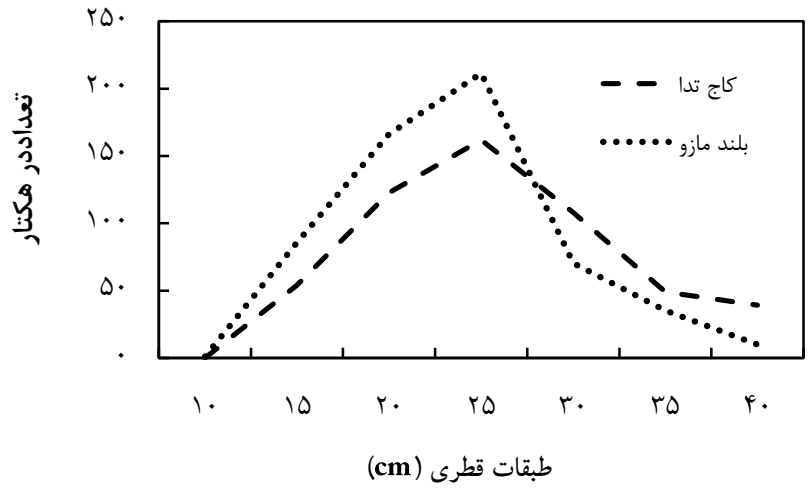
به‌منظور اندازه‌گیری تنفس پایه، ۱۰۰ گرم خاک هوا خشک پس از توزین به ظروف پلاستیکی یک لیتری منتقل شد و رطوبت خاک در حد ظرفیت مزرعه تنظیم شد و این رطوبت تا پایان آزمایش با توزین متوالی کنترل شد (۲۶). سپس نمونه‌ها به‌مدت ده روز پیش از انکوباسیون در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد خوابانده شدند و سپس دی‌اکسید کربن ناشی از تنفس میکروبی در سود (NaOH) ۰/۵ نرمال جمع‌آوری و به‌روش آندرسون به‌مدت یک ماه به فاصله هر ده روز یک‌بار از طریق تیتراسیون با HCl ۰/۲۵ نرمال تیتر شد (۲۶). واکنش خاک با استفاده از روش توماس (pH متر الکترود شیشه‌ای) (۳۷) و رطوبت گل اشباع با استفاده از روش وزنی محاسبه شد (۱۶).

آنالیزهای آماری و نرم‌افزار مورد استفاده

نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف شاپیرو- ویلک (Shapiro-Wilk) بررسی و همگنی واریانس‌ها با آزمون لون سنجیده شد. و با توجه به نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس‌ها مقایسه میانگین خصوصیات کمّی درختان و خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک با استفاده از آزمون t مستقل انجام شد. مقایسه درصد ویژگی‌های کیفی با استفاده از آزمون کای‌اسکوئر انجام شد. آزمون‌های آماری در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ انجام شد (۱۴) و مثلث بافت خاک دو توده نیز در فضای نرم‌افزار TAL (Texture Auto Look) به‌دست آمد (۲۶).

نتایج و بحث

با توجه به منحنی ساختار جنگل، هر دو توده از توزیع نرمال پیروی می‌کنند و ساختار دو توده نیز هم‌سال است. بیشترین فراوانی مربوط به طبقه قطری ۲۵ سانتی‌متر است. در طبقات پایین‌تر از ۲۵ سانتی‌متر فراوانی پایه‌های بلندمازو و در طبقات قطری بالای ۲۵ سانتی‌متر فراوانی پایه‌های کاج‌تدا بیشتر بود (شکل ۲).



شکل ۲- منحنی پراکنش درختان در طبقات قطری توده‌های کاج تدا و بلند مازو
Figure 2. The curve of trees distribution in diameter classes of loblolly pine and Caucasian oak stands

مشخصه‌های کمّی

مقایسه میانگین متغیرهای کمّی توده‌های جنگل‌کاری شده، در بیشتر موارد اختلاف معنی‌داری بین خصوصیات مورد بررسی نشان نداد (جدول ۳). بر اساس نتایج، دو توده مورد بررسی از نظر تراکم، میانگین ارتفاع، رویش‌قطری، سطح‌مقطع، حجم و ضریب قدکشیدگی دارای اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نبوده و تنها طول تنه بدون شاخه در توده کاج تدا (۱۱/۳۳ متر)، بیشتر از توده بلندمازو (۶/۲۰ متر) است.

کاهش تعداد در هکتار درختان در دو توده، نسبت به تراکم اولیه را می‌توان به اجرای چند مرحله تنک کردن در هر دو توده مربوط دانست. که منجر به کاهش تعداد پایه‌ها شده است.

همچنین رشد ارتفاعی دو توده اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ذبیحی و همکاران، (۴۲) رشد ارتفاعی سالانه بلوط بلند مازو را ۰/۸۶سانتی‌متر و میانگین ارتفاع این گونه را ۱۹ متر برآورد نمودند که مشابه این مطالعه است امّا بلند مازو در تحقیق آن‌ها ۲۴ ساله و در این مطالعه ۳۲ است لذا کمتر بودن رشد ارتفاعی این‌گونه در تحقیق حاضر را می‌توان به شرایط فیزیکی و حاصلخیزی خاک مرتبط دانست. همچنین در این مطالعه میانگین سطح مقطع و حجم در هکتار کاج تدا اندکی بیشتر از گونه بلوط به‌دست آمد که به‌خاطر بیشتر بودن درختان قطور در این توده می‌باشد هر چند این اختلاف از لحاظ امّاری معنی‌دار نبود و دلیل آن شباهت کلی منحنی پراکنش در طبقات قطری دو توده است. فتاحی و همکاران (۸) سطح مقطع و رویش حجمی گونه‌های مختلف کاج در ایران را نسبت به گونه‌های بومی بهتر ارزیابی نمودند. که در این مطالعه این اختلاف معنی‌دار نبود که همانطور که اشاره شد بیشتر به شرایط خاک دو توده مربوط می‌شود.

جدول ۳- مقایسه میانگین متغیرهای کمّی توده‌های کاج تدا و بلوط بلندمازو
Table 3. Comparison of the mean of Quantitative variables of loblolly pine and Caucasian oak stands

شاخص‌های کمّی	df	بلندمازو	کاج‌تدا	t
تعداد در هکتار	۸	۵۸۰	۵۳۵	۰/۸۵^{ns}
ارتفاع (متر)	۸	۱۸/۰۴	۱۹/۳۷	۱/۰۵^{ns}
رویش‌قطری (میلی‌متر)	۸	۷/۵	۷/۹	۰/۸۰^{ns}
سطح‌مقطع (مترمربع)	۸	۲۶/۳۴	۳۰/۷۴	۱/۲۹^{ns}
حجم (مترمکعب)	۸	۲۵۶/۰۳	۲۸۱/۰۷	۱/۱۰^{ns}
ضریب قدکشیدگی	۸	۷۹	۷۵	۰/۶۹^{ns}
طول تنه بدون شاخه (متر)	۸	۶/۲۰	۱۱/۳۳	۹/۳۰**

در تمام متن: *: معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ **: معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ و ns: عدم معنی‌داری

باتوجه به رویش قطری و ارتفاعی مشابه در دو توده نظر ضریب قدکشیدگی اختلاف معنی‌داری بین دو توده جنگل‌کاری مشاهده نشد. برخل و هاس (۶) ضریب قدکشیدگی درختان را از لحاظ پایداری توده بررسی و تقسیم‌بندی کردند. بر اساس این گزارش، توده‌های دارای ضریب قدکشیدگی بالاتر از ۱ توده‌های بسیار ناپایدار و شکننده، بین ۰/۸ تا یک ناپایدار، کمتر از ۰/۸ پایدار و کمتر از ۰/۴۵ را به درختانی که با فرم ویژه و در فضای باز غیر جنگلی می‌رویند تقسیم‌بندی کردند. که با توجه به این تقسیم‌بندی هر دو توده از لحاظ پایداری و مقابله با خطر باد افتادگی و سقوط مقاوم هستند.

طول تنه بدون شاخه که از نظر مصارف اقتصادی نقش مهمی در تعیین کیفیت گونه‌های دست‌کاشت دارد در مورد توده جنگلکاری شده با کاج تدا وضعیت بهتری را نشان می‌دهد که در مطالعات دیگر از جمله در مطالعات میغی (۲۴) و کیاسری و همکاران (۲۰) نیز وضعیت مشابهی گزارش شده است.

از نظر تجربی وضعیت توده بلندمازو از نظر مشخصه‌های کمّی قابل پیش‌بینی و منطقی است امّا با در نظر گرفتن رویش‌قطری درختان سریع‌الرشد کاج، میانگین قطری و رویش قطری به‌دست آمده برای گونه کاج‌تدا با ظرفیت تولیدی این گونه تناقض دارد. دلیل این موضوع را می‌توان به عوامل مختلفی مربوط دانست؛ از جمله این عوامل، شرایط اقلیمی و محیطی است (۱۳،۲۱)؛ که با توجه به حضور دو توده در یک پارسل و شرایط اقلیمی مشابه، این عامل نمی‌تواند اثر معنی‌داری بر روی رویش درختان داشته باشد. امّا عامل اصلی و مهم‌تری که در این مطالعه نیز به‌آن پرداخته شده است، عوامل فیزیکی، شیمیایی (۲۶) و عوامل زیستی خاک هستند، که در ادامه به آن پرداخته می‌شود.

مشخصه‌های کیفی

نتایج بررسی خصوصیات کیفی توده‌های موردبررسی در جدول ۴ خلاصه شده است. درختان دارای تاج متقارن، تنه بدون انحنا و دارای تنه واحد در توده کاج به‌ترتیب ۴۶، ۸۶ و ۸۴ درصد کل درختان را تشکیل می‌دهد و درصد خصوصیات فوق در توده بلندمازو به‌ترتیب ۵۱، ۴۳ و ۶۳ درصد است.

جدول ۴- درصد متغیرهای کیفی توده‌های کاج تدا و بلوط بلندمازو

Table 4. Percent of qualitative variables of loblolly pine and Caucasian oak stands

	تقارن تاج (٪)		انحنا در تنه (٪)		دو شاخگی (٪)	
گونه	نامتقارن	متقارن	بدون انحنا	دارای انحنا	دارای دو شاخگی	تنه واحد
کاج‌تدا	۵۴	۴۶	۸۶	۱۴	۱۶	۸۴
بلوط	۴۹	۵۱	۳۵	۶۵	۳۷	۶۳

نتایج بررسی اختلاف بین درصد خصوصیات کیفی درختان در دو توده موردبررسی نشان داد که این دو توده از نظر تقارن‌تاج اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند امّا اختلاف معنی‌داری بین درصد دوشاخگی و انحنا در تنه درختان در دو توده وجود دارد (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین متغیرهای کیفی توده‌های کاج‌تدا و بلوط بلندمازو

Table 5. Comparison of the mean of qualitative variables of loblolly pine and Caucasian oak stands

مشخصه کیفی	کای اسکوار	معنی‌داری
تقارن تاج	۱/۰۴	۰/۳۲۱^{ns}
انحنا در تنه	۹/۲۱	۰/۰۰۲*
دوشاخگی	۷/۷۳	۰/۰۰۴*

بررسی برخی صفات تأثیرگذار بر کیفیت درختان و بازار فروش آن‌ها در این مطالعه نشان داد که درصد دوشاخگی و وجود انحنا در تنه گونه بلندمازو بیشتر از گونه کاج تدا است. دوشاخه‌شدن و ایجاد خمیدگی و انحنا در تنه درختان پهن‌برگ امری متداول است و این ویژگی‌ها کمتر در درختان سوزنی‌برگ دیده می‌شود. این ویژگی‌های کیفی مناسب در کنار تند رشد باعث تمرکز بر جنگل‌کاری با گونه‌های سوزنی‌برگ در جهان شده است. مطالعه آذریان و همکاران (۳) بر روی ویژگی‌های ریخت‌شناختی درختان بلندمازو با تنه واحد در مقایسه با درختان بدون تنه واحد (دوشاخه و چند شاخه) را به‌ترتیب به نسبت ۶۰ به ۴۰ درصد معرفی نموده است که در این مطالعه نیز این نسبت ۶۷ به ۳۳ درصد محاسبه شد؛ که نشان از توان بالای این گونه در تشکیل عناصر بد فرم و چنگالی دارد. عوامل مختلفی چون چرای دام در مرحله نهالی و خصوصیات ژنتیکی گونه با این نتیجه بی ارتبط نیست. از این نظر گونه کاج وضعیت بهتری را نشان داد. در مطالعه آذریان و همکاران (۳) ۶۰ درصد درختان بلند مازو در بخش‌های پاتم و نم‌خانه خیرودکنار، دارای انحنا و ۴۰ درصد بدون انحنا و با کیفت بالا معرفی شدند. در این مطالعه ۶۵ درصد درختان دارای انحنا می‌باشند که در مقایسه با درختان کهن‌سال در مطالعه فوق فرصت بهبود فرم تنه در گذر زمان را دارند (۲۳). در مورد تقارن، تاج اختلاف معنی‌داری بین دو گونه مشاهده نشد و هر دو گونه دارای تاج با درصد تقارن مناسبی بودند.

ویژگی‌های خاک

نتایج تجزیه و تحلیل آماری مشخصه‌های نمونه‌های خاک برداشت شده از مناطق مورد مطالعه نشان داد که اختلاف میانگین‌ها در مورد درصد ذرات رس و سیلت، تخلخل، رطوبت، اسیدیته و تنفس میکروبی بین دو توده معنی‌دار بوده و در مورد درصد شن، چگالی حقیقی و ظاهری و کربن‌آلی بین دو توده اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول۶). با توجه به نتایج، خاک توده بلندمازو متخلخل‌تر، دارای رطوبت کمتر (زهکشی بیشتر) و واکنش خاک کمتر (درجه pH بالاتر) نسبت به توده کاج تدا بود.

جدول ۶- مقایسه میانگین متغیرهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی نمونه‌های خاک توده‌های کاج تدا و بلندمازو

Table 6. Soil samples mean comparison of the physical, chemical and biological variables in Loblolly pine and Caucasian oak stands.

متغیر	df	بلندمازو	کاج‌تدا	t
درصد رس	۸	۲۵/۰۹	۴۲/۲۸	۶/۲۱*
درصد شن	۸	۲۶/۱۵	۲۸/۴۶	۰/۷۱ns
درصد سیلت	۸	۴۸/۷۰	۲۹/۲۶	۶/۷۵*
چگالی حقیقی (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	۸	۲/۰۸	۱/۹۱	۰/۶۶ns
چگالی ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	۸	۱/۴۸	۱/۵۱	۰/۲۶ns
درصد تخلخل	۸	۲۹	۲۱	۴/۷۱*
درصد رطوبت‌اشباع	۸	۱۸/۳۳	۳۷/۹۵	۸/۱۳**
pH	۸	۶/۳۱	۵/۴۳	۳/۹۸*
درصد کربن آلی	۸	۳/۱	۲/۹	۱/۰۲ns
تنفس‌میکروبی (گرم دی‌اکسید کربن در خاک در روز)	۸	۲/۷۹	۱/۸۶	۴/۲۸*

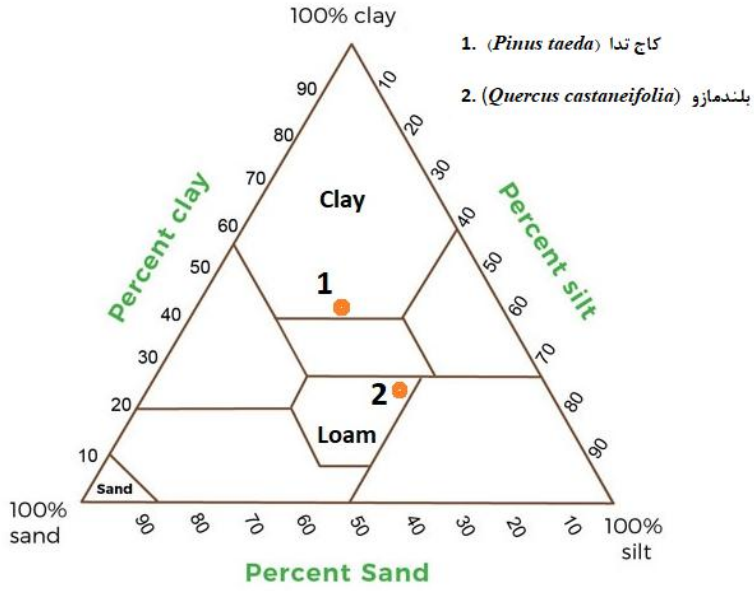
مقایسه خصوصیات مختلف خاک در دو منطقه، تفاوت اساسی بین درصد ذرات تشکیل‌دهنده خاک به‌ویژه رس و شن را در خاک این مناطق نشان داد. بر اساس نتایج، درصد رس در خاک جنگل‌کاری کاج تدا ۱/۷ برابر بیشتر از میزان رس موجود در خاک گونه بلوط است که این توده را در کلاسه خاک رسی با بافت سنگین قرار داده است. همچنین این عامل، خود بر روی سایر پارامترهای فیزیکی خاک تأثیرگذار است. از جمله در این مطالعه میزان رس بالا در خاک باعث کاهش منافذ خاک و کاهش تخلخل در خاک شده است. همچنین درصد رس زیاد با درصد جذب آب بالا در کنار درصد پایین سیلت (که نفوذپذیری بیشتری نیز نسبت به رس دارد) نسبت به توده بلوط باعث کاهش توان زهکشی خاک و باقی‌ماندن رطوبت در خاک و افزایش رطوبت در توده کاج تدا شده است. علاوه بر دلایل فوق، سطح لاشبرگ و ضخامت آن در جنگل‌های سوزنی برگ معمولاً بالا بوده و همین لایه آلی مانند اسفنج عمل کرده و نگه‌دارنده خوبی برای آب و مانع مناسبی نسبت به تبخیر است (۷).

بررسی سایر مشخصه‌های خاک مانند اسیدیته نشان دهنده اسیدی بودن خاک دو منطقه و اختلاف معنی‌دار بین خاک توده کاج تدا و بلندمازو از این نظر می‌باشد. هرچند لاشبرگ گونه‌های پهن‌برگ مانند راش و بلوط هم خاک را اسیدی می‌کنند (۲۳)؛ امّا اسیدی‌تر بودن خاک توده کاج امری قابل پیش‌بینی‌است و در مطالعات مختلف به آن اشاره شده است. از جمله در آزمایشی که توسط چاندران و همکاران (۷) انجام گرفت، به این نتیجه رسیدند که مقدار لاشبرگ در خاک‌های تحت‌پوشش سوزنی‌برگان بیشتر از خاک‌های تحت‌پوشش پهن‌برگان بوده که موجب شده خاک سوزنی‌برگان اسیدی‌تر از خاک گونه‌های پهن‌برگ شود.

از خصوصیات دیگری که در خاک دو توده تفاوت معنی‌داری دارد، تنفس میکروبی می‌باشد که این میزان در خاک توده بلندمازو به مراتب بیشتر از توده کاج می‌باشد. به‌نظر می‌رسد که حذف برخی ریزموجودات به ویژه قارچ‌های اندومیکوریز در جنگل‌کاری با کاج تدا در اثر اسیدیته بالا و همچنین تأثیر کشت خالص گونه تدا، به کاهش تنوع و تراکم جامعهٔ میکروبی خاک و در نتیجه کاهش معنی‌دار مقدار تنفس میکروبی خاک منجر شده است. به‌طور کلی در توده‌های سوزنی‌برگ به‌دلیل فقیر بودن کیفیت و کمّیت لاشبرگ‌های سوزنی‌برگان و کمتر بودن نرخ تجزیه، زی‌توده میکروبی کربن و نیتروژن و در نهایت تنفس میکروبی خاک کاهش می‌یابد. بخشی‌پور و همکاران (۴) با بررسی تأثیر جنگل‌کاری‌های کاج تدا و صنوبر بر برخی خصوصیات خاک‌های جنگلی اعلام کردند که تنفس زی‌تودهٔ میکروبی در خاک جنگل‌های پهن‌برگ طبیعی بیشتر از توده دست کاشت کاج تدا می‌باشد که در مقایسه با تیمارهای کاج تدا و صنوبر نیز تفاوت معنی‌داری دارد. بر اساس مطالعه فوق کاهش pH و اسیدی شدن خاک باعث کاهش کربن آلی و تنفس میکروبی‌خاک بستر توده‌های سوزنی‌برگ می‌شود.

در این مطالعه کربن آلی نیز در توده کاج کاهش اندکی یافته است امّا اختلاف معنی‌داری با توده بلندمازو ندارد. پیش‌بینی می‌شود که با گذشت زمان خاک توده کاج از نظر کربن آلی نیز فقیر شود. بخشی‌پور و همکاران (۴) تأثیر جنگل‌کاری‌های سوزنی‌برگ کاج تدا و پهن‌برگ صنوبر را بر برخی خصوصیات خاک‌های جنگلی در جنگلکاری‌های لاهیجان مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که مقدار کربن آلی در هر دو نوع پوشش، اختلاف معنی‌داری نداشتند؛ امّا درختان پهن‌برگ صنوبر توانسته‌اند تا حدی موجب بهبود شاخص‌های حاصل‌خیزی خاک شوند که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد.

باتوجه به نتایج مندرج در جدول ۶، درصد رس و سیلت دو توده دارای اختلاف معنی‌داری هستند. بنابراین بافت خاک دو توده نیز متفاوت است. بررسی بافت خاک دو توده نشان داد که توده کاج تدا دارای بافت خاک سنگین رسی (Clay) و توده بلندمازو دارای بافت خاک متوسط (Loam) می‌باشد (شکل ۳).



شکل ۳- بافت خاک دو منطقه بر روی مثلث بافت خاک
Figure 3. Soil texture of two regions on soil texture triangle

با توجه به موارد ذکر شده به‌نظر می‌رسد اصلی‌ترین دلیل محدودشدن رشد کاج‌تدا در منطقه موردمطالعه را می‌توان به خصوصیات فیزیکی خاک به‌ویژه بافت و رطوبت بالای خاک در اثر بافت سنگین مربوط دانست (نکته: نمونه‌برداری این پژوهش در فصل خشک مردادماه انجام شده است و در فصول مرطوب رطوبت خاک بسیار فراتر از میزان محاسبه‌شده خواهد بود). ارشاد و همکاران (۲) با بررسی خواص فیزیکی خاک و رابطه آن با رشد گونه‌های گیاهی عنوان نمودند که در خاک‌های رسی، اگر چگالی ظاهری خاک بالاتر از ۱/۴۷ باشد خاک موردنظر فشرده و سنگین بوده و رشد گیاه در این خاک محدود می‌شود. در این مطالعه نیز خاک تحت‌پوشش کاج تدا هم رسی است و هم چگالی بالاتری (۱/۵۱) از این شاخص دارد که رشد این گونه را محدود ساخته است. همانطور که مطالعات انجام شده بر روی این گونه، کاج تدا را نسبت به خاک کمّی رسی بردبار دانسته‌اند؛ امّا پژوهش‌ها بر کاهش قابل‌توجه رشد و عملکرد سوزنی‌برگان در خاک‌های سنگین و با رس بالا دلالت دارند (۱۷). از جمله کیاسری و همکاران (۲۰) با بررسی رشد نهال‌های کاج تدا در شرق مازندران، عنوان کردند که از نظر عوامل مربوط به خاک، نامناسب‌ترین شرایط رویش این گونه بر روی خاک‌های با بافت سنگین و آب‌گرفته با زهکشی نامناسب است. همچنین مطالعات فویل و رالستون (۹) و گرانو (۱۱) نشان داده است که بافت خاک رسی، سنگین، فشرده و مرطوب به کاهش زنده‌مانی و رویش اندام‌های هوایی و زیرزمینی کاج تدا منجر شده است.

با جمع‌بندی نتایج این پژوهش مشخص شد که توده‌های بلندمازو باتوجه به سطح توان رویشی خود در منطقه مورد مطالعه رشد قابل پیش‌بینی داشته است؛ امّا عوامل فیزیکی خاک به‌ویژه بافت سنگین، تخلخل پایین و زهکشی نامناسب و احتمالاً فشردگی در اثر عوامل مختلف (که در این مطالعه بررسی نشده است) رشد درختان تندرشد کاج تدا را به‌شدّت تحت تأثیر قرار داده و تولید و عمل‌کرد این توده‌ها را کاهش داده است. هرچند با وجود شرایط فوق، باز هم این گونه سوزنی‌برگ تولید بیشتری (هرچند اندک) نسبت به گونه بومی بلندمازو داشته است. همچنین این گونه پایه‌هایی با کیفیت مناسب، کم‌شاخه، کم‌انحنا و غالباً دارای تنه واحد تولید نموده است. از لحاظ اثرات وارده بر خاک، گونه کاج تدا اثرات منفی بیشتری بر خاک داشته است. به‌ویژه که خاک را اسیدی‌تر کرده است و تنفس‌میکروبی خاک را نیز کاهش داده است. بنابراین با جمیع شرایط ذکر شده کاشت گونه بلندمازو با توجه به بردباری بالا به شرایط بافت سنگین خاک در کنار آسیب کمتر به خاک، برای کشت در مناطق باتلاقی و پرآب و احیای مناطق مخروبه جنگل توصیه می‌شود. همچنین کاشت گونه تدا به‌منظور تولید حجمی بالا امّا در مناطقی با بافت متوسط، سبک و با زهکشی مناسب و تحت‌عنوان طرح جنگل‌کاری، در خارج از جنگل‌های طبیعی توصیه می‌شود.

منابع

1. Amini, A. 2013. Planning and optimal allocation of agricultural production resources under uncertainty, application of multi-objective fuzzy goal programming approach. Geography and Environmental Planning Journal, 51(3): 107-128 (In Persian).
2. Arshad, M.A., B. Lowery and B. Grossman. 1996. Physical tests for monitoring soil quality. In: Doran, J.W., Jones, A.J. (Eds.) Methods for assessing soil quality. Soil Science Society of America Journal, 49: 123-143.

3. Azaryan, M., M.R. Marvie Mohadjer, V. Etemaad, A. Shirvany and S.M.M. Sadeghi. 2015. Morphological characteristics of old trees in hyrcanian forest (Case study: Pattom and Namkhaneh districts, Kheyrud). Forest and Wood Products, 68(1): 48-59 (In Persian).
4. Bakhshipour, R., H. Ramezanpour and E. Lashkarboluki. 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 (In Persian).
5. Bonyad, A.E. and S. Rahimnejad. 2005. Volume table estimation for loblolly pine (*Pinus taeda*) in the north of Iran. Research and construction, 66(1): 84-88 (In Persian).
6. Burschel, P. and J. Huss. 1987. Grundriss des Waldbaus. Verlag Paul Parey, Humburg und Berlin. 352 pp.
7. Chandran, P., D.R. Dutta, S.K. Gupta and S.K. Banerjee. 1987. Soil characteristics under different forest cover in the eastern Himalayas. Indian Agriculturist, 31: 93-99.
8. Fattahi, M. 1994. Thirteen-year results of the oak reforestation West of Iran into the wide leaf and needle leaf. Research Institute of Forestsand Rangelands, 38 pp (In Persian).
9. Foil, R. and C.W. Ralston. 1967. The establishment and growth of loblolly pine seedlings on compacted soils. Soil Science Society of America Proceedings, 31(4): 565-568.
10. Golbabaei, F., G. Ebrahimi. A. Kargarfard and A. Fakhryan. 2007. Variation in Mechanical properties of oak (*Quercus castanefolia* C.A.Mey) wood grown of Shafarod Forests (Guilan), Iran. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 22(1): 41-50 (In Persian).
11. Grano, C.X. 1971. Conditioning loessial soils for natural loblolly and short leaf pine seedling. USDA Forest Service, Research Note so-116. Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA. 4 pp.
12. Hagen-Thorn, A. 2004. The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantation on former agricultural land. Forest Ecology and Management, 195: 373-384.
13. Hassanzad Navroodi, I. and E. Ghaderi. 2017. Effects of Altitude on the Growth Characteristics of Lebanon Oak (*Quercus libani* Olive.) in Kurdistan Province. Ecology of Iranian Forests, 5(9): 1-7 (In Persian).
14. Heidari Safari Kouchi, A., F. Moradian Fard. A. Eskandari and T. Rostami Shahraji. 2015. Investigation of Some Quantitative and Qualitative Characteristics of Persian Oak (*Quercus brantii* Lindl.) in Bazoft Forests of Chahar Mahal and Bakhtiari Province. Journal of Zagros Forests Researches, 2(1): 75-91 (In Persian).
15. Heidari Safari Kouchi, A., Y. Iranmanesh and T. Rostami Shahraji. 2016. Above-ground and soil carbon sequestration of white poplar (*Populus alba* L.) species in four different planting spaces in Chaharmahal and Bakhtiari province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 24(2): 200-213 (In Persian).
16. Jafari Haghighi, M. 2003. Analytical methods of soil and the important physical and chemical sampling and analysis, with emphasis on theory and application. Nedazehi Press, 236 pp (In Persian).
17. Jourgholami, M. and A. Khorami Zadeh. 2017. Effects of soil compaction on morphology, biomass and architecture variables on black pine (*Pinus nigra*) in greenhouse situations. Forest and Wood Products, 70(2): 209-220 (In Persian).
18. Khorankeh, S., H. Sardabi and K. Espahbodi. 2013. Investigation on growth and performance of three exotic softwood species on eastern Caspian Sea littoral of Iran (case study: Zaghemarz Experimental Station, Mazandaran). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21(3): 542-556 (In Persian).
19. Kooch, Y. and Z. Zoghi. 2014. Comparison of soil fertility of *Acer insigne*, *Quercus castaneifolia*, and *Pinus brutia* in the Hyrcanian forest of Iran. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 20(5): 899-905 (In Persian).
20. Kiasari, Sh., H. Sardabi, S. A. Mousavi, A. Dehbandi, A. Borhani and S. Ghasemi. 2007. 4 Seedling production of Loblolly Pine (*Pinus taeda* L.) in eastern Mazandaran (Passand Research Station-northern Iran). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 15(1): 65-75 (In Persian).
21. Lal, R. 2005. Forest soil and carbon sequestration. Forest Ecology and Management, 220(1): 242-258.
22. Lumbreras, A., A. Olives, J.R. Quintana, C. Pardo and J.A. Molina. 2008. Ecology of aquatic *Ranunculus* communities under the Mediterranean climate. Aquatic Botany, 90(1): 59-66.
23. Marvie Mohadjer, M.R. 2011. Silviculture. University of Tehran, Tehran Press, 418 pp (In Persian).
24. Mighi, A. 2008. Effect of thinning on loblolly pine (*Pinus taeda*) regeneration and some soil characteristics, Case study of *Pinus taeda* forestry area in the city of Pilmabra, Guilan province. Master's thesis, Guilan University, 60 pp (In Persian).
25. Mohammadi Limaei, S., Z. Bahramabadi, T. Rostami Shahraje, M. Adibnegad and S.A. Mosavi Koupar. 2013. Determination of economically optimal rotation age of *Populus deltoides* in Guilan Province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21(1): 63-75 (In Persian).
26. Moradianfard Junaghani, F., K. Taheri Abkenar and Y. Iranmanesh. 2015. Effects of physiographic factors and some physical and chemical soil properties on distribution of *Marsdenia erecta* (L.) R. Br. Ex DC. in ChaharMahal and Bakhtiari province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 23(4): 757-768 (In Persian).

27. Naderi Varandi, M., A. Kialashaki, R. Veisy and A. Sheykheslami. 2018. Effect of Altitude on some Quantitative and Qualitative Characteristics of Populus Deltoids Trees. Ecology of Iranian Forest, 6(12): 30-38 (In Persian).
28. Niknejad, M., A. Fallah and S. Mohammadi Limaei. 2018. Sustainable development of reforestation using goal programing and fuzzy- AHP. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 26(2): 256-263 (In Persian).
29. Onweremadu, E., G. Osuji, T. Eshett, I. Unamba-Oparah and C. Onwuliri. 2010. Soil carbon sequestration in aggregate size of a forested isohyperthermic Arenic Kandiudults. Agriculture Science, 43: 9-15.
30. Ostad Hashemi, M. 2013. Application of math techniques in scaffolding development. Ph.D. thesis, University of Guilan, Rasht, 145 pp (In Persian).
31. Page, A.L., R.H. Miller and D.R. Keeney. 1986. Methods of soil analysis. Part 2- Chemical and Microbiological Properties, 2nd Edition. Agronomy Society of America, Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI, 1159.
32. Pretzsch, H., M. Del Rı´o, C.h. Ammer, A. Avdagic, I. Barbeito, K. Bielak, G. Brazaitis, L. Coll, G. Dirnberger, L. Dro¨ssler, M. Fabrika, D.I. Forrester, K. Godvod, M. Heym, V. Hurt, V. Kurylyak, M. Lof, F. Lombardi, B. Matovic, F. Mohren, R. Mottaden, J. Ouden, M. Pach, Q. Ponette and A. Bravo-Oviedo. 2015. Growth and yield of mixed versus pure stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) analyzed along a productivity gradient through Europe. European Journal of Forest Research, 134(5): 927-947.
33. Rafiei Jahed, R., M.A. Fakhari, J. Eslamdoust, M. Fashat, Y. Kooch and S.M. Hosseini. 2017. Restoration of degraded forest using native and exotic species: Investigation on soil productivity and stand quality (Case study: Chamestan, Mazandaran province). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 25(3): 483-494 (In Persian).
34. Ritter, E., L. Vesterdal and P. Gundersen. 2003. Change in soil properties after afforestation of former intensively managed soils with oak and Norway spruce. Plant and Soil, 249: 319-330.
35. Sagheb-Talebi, Kh. and J. Ph. Schuetz. 2002. The structure of natural oriental beech (*Fagus orientalis*) forests in the Caspian region of Iran and potential for the application of the group selection system. Forestry, 75(4): 465-472 (In Persian).
36. Salehi, A., M. Calagari and F. Ahmadloo. 2018. Effect of some soil properties on growth of three-year black poplar (*Populus nigra* L.) trees in poplar plantations in south of Tehran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 26(3): 344-354 (In Persian).
37. Sasanifar, S., A. Alijanpour, A. Banj Shafiei, J. EshaghiRad and M. Molaei. 2018. Effect of protection based management on physical and chemical properties of soil in Arasbaran forests. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 26(1): 104-117 (In Persian).
38. Sedighkouhi, M. 2012. Application of goal programing in sustainable forest management (Case study: Series 11 of Shafa Rud watershed). M.Sc. Thesis, University of Guilan, Sowmeh Sara, 94 pp (In Persian).
39. Susaeta, A. and P. Gong. 2019. Economic viability of longleaf pine management in the Southeastern United States. Forest Policy and Economics, 100: 14-23.
40. Sullivan, T.P and D.S. Sullivan. 2016. Acceleration of old-growth structural attributes in lodgepole pine forest: Tree growth and stand structure 25 years after thinning. Forest Ecology and Management, 365: 96-106.
41. Taheri Abkenar, K., A. Heidari Safari Kouchi, S. Dehghanzad, S. Mostahsanpour and F. Moradianfard. 2018. Estimation of carbon emissions from loblolly pine (*Pinus taeda* L.) forest plantations using Allometric equations. Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 16(1): 88-101 (In Persian).
42. Zabihi, K., K. Espahbodiand and R. Mostafa Nejad. 2007. Quantitative and qualitative of characteristics of oak, Nettle tree and walnut experimental plantations of Chamestan (Mazandaran). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 15(2): 123-133 (In Persian).
43. Zobeiri, M. 2002. Forest Biometry. Tehran University Press, 411 pp (In Persian).

Comparison of Quantitative, Qualitative and Soil of Chestnut-leaved Oak and Loblolly Pine plantations of Shen-Rood Watershed No: 25 of Guilan Province

Hassan Rahmati[1], Teymour Rostami Shahraji[2], Ali Salehi[3] and Abozar Heidari Safari Kouchi[4]

1- M.Sc. Graduated, Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sume`eh Sara, Iran
2 and 3- Professor and Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sume`eh Sara, Iran
4- Ph.D. Student of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sume`eh Sara, Iran (Corresponding author: Heidariabouzar@gmail.com)
Received: 14 February, 2019 Accepted: 11 May, 2019

Abstract

Investigating the growth and production of afforestation's is effective to improve the management of these stands and the prosperity of the future afforestation's. Natural forests' rest plan has attracted the attention of forest specialists and beneficiary's towards the forest plantations. The present study carried out in order to investigate the specification of 32-year-old loblolly pine (*Pinus taeda* L.) and Chestnut-leaved oak (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey.) plantations in Shen-Rood Watershed No: 25 of Guilan province. In each region, 5 sample plots with 4r area in the form of systematic method with 100×500m Network Dimensions conducted in the study area. Then trees diameter, total height, trunk height and some qualitative characteristics of the trees, including the crown symmetry, forking and curvature of the trunk were recorded in each plot. Also, five soil samples were taken from four quadrants and center of each plot from 0 to 30 cm depth, then combined and transferred to the laboratory in order to investigate the properties of the soil. The results indicated insignificant difference between the quantitative characteristics of two stands, such as mean height, basal area, volume and slenderness coefficient. However, the mean length of the branchless trunk of loblolly pine stand (11.33 m) was higher than Caucasian oak (6.6 m). Also, it was no significant differences between two stands in terms of symmetry. However, the pine stand trees had a less curvature (14%) and forking (16%) than it in Chestnut-leaved oak stand (35% and 37% respectively). Investigation of soil samples showed that there is no significant difference between two stands in about sand, particle and bulk density and carbon percentage but clay and silt (42.28% and 26.29%), Microbial respiration (1.86 gram carbon dioxide in soil per day), pH (5.71), porosity (21%) and Soil saturated water content (37.95%) had a significant difference with the Chestnut-leaved oak mass (25.09, 48.70, 2/79, 29, 6.31 and 18.33). Finally, considering the similarity of other conditions, soil texture reported as the main limiting factor of loblolly pine growth. Therefore, planting of the *Pinus taeda* species is recommended in order to gain more volume production in moderate, lightweight and appropriate drainage areas and planting the *Quercus castaneifolia* is recommended for revitalization of damaged and ruined areas.

Keyword: Soil Texture, Crown Symmetry, Bulk Density, Volume, Basal Area, Siahkal