فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۵ شماره ۳، صفحه ۴۹۴-۴۸۳، (۱۳۹۶)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijfpr.2017.112882

بازسازی جنگل تخریب‌شده با استفاده از گونه‌های بومی و غیربومی: بررسی حاصل‌خیزی خاک و کیفیت توده (مطالعه موردی: چمستان- استان مازندران)

راضیه رفیعی جاهد [۱]، محمدعلی فخاری [۲]، جمشید اسلام‌دوست [۳*]، محبوبه فسحت [۱]، یحیی کوچ [۴] و سیدمحسن حسینی [۵]

۱- کارشناس ارشد جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت‌مدرس، نور، ایران

۲- دانشجوی دکتری جنگل‌داری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران

۳*- نویسنده مسئول، کارشناس ارشد جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت‌مدرس، نور، ایران

پست الکترونیک: j.eslamdoust@modares.ac.ir

۴- استادیار گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت‌مدرس، نور، ایران

۵- استاد گروه جنگل‌داری دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت‌مدرس، نور، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۸/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۱۹

چکیده

این پژوهش به بررسی اثرات پنج توده جنگل‌کاری شده ۲۰ساله با گونه‌های پلت (*Acer velutinum* Boiss.)، کریپتومریا (*Cryptomeria japonica* D. Don.)، زربین (*Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis* (Mill.) Gord.)، کاج تدا (*Pinus taeda* L.) و یک توده آمیخته بر حاصل‌خیزی خاک می‌پردازد. همچنین، مقایسه کیفیت توده‌های مذکور با جنگل طبیعی به‌منظور انتخاب گونه مناسب برای کاشت در مناطق پایین‌بند جنگل‌های هیرکانی از اهداف این پژوهش بود. در هر توده، پنج قطعه‌نمونه مربعی شکل (۴۰۰ متر مربعی) به‌صورت منظم- تصادفی مشخص شدند و مشخصه‌های کمی و کیفی درختان ثبت شد. همچنین، از سه عمق صفر تا ۱۵، ۳۰-۱۵ و ۴۵-۳۰ سانتی‌متری خاک به‌صورت ترکیبی نمونه‌برداری شد و مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار توده‌های پهن‌برگ بر مشخصه‌های مورد بررسی بود. توده کاج تدا بیشترین (۶/۴) و توده پلت کمترین (۵/۵) مقدار اسیدیته، توده طبیعی بیشترین ($۰/۱۸ ds/m^2$) و توده کریپتومریا کمترین ($۰/۰۶ ds/m^2$) مقدار هدایت الکتریکی را داشتند. در توده کاج تدا بیشترین مقدار کربن آلی (۱/۲۹ درصد) و ازت کل (۰/۳۶ درصد) و در توده طبیعی کمترین مقدار کربن آلی (۱/۰۳ درصد) و ازت کل (۰/۰۸ درصد) مشاهده شد. توده آمیخته بیشترین (۱/۹ g/Kg) و توده کریپتومریا کمترین (۱/۸ g/Kg) مقدار فسفر را داشتند. همچنین، توده پلت بیشترین (۲۹۲۸۳۰ t/ha) و توده طبیعی کمترین (۲۲۳۹۲۰ t/ha) مقدار ترسیب کربن را داشتند. نتایج این پژوهش نشان داد که توده‌های سوزنی‌برگ از نظر ویژگی‌های کیفی و عناصر غذایی موفق‌تر عمل کرده‌اند، در حالی‌که از نظر ویژگی‌های کمی و مقدار انباشتگی کربن خاک، توده‌های پهن‌برگ موفق‌تر بودند. در مجموع و با توجه به شرایط منطقه، توده‌های پهن‌برگ در مقایسه با توده‌های سوزنی‌برگ از موفقیت بیشتری برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: پهن‌برگ، ترسیب کربن، جنگل طبیعی، سوزنی‌برگ، مشخصه‌های رویشی.

مقدمه

امروزه جنگل‌کاری با گونه‌های تندرشد پهن‌برگ نقش اساسی در کاهش فشار به عرصه‌های جنگلی (Jiang *et al*., 2003) و تولید چوب مورد نیاز کشورها دارد. علاوه‌براین، پهن‌برگ‌ها موجب جلوگیری از تخریب و یا فرسایش خاک، افزایش ماده آلی خاک، بهبود ساختمان خاک، ترسیب کربن، کمک به چرخه عناصر، فراهم کردن اکوسیستم مناسب برای حیات وحش و پرندگان، بهبود سیمای سرزمین و تعدیل آب و هوا می‌شوند (Cao *et al*., 2008). همچنین، اهمیت جنگل‌کاری از چنان جایگاهی برخوردار شده است که مقدار جنگل‌کاری سالانه هر کشوری را می‌توان معیاری برای ارزیابی مبنای توسعه‌یافتگی آن کشور تلقی کرد (Eslamdoust *et al*., 2015). بر اساس آمار موجود، تا پایان سال ۱۳۹۲ در شمال ایران ۱۵۸۶۵۰ هکتار پهن‌برگ وجود داشت (Eslamdoust *et al*., 2014). آثار و شواهد نشان می‌دهد که در گذشته قسمت عمده‌ای از ایران پوشیده از جنگل بوده، اما امروزه به‌دلایل متعددی مانند چرای بی‌رویه دام، قطع درختان و بی‌توجهی به پوشش گیاهی نشان‌های از آن‌ها باقی نمانده است (Razavi, 2010). بنابراین، در چنین شرایطی باید نسبت به حفظ گونه‌های موجود و همچنین وارد کردن گونه‌های جدید پهن‌برگ و سوزنی‌برگ متناسب با شرایط اکولوژیکی منطقه برای جنگل‌کاری در عرصه‌های عاری از درخت اقدام کرد (Mosadegh, 1999).

یکی از مهم‌ترین اصول جنگل‌کاری، انتخاب گونه مناسب است. انتخاب صحیح گونه، بازدهی عملیات جنگل‌کاری را تا حد مشخصی افزایش می‌دهد و در صورت انتخاب نادرست، ممکن است زیان‌های اقتصادی یا حتی اکولوژیک روی دهد (Rostami Shahraji, 2001). مطالعات نشان داده‌اند که پوشش گیاهی اعم از درختی، درختچه‌ای یا علفی و پهن‌برگ یا سوزنی‌برگ بر محیط اطراف خود تأثیر داشته و این اثرات بر اساس نحوه مدیریت پوشش گیاهی، قدمت آن و نوع پوشش گیاهی متفاوت بوده است (Rafiei Jahed, 2014). پهن‌برگان و سوزنی‌برگان به‌دلیل تفاوت در نوع لاشبرگ، اثرات متفاوتی بر اجزا و عناصر خاک دارند.

ویژگی‌های خاک جنگل از جمله کمیت و کیفیت ذخایر مواد آلی خاک به واکنش‌های پیچیده اقلیمی، نوع خاک، مدیریت و گونه‌ی درختی وابسته است (Lal, 2005). در واقع می‌توان با درنظر گرفتن نقش درختان در چرخه زیستی خاک به تأثیر متقابل جنگل بر خاک و خاک بر جنگل در محدوده اقلیم منطقه‌ای پی برد (Zarin Kafsh, 2001). در پژوهشی، Kooch و Zoghi (۲۰۱۴) به مقایسه حاصلخیزی خاک در سه توده پهن‌برگ *Acer insigne*، *Quercus castaneifolia* و *Pinus brutia* در جنگل‌های هیرکانی پرداختند. در این پژوهش، بیشترین و کمترین مقدار نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم به‌ترتیب در خاک توده‌های جنگل‌کاری شده افرا و کاج مشاهده شد. در رابطه با سوزنی‌برگان نیز مطالعات مختلفی از نظر سازگاری آن‌ها در شمال کشور انجام شده که از جمله این تحقیقات می‌توان به Gholizadeh و همکاران (۲۰۱۱) و Khoronkeh و همکاران (۲۰۱۳) اشاره کرد. در مطالعات انجام شده، در بررسی پهن‌برگ‌ها تنها خاک بررسی شده است، این در حالی است که ویژگی‌های کمی و کیفی درختان در اکوسیستم مصنوعی و پهن‌برگ اهمیت بسیاری دارد که خیلی مورد توجه قرار نگرفته است. پژوهش پیش‌رو با درنظر گرفتن این موضوع، به بررسی حاصل‌خیزی و کیفیت جنگل‌کاری‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ در شمال کشور می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در پارسل هشت از سری دو طرح جنگل‌داری سوردار واتاشان در غرب شهر چمستان استان مازندران انجام شد. عرض جغرافیایی منطقه مورد مطالعه "۳۶°۱۹'۴۸ تا ۳۶°۲۰'۴۱ شمالی و طول جغرافیایی آن "۵۱°۵۱'۳۹ تا "۵۱°۵۲'۴۴ شرقی است و در دامنه ارتفاعی ۱۵۰ تا ۲۵۰ متر از سطح دریا قرار دارد. شیب منطقه کم

(یک تا سه درصد) و بدون جهت خاصی است. اقلیم منطقه مرطوب معتدل است. میانگین دمای سالانه ۱۶/۴ درجه سانتیگراد و میانگین بارندگی سالانه ۸۱۸ میلی‌متر است. بیشترین بارندگی در ماه‌های شهریور، مهر، آبان و آذر اتفاق می‌افتد. متوسط، حداکثر مطلق و حداقل مطلق دما به‌ترتیب ۸/۱۴، ۳۴ و ۶- درجه سانتیگراد بوده و فصل خشک منطقه از اواسط خرداد تا اواخر مرداد می‌باشد. این منطقه دارای تیپ‌های خاک قهوه‌ای جنگلی، آبرفتی کلسی‌مورف، قهوه‌ای شسته شده با افق آرژیلیک و قهوه‌ای شسته شده با پسدوگلی می‌باشد. عمق خاک در منطقه از کم‌عمق تا عمیق متغیر است. بافت خاک در تمام مناطق، به‌نسبت سنگین (رسی- لومی) تا سنگین (رسی)، خلل و فرج خاک متوسط تا ضعیف و نفوذپذیری آب در خاک ضعیف است (Rafiei Jahed, 2014).

روش پژوهش

شش توده جنگل‌کاری شده ۲۰ساله با گونه‌های پلت (*Acer velutinum* Boiss.)، کریپتومریا (*Cryptomeria japonica* D. Don.)، زربین (*Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis* (Mill.) Gord.)، کاج تدا (*Pinus taeda* L.)، یک توده پهن‌برگ آمیخته همراه با تجدید حیات طبیعی (ترکیب افرا، ممرز، بلوط، اوجا و نمدار) به‌همراه یک توده طبیعی (به‌عنوان قطعه شاهد با تیپ بلوط- ممرزستان و ساختار نامنظم و دوآشکوبه) هر کدام به وسعت پنج هکتار به‌عنوان جوامع مستقل انتخاب شدند. به‌منظور از بین بردن اثرات جانبی، دو ردیف از درختان هر قطعه حذف شدند. در داخل هر توده، پنج قطعه‌نمونه ۴۰۰ متر مربعی به ابعاد ۲۰×۲۰ متر و به‌صورت منظم- تصادفی مشخص شدند و قطر برابر سینه، ارتفاع کل و ارتفاع تنه درختان اندازه‌گیری و ثبت شد. همچنین، مشخصات کیفی درختان در هر یک از توده‌ها بر اساس تقسیم‌بندی جدول ۱ بررسی و ثبت شد (Rouhi Moghaddam, 2007).

جدول ۱- گروه‌بندی مشخصات کیفی درختان

تقارن تاجی درخت	چندشاخگی تنه اصلی درخت
۱- تاج متقارن، وضعیت تاج در دو طرف متعادل و متقارن است.	۱- فرم میان‌رو. درختان همانند سوزنی‌برگان بوده، ساقه منشعب ندارند.
۲- تاج نامتقارن، وضعیت تاج در دو طرف متعادل و متقارن نیست.	۲- فرم دوشاخه. تنه اصلی درخت به دو شاخه V شکل تقسیم می‌شود.
	۳- فرم چندشاخه. تنه اصلی درخت به سه قسمت یا بیشتر تقسیم می‌شود.
شاقولی بودن درخت	**انحنا در تنه اصلی درخت**
۱- شاقولی. اگر از نوک درخت به زمین وصل شود، یک خط مستقیم را تشکیل می‌دهد.	۱- بدون انحنا
۲- غیرشاقولی. اگر از نوک درخت به زمین وصل شود، یک خط مستقیم را تشکیل نمی‌دهد.	۲- دارای انحنا در یک‌سوم پایینی درخت
	۳- دارای انحنا در یک‌سوم میانی درخت
	۴- دارای انحنا در یک‌سوم بالایی درخت
شاخه‌های فرعی بر روی تنه اصلی	**وضعیت الیاف تنه درخت**
۱- بدون شاخه فرعی تا یک شاخه فرعی تا ارتفاع یک‌دوم درخت	۱- راست‌تاری. هیچ انحرافی از محور اصلی درخت مشاهده نمی‌شود.
۲- دو تا چهار شاخه فرعی تا ارتفاع یک‌دوم درخت	۲- کج‌تاری. پیچش و انحرافاتی از محور اصلی درخت مشاهده می‌شود.
۳- بیشتر از چهار شاخه فرعی تا ارتفاع یک‌دوم درخت	

در داخل هر قطعه‌نمونه با کنار زدن لایه لاشبرگ، به‌صورت ترکیبی از سه عمق صفر تا ۱۰، ۲۰-۱۰ و ۳۰-۲۰ سانتی‌متر، نمونه‌برداری از خاک به‌وسیله اوگر انجام شد و به آزمایشگاه انتقال یافت. نمونه‌ها در هوای آزاد خشک و

از الک دو میلی‌متری (مش ۲۰) عبور داده شدند (Hernández *et al*., 2004). سپس، جرم مخصوص ظاهری با روش کلوخه، pH خاک به روش گل اشباع و نسبت ۱:۱ با pH متر الکتریکی، هدایت الکتریکی به روش عصاره گل اشباع با دستگاه ECسنج، کربن آلی به روش والکی- بلاک، فسفر قابل جذب به روش اولسن و ازت کل به روش کجلدال اندازه‌گیری شد. همچنین، برآورد ذخیره کل کربن خاک در لایه‌های مختلف خاک با ضرب کردن جرم مخصوص ظاهری خاک با عمق و محتوای کربن در هر لایه‌ای از خاک (در واحد زمین) محاسبه شد (Rafiei Jahed, 2014).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

به‌منظور تجزیه و تحلیل و همچنین مقایسه داده‌های کمی و خاک، ابتدا نرمال بودن آن‌ها با آزمون کولموگروف- سمیرنوف و همگنی واریانس با آزمون لیون بررسی شد. ویژگی‌های کیفی توده‌ها با استفاده از آزمون کروسکال- والیس مقایسه شدند. همچنین، به‌منظور بررسی تفاوت یا عدم تفاوت مقادیر ویژگی‌های خاک در ارتباط با توده‌ها و عمق‌های مورد نظر، از تجزیه واریانس دوطرفه استفاده شد. کلیه تجزیه و تحلیل آماری در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ انجام شد.

نتایج

مشخصه‌های کمی

تجزیه واریانس مشخصه‌های کمی درختان بین توده‌ای مورد بررسی نشان داد که کلیه مشخصه‌ها دارای تفاوت آماری معنی‌داری بودند. بیشترین میانگین قطر در بین توده‌های جنگل‌کاری شده به‌ترتیب مربوط به کاج تدا (۲۲/۵۷ سانتی‌متر)، پلت (۲۰/۰۸ سانتی‌متر)، زربین (۱۹/۳۴ سانتی‌متر)، کریپتومریا (۱۸/۲۹ سانتی‌متر) و توده آمیخته (۱۶/۲۵ سانتی‌متر) بود (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین مشخصه‌های کمی درختان در توده‌های مورد مطالعه

توده	مشخصه					
	تعداد در هکتار	میانگین قطر (cm)	قطر بزرگ تاج (cm)	قطر کوچک تاج (cm)	میانگین ارتفاع (m)	ارتفاع تنه (m)
طبیعی*	۱۶۹	۴۲/۷۷	۱۰۲۳/۵۰	۷۲۵/۵۰	۲۴/۸۱	۹/۲۴
پلت	۶۸۰b	۲۰/۰۸b	۶۰۴/۱۹a	۴۷۰/۲۷a	۱۸/۳۱a	۹/۱۹a
کریپتومریا	۱۱۳۰a	۱۸/۲۹bc	۹۲/۰۶c	۶۵/۹۳c	۱۵/۵۳b	۵/۸۴b
زربین	۴۲۰c	۱۹/۳۴b	۳۴۰/۵۴b	۲۷۱/۹۸b	۱۴/۵۵b	۳/۲۲c
کاج تدا	۶۷۵b	۲۲/۵۷a	۲۳۶/۱۵b	۲۵۲/۴۱b	۱۴/۸۸b	۶/۰۰b
آمیخته	۷۷۰b	۱۶/۲۵c	۴۱۲/۰۴b	۲۹۸/۲۸b	۱۴/۹۱b	۷/۱۸b
معنی‌داری	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰

* به‌دلیل تفاوت در وضعیت ساختاری و سنی توده طبیعی، مقایسه‌ها فقط بین سایر توده‌ها انجام شد.

مشخصه‌های کیفی

نتایج آزمون کروسکال- والیس نشان داد که بیشترین میانگین رتبه‌بندی مشخصه‌های تقارن تاجی، چندشاخگی تنه اصلی، شاقولی بودن درخت و انحنا در تنه اصلی به‌ترتیب مربوط به توده‌های زربین، کاج تدا و کریپتومریا بود (جدول ۳). شاخه‌های فرعی بر روی تنه اصلی در توده کاج تدا و وضعیت الیاف تنه درخت در توده کریپتومریا بیشترین میانگین رتبه‌بندی را داشتند (شکل ۱).

جدول ۳- نتایج آزمون کروسکال- والیس برای مشخصه‌های کیفی توده‌های مورد مطالعه

مشخصه	تقارن تاجی	چندشاخگی	تنه شاقولی	انحنا در تنه	شاخه‌های فرعی	وضعیت الیاف
مقدار مربع کای	۸۹/۰۳	۷۲/۰۲	۸۶/۶۴	۱۱۱/۶۳	۲۸۶/۴۶	۵۹/۹۳
درجه آزادی	۴	۴	۴	۴	۴	۴
معنی‌داری	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

شکل ۱- فراوانی (درصد) درختان در توده‌های جنگلی مورد مطالعه از نظر مشخصه‌های کیفی

مشخصه‌های خاک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین توده‌های مختلف از نظر ویژگی‌های خاک اختلاف معنی‌داری وجود داشت، اما در عمق‌های مختلف تنها جرم مخصوص ظاهری دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۴).

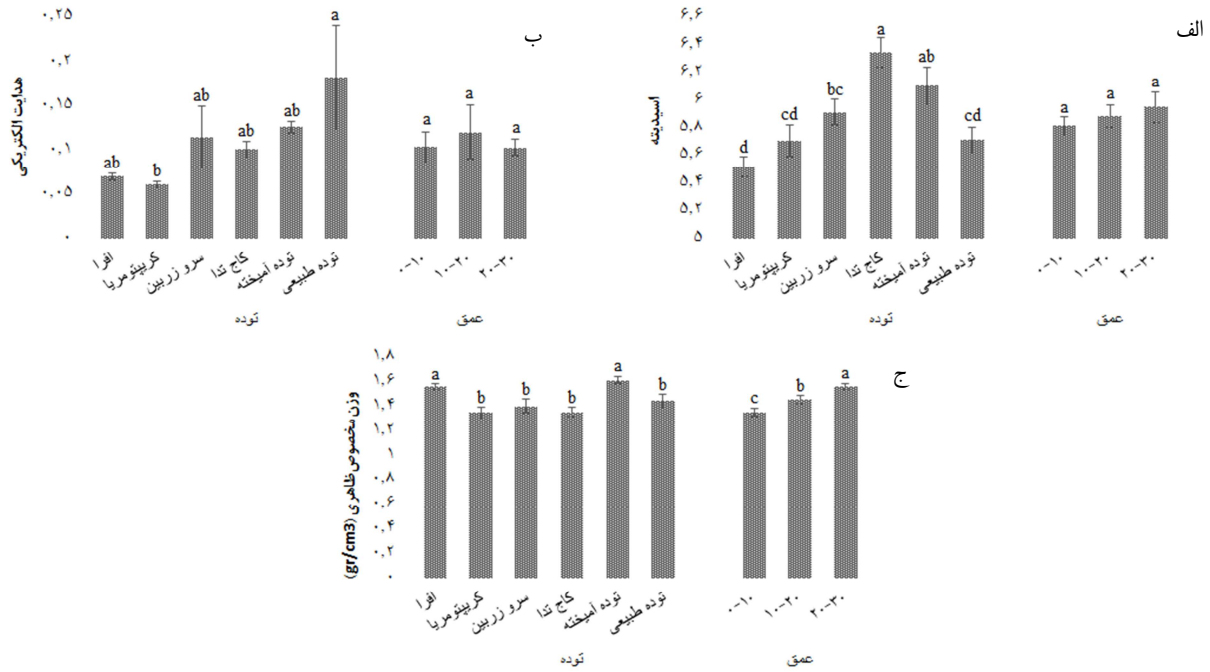
جدول ۴- تجزیه واریانس ویژگی‌های خاک در ارتباط با توده و عمق‌های مورد نظر

ویژگی	توده		عمق		توده × عمق	
	F	معنی‌داری	F	معنی‌داری	F	معنی‌داری
pH	۸/۱۲۹	۰/۰۰۰ **	۰/۷۸۶	۰/۴۶۰ ns	۰/۷۵۱	۰/۶۷۴ ns
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر مربع)	۲/۳۹۶	۰/۰۴۱ **	۰/۲۳۹	۰/۷۸۸ ns	۰/۹۹۰	۰/۴۶۰ ns
جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	۱۲/۲۵۱	۰/۰۰۰ **	۲۳/۲۰۹	۰/۰۰۰ **	۳/۳۴۸	۰/۰۰۱ **
کربن آلی (درصد)	۶/۶۶۷	۰/۰۰۰ **	۲/۲۱۷	۰/۱۱۶ ns	۱/۳۳۸	۰/۲۲۷ ns
ازت کل (درصد)	۵/۷۸۷	۰/۰۰۰ **	۰/۶۰۹	۰/۵۴۷ ns	۱/۲۷۶	۰/۲۶۰ ns
فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱۲/۰۶۸	۰/۰۰۰ **	۰/۰۸۳	۰/۹۲۱ ns	۰/۶۸۱	۰/۷۳۹ ns
ترسیب کربن خاک (تن در هکتار)	۳/۸۷۵	۰/۰۰۶ **	۲/۶۱۱	۰/۰۸۰ ns	۱/۳۹۹	۰/۱۹۹ ns

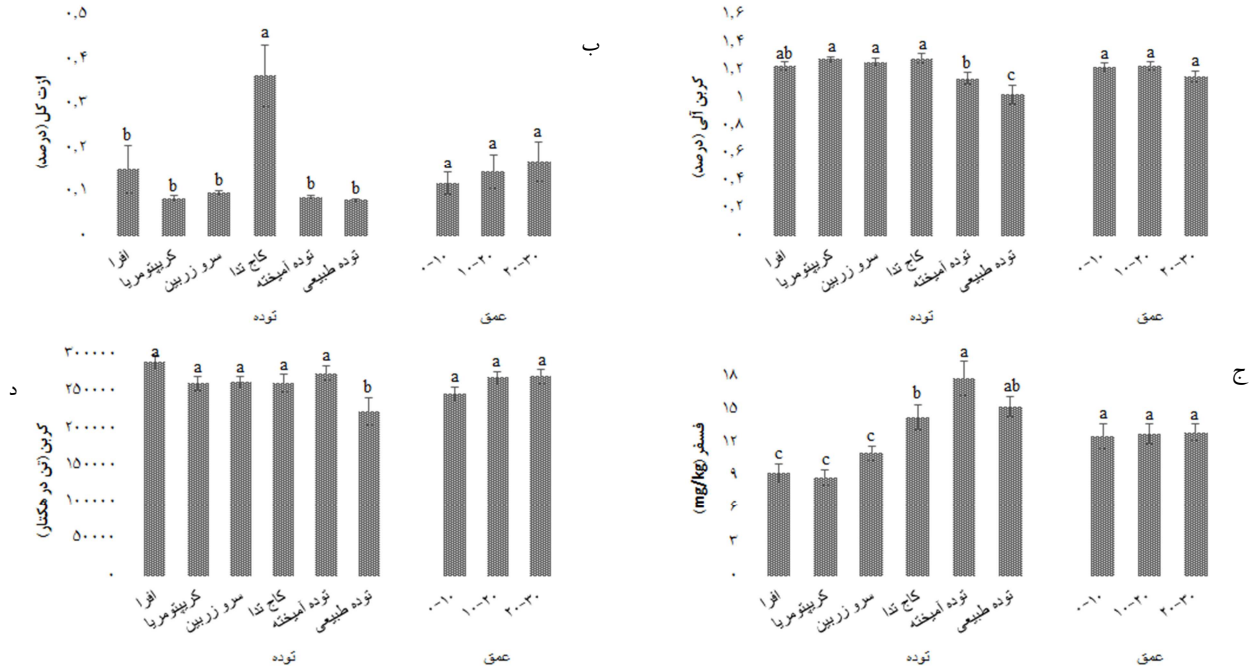
** معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ ns غیرمعنی‌دار

بیشترین pH در توده کاج تدا مشاهده شد (شکل ۲- الف). همچنین، مقدار pH با افزایش عمق روند افزایشی نشان داد. بیشترین هدایت الکتریکی مربوط به توده طبیعی بود و عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر بیشترین مقدار هدایت الکتریکی را داشت (شکل ۲- ب). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که توده آمیخته بیشترین جرم مخصوص ظاهری را دارا بود. جرم مخصوص ظاهری با افزایش عمق افزایش معنی‌داری را نشان داد (شکل ۲- ج).

کربن آلی در توده‌های مورد مطالعه دارای اختلاف معنی‌دار بود و بیشترین مقدار آن در توده کاج تدا مشاهده شد. مقدار کربن آلی در عمق‌های مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (شکل ۳- الف). ازت کل بین توده‌ها دارای اختلاف معنی‌داری بود و در توده کاج تدا به‌طور قابل توجهی بیشتر از دیگر توده‌ها بود (شکل ۳- ب). همچنین، ازت کل با افزایش عمق، روند افزایشی یافت، اما این تغییرات فاقد اختلاف معنی‌دار بود. توده‌های مورد بررسی از نظر فسفر قابل جذب دارای اختلاف معنی‌داری بودند، اما در عمق‌های مختلف اختلافی مشاهده نشد. به‌طور کلی، مقدار فسفر در توده پهن‌برگ آمیخته بیشتر از سایر توده‌ها بود (شکل ۳- ج). نتایج نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در مقدار کربن ذخیره شده بین توده‌های جنگل‌کاری شده در مقایسه با توده طبیعی بود (شکل ۳- د).



شکل ۲- میانگین ± (اشتباه‌معیار) مشخصه‌های **pH**، هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر مربع) و جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) در ارتباط با توده‌های جنگلی و عمق‌های مورد نظر



شکل ۳- میانگین ± (اشتباه‌معیار) مشخصه‌های کربن آلی (درصد)، ازت کل (درصد)، فسفر (گرم در کیلوگرم) و ذخیره کربن (تن در هکتار) در ارتباط با توده‌های جنگلی و عمق‌های مورد نظر

بحث

در پژوهش پیش‌رو، توده طبیعی به‌دلیل داشتن قدمت بیشتر و ساختار ناهمسال و طبقات ارتفاعی متفاوت و در نتیجه تنوع آشکوب‌بندی درختان از نور کافی بهره‌مند شده و منطقی به‌نظر می‌رسد که بیشترین قطر را به‌خود اختصاص داده بود. بیشترین و کمترین قطر درختان در توده‌های مورد مطالعه مربوط به توده کاج تدا و پهن‌برگ آمیخته بود که با نتایج تحقیقات Mokhtari و همکاران (۲۰۰۸) و Sayyad و همکاران (۲۰۰۶) که اشاره کرده بودند که قطر درختان توده‌ها با افزایش آمیختگی کاهش پیدا کرده بود، هم‌خوانی دارد. نتایج مطالعه پیش‌رو نشان داد که در توده‌های پهن‌برگ، پلت دارای بیشترین ارتفاع کل بود. از عامل‌های مهم تأثیرگذار بر رشد ارتفاعی این گونه، رقابت ارتفاعی درختان برای دریافت نور است (Eslamdoust *et al*., 2015). در پژوهش پیش‌رو، توده پلت بیشترین رویش ارتفاعی را نسبت به تمام توده‌ها از خود نشان داد که با نتایج Hemati و همکاران (۲۰۰۲) مطابقت دارد.

یکی از مهمترین عامل‌های تأثیرگذار بر مشخصه‌های کیفی مورد بررسی، ژنتیک متفاوت سوزنی‌برگان و پهن‌برگان است. شرایط رویشگاهی نیز تأثیر معنی‌داری در تولید و نحوه پراکنش شاخه‌ها دارد (Eslamdoust & Sohrabi, 2016). در سوزنی‌برگان، تولید شاخه به‌صورت مونوپودیال (Monopodial) است، به‌طوری که تمام شاخه‌ها از مریستم اصلی و از تنه اصلی منشعب می‌شوند (Sakai, 1990) و این موضوع به‌صورت ذاتی بر کیفیت درختان سوزنی‌برگ تأثیرگذار است. در پهن‌برگان، تولید شاخه به‌صورت سیمپودیال (Sympodial) است، به‌طوری که هر شاخه دارای مریستم خواهد بود (Sakai, 1990) و همه شاخه‌ها به‌صورت مستقیم از تنه اصلی منشعب نمی‌شوند. بنابراین، عدم تقارن تاجی، شاقولی بودن تنه اصلی، انحنا در تنه و چندشاخگی را ممکن می‌کند. به‌طور کلی، در پژوهش پیش‌رو درختان سوزنی‌برگ نسبت به درختان پهن‌برگ از نظر مشخصات کیفی نتایج بهتری داشتند که با تحقیقات Firouzan و همکاران (۲۰۰۶) هم‌خوانی دارد.

نتایج نشان داد که توده‌های پهن‌برگ اثرات زیادی بر خاک داشتند. از عامل‌های تأثیرگذار می‌توان به pH اشاره کرد. جذب مواد غذایی توسط درختان، فعالیت میکروارگانیسم‌ها و تغییر در جذب نیتروژن و مقدار کربن به تغییرات pH وابسته است (Augusto *et al*., 2002) و هرچقدر اسیدی بودن خاک افزایش یابد، از مقدار عناصر غذایی پرمصرف کاسته می‌شود. در پژوهش پیش‌رو، توده کاج تدا pH زیادی را نشان داد که علت اصلی آن عدم مصرف ازت در این توده است (بیشترین مقدار ازت در این توده بود). جرم مخصوص ظاهری تحت تأثیر عمق‌های مورد نظر و توده‌ها تغییر کرده بود. توده کاج تدا از نظر چگالی ظاهری کمترین مقدار را داشت. می‌توان دلیل آن‌را به بیشتر بودن کربن در این توده نسبت به سایر توده‌ها مرتبط دانست، چرا که ماده آلی از وزن حجمی کمی برخوردار است و به‌دلیل کندی تجزیه، حجم لاشبرگ‌های انباشته شده در زیر توده سوزنی‌برگ کاج تدا بیشتر است. همچنین، بیشتر بودن کربن شاید به‌دلیل درجه‌های پوسیدگی متفاوت در لاشبرگ‌های سوزنی شکل کاج باشد که همواره مقدار کربن زیادی را در اختیار خاک قرار می‌دهد و در نتیجه، باعث افزایش مواد آلی خاک و پیرو آن کاهش چگالی ظاهری خاک می‌شود. این نتیجه با نتایج پژوهش Bakhshipour و همکاران (۲۰۱۲) هم‌خوانی دارد. افزایش جرم مخصوص ظاهری با افزایش عمق نیز به‌دلیل افزایش فشار ناشی از لایه‌های بالایی خاک طبیعی بوده و با تحقیقات انجام شده در این زمینه (Shabanian *et al*., 2010) هم‌سو است.

کربن خاک در اکوسیستم‌های زمینی بسیار اهمیت دارد و نقش بسیار مهمی در شکل‌گیری، بازسازی و نگهداری ساختار خاک، حاصلخیزی، مواد غذایی و رطوبت در دسترس خاک دارد. در این پژوهش، در میان توده‌های مورد مطالعه بیشترین مقدار کربن متعلق به توده‌های کاج تدا و کمترین مقدار مربوط به توده طبیعی بود. همچنین، بیشترین نیتروژن کل به توده کاج تدا اختصاص داشت که از نظر کربن آلی هم بیشترین مقدار را داشت. رابطه مقدار عناصر کربن و

نیتروژن در خاک یک توده رابطه‌ای مستقیم است و می‌توان آن را به‌عنوان یک عامل تأثیرگذار در افزایش نیتروژن توده پهن‌برگ آمیخته درنظر گرفت (Rafiei Jahed *et al*., 2014). افزایش ازت خاک با افزایش عمق به‌دلیل تخریبی بودن منطقه و تاج‌پوشش کم پیش از جنگل‌کاری با گونه‌های پهن‌برگ است که باعث شده بود تا در اثر آبشویی ازت به عمق‌های پایینی برود. البته با جنگل‌کاری پهن‌برگ انجام شده به‌مرور زمان به حالت طبیعی برخواهد گشت. تغییرات فسفر در خاک بسیار کند بود. تغییرات این عنصر به مدت زمان طولانی نیازمند است (Ardakani, 2009). از آنجایی‌که این عنصر کمتر دچار آب‌شویی می‌شود و از سویی فسفر مورد نیاز گیاهان از خاک‌های زیر سطحی تأمین می‌شود، بنابراین در این تحقیق در عمق‌های مختلف خاک اختلاف قابل ملاحظه‌ای از نظر فسفر مشاهده نشد. به‌طور معمول هرچه اسیدی بودن خاک افزایش یابد، از مقدار عناصر غذایی پرمصرف کاسته می‌شود که در توده سوزنی‌برگ به‌دلیل pH کمتر، فسفر قابل جذب کمتری مشاهده شد.

در پژوهش پیش‌رو ذخیره کربن خاک در توده‌های پهن‌برگ بیشتر از توده‌های سوزنی‌برگ بود. پژوهش‌های بسیاری نشان داده‌اند که گونه‌های درختی پهن‌برگ تولید لاشبرگ و بازگشت عناصر غذایی را افزایش می‌دهند (Wang *et al*., 2013; Eslamdoust *et al.,* 2017). از این‌رو می‌توان گفت افزایش ورود مواد آلی و عناصر غذایی خاک از طریق افزایش لاشبرگ و لاشزیره به کف جنگل باعث افزایش فعالیت‌های بیولوژیکی و افزایش فعالیت‌های ریشه در گردش عناصر (Hagen-Thron *et al*., 2004) شده و می‌تواند از دلایل مهم در ذخیره کربن خاک و تفاوت بین آن‌ها باشد. همچنین، مطالعات متعدد نشان داده است که درختان خزان‌کننده موجب افزایش ماده آلی خاک و در نتیجه افزایش ذخیره کربن خاک می‌شوند (Kooch & Zoghi, 2014). به‌طور کلی، نوع پوشش تأثیر معنی‌داری بر ترسیب کربن خاک دارد، زیرا تغییر در ترسیب کربن خاک به مقدار ورودی کربن به خاک از راه بقایای گیاهی و تجزیه دارد که بسته به نوع پوشش تغییر می‌کند (Dinakaran & Krishnayya, 2008).

در پژوهش پیش‌رو برخی از ویژگی‌های کمی و کیفی درختان و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک توده‌های مختلف جنگل‌کاری شده و تأثیر هر کدام از توده‌ها بر عامل‌های مورد نظر در شرایط اقلیمی و توپوگرافی برابر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که توده‌های سوزنی‌برگ از نظر ویژگی‌های کیفی و عناصر غذایی موفق‌تر عمل کرده بودند، در حالی‌که از نظر ویژگی‌های کمی و مقدار انباشتگی کربن خاک، توده‌های پهن‌برگ موفق‌تر بودند. در مجموع، می‌توان بیان کرد که با توجه به شرایط منطقه، توده‌های پهن‌برگ در مقایسه با توده‌های سوزنی‌برگ از موفقیت بیشتری برخوردار بودند.

با توجه به اینکه بهره‌برداری ناآگاهانه و مدیریت‌های ناپایدار در جنگل‌های کشور تهدید جدی برای این منابع می‌باشند و مدیریت‌های اعمال شده توسط انسان به‌ویژه در دهه‌های اخیر اثری منفی داشته و تخریب خاک و ناپایداری اکوسیستم‌های طبیعی را به‌همراه داشته است، توسعه مدیریتی پایدار با توانایی لازم برای حفظ یا بهبود کیفیت خاک پیشنهاد می‌شود. لازمه این کار ارزیابی کیفیت خاک برای هر منطقه است.

References

- Ardakani, M.R., 2009. Ecology. Tehran University Press, Tehran, 340p (In Persian).
- Augusto, L., Ranger, J., Binkley, D. and Rothe, A., 2002. Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. Annals of Forest Science, 59: 233-253.
- 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 (In Persian).
- Cao, S., Chen, L., Liu, Z. and Wang, G., 2008. A new tree-planting technique to improve tree survival and growth on steep and arid land in the Loess Plateau of China. Journal of Arid Environments, 72: 1374-1382.

384.
- Hemati, A., Amanzadeh, B.A., Siahipour, Z.A. and Akbarzadeh, A., 2002. Preliminary Results designs softwood forests of the world of Islam in Gilan. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 8(1): 87-124 (In Persian).
- Hernández D.L., Araujo, Y., López, A., Hernández-Valencia I. and Hernández, C., 2004. Changes in soil properties and earthworm populations induced by long-term organic fertilization of a sandy soil in the Venezuelan Amazonia. Soil Science, 169(3): 188-194.
- Jiang, Z.H., Fei, B.H. and Wang, X.M., 2003. Plantation forests for sustainable wood supply and development in China. Chinese Forestry Science and Technology, 2(1): 20-23.
- Khoronkeh, S., Sardabi, H. and Espahbodi, K., 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).
- Kooch Y. and Zoghi Z., 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.
- Lal, R., 2005. Forest soil and carbon sequestration. Forest Ecology and Management, 220(1): 242-258.
- Mokhtari, J., Ebrahimi, E., Zabihi, K. and Sayyad, E., 2008. Comparative study of soil properties, quantitative and qualitative characteristics of mixed and pure afforestation of poplar and alder in Chamestan (Mazandaran). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 16(2): 197-210 (In Persian).
- Mosadegh, A., 1999. Afforestation and Forest Plantations. Tehran University Press, Tehran, 516p (In Persian).
- Rafiei Jahed, R., 2014. Effect of land cover on variability of the most important greenhouse gases and base cations of the soil (Case study: Chamestan forest of Noor). M.Sc. thesis, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, 119p (In Persian).
- Rafiei Jahed, R., Hosseini, S.M. and Kooch, Y., 2014. The effect of natural and plantation forest stands on soil fertility in the Hyrcanian region,
- Dinakaran, J. and Krishnayya, N.S.R., 2008. Variations in type of vegetal cover and heterogeneity of soil organic carbon in affecting sink capacity of tropical soils. Current Science, 94(9): 1144-1150.
- Eslamdoust, J. and Sohrabi, H., 2016. Allometric models for branch biomass production: assessment of rapid growth trees for bio-energy in Northern Iran. European Journal of Biological Research, 6(4): 267-274.
- Eslamdoust, J., Sohrabi, H. and Hosseini, S.M., 2014. Evaluation of growth characteristics of *Populus deltoides* and *Taxodium distichum* trees using stem analysis. Journal of Natural Ecosystem of Iran, 5(3): 51-59 (In Persian).
- Eslamdoust, J., Sohrabi, H., Hosseini, S.M. and Moradi, Z., 2015. Assessment of different methods of form factor determination for volume estimation of planted *Populus deltoides* and *Taxodium distichum* trees (Klodeh region-Mazandaran province). Iranian Journal of Applied Ecology, 4(12): 67-75 (In Persian).
- Eslamdoust, J., Sohrabi, H., Hosseini, S.M. and Naseri, B., 2015. Biomass Factor (BF) in various components and biomass Expansion Factor (BEF) for *Alnus subcordata*, *Taxodium distichum* and *Populus deltoides* afforested. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 22(3): 540-549 (In Persian).
- Eslamdoust, J., Sohrabi, H., Hosseini, S.M. and Naseri, B., 2017. Leaf biomass and leaf area equations for three planted trees in Iran. European Journal of Biological Research, 7(1): 50-58.
- Firouzan, A.H., Bonyad, A. and Falahchai, M.M., 2006. The investigation of thining effects on the quantitative and qualitative variablies on loblol pine (*Pinus taeda*) in Lahijan region. Journal of Agricultureal Sciences, 12(3): 513-524 (In Persian).
- Gholizadeh, M.N., Kiadaliri, Sh., Mahdavi, R. and Faraji Pool, R., 2011. Elimination trial with exotic needle-leaved species in the Caspian forests of Iran at three elevations of Nowshahr region. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19(2): 301-313 (In Persian).
- Hagen-Thorn, A., Callesen, I., Armolaitis, K. and Nihlgard, B., 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(3): 373-

Iran. Biodiversitas, 15(2): 206-214.
- Razavi, S.A., 2010. Comparison of soil characteristics and biodiversity in plantations of Bald cypress and Caucasian alder (Case study: Kludeh-Mazandaran province). Journal of Wood and Forest Science and Technology, 17(2): 41-56 (In Persian).
- Rostami Shahraji, T., 2001. Assessment of current forestry strategy Gilan province. Proceedings of the National Conference of the Northern Forest Management and Sustainable Development. Tehran, 06 Sep. 2001: 371-383 (In Persian).
- Rouhi Moghaddam, E., 2007. Growth dynamics and nutrition of monoculture and mixed plantations of oak (*Quercus castaneifolia* C.A.Mey.). Ph.D. thesis, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, 235p (In Persian).
- Sakai, S., 1990. Sympodial and monopodial branching in Acer: implications for tree architecture and adaptive significance. Canadian Journal of Botany, 68(7): 1549-1553.
- Sayyad, E., Hosseini, S.M., Mokhtari, J., Mahdavi, R., Jalali, S.G., Akbarinia, M. and Tabari, M., 2006. Comparison of growth, nutrition and soil properties of pure and mixed stands of *Populus deltoides* and *Alnus subcordata*. Silva Fennica, 40(1): 27-35.
- Shabanian, N., Heydari, M. and Zeinivand, M., 2010. The impact of afforestation with conifer and broadleaf species diversity of plant species and soil physical and chemical properties (Case study: afforestation Duchamp, Sanandaj). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 18(3): 437-446 (In Persian).
- Wang, H., Liu, S., Wang, J., Shi, Z., Lu, L., Zeng, J. and Yu, H., 2013. Effects of tree species mixture on soil organic carbon stocks and greenhouse gas fluxes in subtropical plantations in China. Forest Ecology and Management, 300(5): 4-13.
- Zarin Kafsh, M., 2001. Forest Soil Science, the Interactions of Soil and Plant in Relation to Environmental Factors of Forest Ecosystems. Published by Ministry of Agriculture-Jahad, Tehran, 361p (In Persian).

Restoration of degraded forest using native and exotic species: Investigation on soil productivity and stand quality (Case study: Chamestan, Mazandaran province)

R. Rafiei Jahed [1], M.A. Fakhari [2], J. Eslamdoust [3*], M. Fashat [1], Y. Kooch [4] and S.M. Hosseni [5]

1- M.Sc. Forestry, Faculty of Natural Resource and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

2- Ph.D. Student Forestry, Sari Agriculture Sciences and Natural Resource University, Mazandaran, Iran

3*- Corresponding author, M.Sc. Forestry, Faculty of Natural Resource and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran. E-mail: j.eslamdoust@modares.ac.ir

4- Assistant Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resource and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

5- Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resource and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

Received: 12.11.2016 Accepted: 07.02.2017

Abstract

After 20 years, the effects of five plantations of *Acer velutinum* Boiss., *Cryptomaria japonica* D. Don., *Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis* (Mill.) Gord., *Pinus taeda* L. and mixed stand on soil fertility and quality of the stands were investigated and compared with natural forest to determine the appropriate species for planting in low land of Hyrcanian forests. Five 400 m^2 plots were selected randomly- systematic in each stand. Quantitative and qualitative characteristics were recorded. Also, within each plot soil in 0-15, 15-30 and 30-45 cm depths were sampled. The results showed significant effect of reforestation on pH, EC, bulk density, organic carbon, total nitrogen, phosphorus and carbon sequestration in the soil. According to the result, *P. taeda* has the highest pH (4/6) while *A. velutinum* has the lowest pH (5.5), natural forest stand has the highest (18/0 ds/m) whereas *C. japonica* has the lowest (06/0 ds/m) EC. *Pinus taeda* has the highest organic carbon content (1.29%) and total nitrogen (0.36%) but the natural forest has the lowest amount of organic carbon (1.03%) and total nitrogen (0.08%). The mixed stand has the highest phosphorus (1.9 g/kg) and *C. japonica* has the lowest one (1.8 g/kg). The *A. velutinum* has the greatest (292830 Mg/ha) while the natural forest has the lowest (223920 Mg/ha) amount of carbon sequestration. The results showed the conifer stands have been more successful in terms of tree quality characteristic while broadleaf stands were more successful in the quantitative characteristic. Finally, it can be claimed that broadleaves stands were more successful in compare with conifer stands.

Keywords: Broadleaves, carbon sequestration, conifers, growth characteristics, natural forest, reforestation.