فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۵ شماره ۳، صفحه ۴۰۷-۳۹۸، (۱۳۹۶)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijfpr.2017.112874

اثر بافت خاک بر رشد و تولید صنوبر دلتوئیدس (*Populus deltoides* Bartr. ex Marsh. *77/51*) در اراضی جلگه‌ای نور

جمشید مختاری [۱*]، علی سلطانی [۲]، مسعود طبری‌کوچکسرایی [۳] و سیداحسان ساداتی [۴]

۱*- دانشجوی دکتری جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. پست الکترونیک: mokhtari_snbr86@yahoo.com

۲- دانشیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

۳- استاد، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت‌مدرس، نور، ایران

۴- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۷/۲۸

چکیده

در دهه‌های اخیر صنوبرکاری در شمال ایران به‌منظور زراعت چوب تا سطح ۵۰ هزار هکتار توسعه یافته و صنوبر دلتوئیدس (*Populus deltoides* Bartre. ex Marsh. *77/51*) یکی از گونه‌های غیربومی تندرشد کاشته شده در این اراضی است. این پژوهش با هدف انتخاب بسترهای مناسب‌تر این گونه برای افزایش رشد و تولید چوب انجام شد. در اراضی جلگه‌ای شهرستان نور، سه عرصه جنگل‌کاری ۲۰ ساله این گونه با بافت خاک سیلتی- رسی- لومی، سیلتی- لومی و لومی انتخاب شدند. اندازه‌گیری‌ها در قطعه‌نمونه‌های ۴۰۰ متر مربعی با چهار تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌های کمی و کیفی درختان، تفاوت معنی‌داری را بین عرصه‌هایی که دارای بافت‌های مختلف خاک بودند، نشان داد. درختان در بافت لوم، بیشترین رویش ارتفاعی سالانه (۱/۲۷ متر)، بیشترین حجم درخت متوسط (۰/۹۵۶ متر مکعب)، بیشترین متوسط قطر (۲۹/۰۱ سانتی‌متر)، بیشترین رویه زمینی در هکتار (۳۲/۵۹ متر مربع) و بیشترین حجم در هکتار (۴۴۳ متر مکعب) را داشتند. متوسط ارتفاع درختان در خاک سیلتی- لومی (۲۴/۴۷ متر) اختلاف معنی‌داری با ارتفاع در خاک سیلتی- رسی- لومی داشت. رویش قطری و رویه زمینی درختان صنوبر در خاک دارای بافت سیلتی- رسی- لومی نسبت به خاک سیلتی- لومی بیشتر بود. خاک لومی شرایط بهتری را برای رشد و تولید درختان صنوبر فراهم کرده بود. پیشنهاد می‌شود به‌منظور شناخت اولیه از وضعیت رویشگاه و انتخاب کلن و برنامه‌ریزی اجرای عملیات اصلاحی، حتماً پیش از کاشت، آزمایش خاک انجام شود تا موفقیت صنوبرکاری تضمین و سرمایه‌گذاری در این راستا با خطر کمتری مواجه شود.

واژه‌های کلیدی: رویش، زراعت چوب، کلن.

مقدمه

در تولید و تأمین چوب انبوه برای خودکفایی کشور، توسعه زراعت چوب بر مبنای یافته‌های تحقیقاتی و رعایت اصول فنی کاشت و داشت و برداشت، به‌ویژه با گونه‌های تندرشد صنوبر یکی از رویکردهای مهم محسوب می‌شود (Mokhtari, 2001). ارقام جنس صنوبر امکان گسترش زیادی دارند که ناشی از توان سازش‌پذیری و سرعت رشد زیاد آن‌ها است (Kiadaliri *et al*., 2004)، بنابراین در

توسعه اقتصادی- اجتماعی مناطق روستایی و ایجاد اشتغال نقش وسیعی داشته و از فشار بر جنگل‌های طبیعی خواهند کاست (Asadi, 2001; Kiadaliri, 2002). همچنین، به سبب قابلیت زیاد تولید چوب‌های تجاری و صنعتی از ارزش اقتصادی قابل توجهی برخوردارند (Ghasemi, 1999). یکی از گونه‌های مهم و پرمحصول جنس صنوبر، صنوبر دلتوئیدس (*Populus deltoides* Bartr. ex Marsh.) است که مربوط به بخش ایگروس بوده و در شرق، جنوب (به‌ویژه در حوضه آبخیز رود می‌سی‌سی‌پی) و قسمت‌های مرکزی غرب ایالات متحده و همچنین جنوب کانادا تا پای دامنه کوه‌های راکی انتشار دارد. بهترین رشد آن روی خاک‌های مرطوب و خوب زهکشی شده کرانه رودخانه‌ها اتفاق می افتد و در دامنه‌ها، به قسمت‌های نزدیک‌تر دره که دسترسی به رطوبت بیشتر است، محدود می‌شود (Cooper & Van Haverebeke, 1990). این درخت به‌علت خصوصیاتی از قبیل سهولت تجدید حیات، انطباق با شرایط مختلف رویشگاه، امکان کشت با سایر گونه‌ها، قابلیت هرس طبیعی، سرعت رشد و سهولت ازدیاد به روش غیرجنسی به سایر قاره‌ها برده شد (Forotannejhad, 1970).

در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گاندی هند، Swamy و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی رشد پنج کلن *P. deltoides* نتیجه گرفتند که بیشترین قطر برابر سینه و ارتفاع در کلن *P. d. 65/27* و کمترین آن در کلن *P. d. S7CL* بود. در کشور آمریکا در منطقه Fitler در نزدیک رودخانه می‌سی‌سی‌پی روی خاکی با بافت سیلتی - لوم، رویش حجمی سالانه درختان ۲۰ساله *P. deltoides* در فاصله کاشت ۳ × ۲/۵ متر، ۲۱/۵۷ متر مکعب در هکتار به‌دست آمد (Krinard & Johnson, 1984). در شمال ایران (اراضی جلگه‌ای کلارآباد چالوس) روی یک بستر لومی- شنی- رسی، درختان ۱۵ساله این گونه دارای رویش حجمی سالانه ۴۱/۸ متر مکعب در هکتار بودند (Tabari *et al.*, 2002). قابل ذکر است که عمده جنگل‌کاری‌ها و پروژه‌های زراعت چوب با این گونه در داخل کشور در سواحل جنوبی دریای خزر انجام شده و قلمه‌های رقم‌های مختلف از این مناطق به سایر نقاط ایران نیز منتقل شده‌اند (Noori *et al.*, 2013; Yosefi *et al.*, 2013). بررسی سازگاری ارقام صنوبر در استان مرکزی نیز نشان داد که کلن‌های دلتوئیدس به استثنای *P. d. 69/55* از شرایط متوسطی از نظر قطر، ارتفاع، موجودی حجمی، متوسط رویش قطری، متوسط رویش ارتفاعی و متوسط رویش حجمی برخوردار بودند (Goodarzi *et al.*, 2013).

تنوع در کلن‌ها و ارقام کاشته شده صنوبر دلتوئیدس در کنار تفاوت در شیوه‌های کاشت، تیمارهای پس از کاشت و همین‌طور مقدار بارندگی و شرایط خاکی در مناطق ساحلی دریای خزر باعث شده تا شاهد تنوع تولید در جنگل‌کاری‌های این گونه باشیم (Ghanbari *et al.*, 2011; Mohammadi Limaee *et al.*, 2013). شایان ذکر است که از بین ۲۵ کلن صنوبر خارجی که کاشت آنها در سال ۱۳۴۴ در ایستگاه تحقیقات صنوبر صفرابسته انجام شد، پس از یک بررسی ۱۹ساله، کلن *P. deltoides 77/51* در اولین گروه و در رأس آن‌ها قرار گرفت (Lotfian, 1984). با اجرای طرح‌های تحقیقاتی کوتاه‌مدت (دو، سه و چهارساله) به روش شاخه‌زاد در ایستگاه تحقیقات چمستان که با هدف تولید چوب مورد استفاده در صنایع سلولزی انجام شد، کلن *P. d. 77/51* در دوره سه‌ساله با تولید سالانه ۱۶/۷ تن ماده خشک در هکتار (۴۲ متر مکعب) بیشترین تولید را به‌خود اختصاص داد (Mokhtari & Modir-Rahmati, 2006). در حال حاضر، سطح صنوبرکاری در شمال ایران ۵۰۰۰۰ هکتار با کلن‌های اصلاح شده دلتوئیدس همچون *P. d. 77/5*، *P. d. 69/55*، *P. d. 75/51* و *P. d. 63/51* و اورآمریکن از قبیل *P. e. I-214* و *P. e. 45/51* می‌باشد (Hedaiati, 2012). همچنین، Modir-Rahmati (۲۰۰۸) کلن‌های کاشته شده در شمال کشور را از گونه‌های خارجی دلتوئیدس و اورآمریکن ذکر کرده که آزمایشات سازگاری و سلکسیون‌های متفاوت در مورد آنها انجام شده است. به‌عنوان مثال، در استان گیلان تولید چوب صنوبر از ۱۹۵۰۰۰ متر مکعب به ۱/۲۹۰/۰۰۰ متر مکعب و سطح صنوبرکاری از ۱۳۰۰۰ هکتار به ۴۳۰۰۰ هکتار افزایش

یافته است.

به‌طور کلی، بر اساس منابع اشاره شده، رشد و عملکرد تولید چوب صنوبرها در شرایط اقلیمی متفاوت و روش‌های کاشت و گونه‌ها و ارقام متفاوت است. از جمله این‌که، نوع خاک بر رشد و تولید صنوبر دلتوئیدس مؤثر است که می‌تواند به انتخاب عرصه‌های مناسب برای صنوبرکاری کمک کند. به همین منظور، در پژوهش پیش‌رو عرصه‌های صنوبرکاری با کلن *P. deltoides 77/51* کاشته شده در بسترهایی با خاک‌های مختلف در شرایط اقلیمی شهرستان نور (مازندران) انتخاب شدند تا بهترین رشد و تولید این گونه در منطقه مورد مطالعه تعیین شود.

مواد و روش‌ها

عرصه‌های مورد مطالعه در اراضی جلگه‌ای شهرستان نور (استان مازندران) واقع شده‌اند که ارتفاع از سطح دریای آزاد آن ۱۰۰–۸۰ متر و شیب متوسط در تمام آنها صفر تا سه درصد است. با متوسط بارندگی سالانه ۸۶۴ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۶/۳ درجه سانتیگراد، اقلیم در تمام این مناطق یکنواخت و بر اساس طبقه‌بندی دومارتن، از نوع مرطوب است. طول فصل خشک ۵۳ روز و از اواخر خرداد تا اواخر مرداد است (Ebrahimi, 2008). شرایط کشت از جمله فاصله کشت (۴×۴ متر) و مراحل داشت در تمام این صنوبرکاری‌ها یکسان بوده و تفاوت در محصول‌دهی احتمالی، به‌واسطه شرایط خاکی متفاوت مناطق فرض شد. برای انجام این پژوهش، ابتدا چند قطعه جنگل‌کاری شده ۲۰ساله (سال کاشت ۱۳۷۴) صنوبر دلتوئیدس کلن *P. d. 77/51* انتخاب شد. برای اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک، با پراکنش منظم در هر قطعه، چهار نمونه خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری به‌وسیله اوگر استوانه‌ای به قطر ۷/۶ سانتی‌متر برداشت شد. چهار نمونه خاک هر قطعه با یکدیگر مخلوط و یک نمونه ترکیبی تهیه شد که پس از انتقال به آزمایشگاه در هوای آزاد خشک و از الک دو میلی‌متری عبور داده شد (Ghazanshahi, 1997). بافت خاک با استفاده از روش دانسیمتری بایکاس تعیین شد. اسیدیته 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 و مقدار مواد آلی خاک از ضرب کردن درصد کربن آلی خاک در عدد ۱/۹ به‌دست آمد (Nelson & Sommers, 1982). فسفر قابل جذب به روش السون (Ghazanshahi, 1997)، پتاسیم قابل جذب به روش استات‌آمونیم نرمال با دستگاه فلیم‌فتومتر (Flame photometer) و ازت کل به روش کجلدال اندازه‌گیری شد. با تعیین نوع بافت خاک به اشکال سیلتی– رسی– لومی، سیلتی– لومی و لوم، اندازه‌گیری مشخصه های درختان در هر بافت خاک در چهار قطعه‌نمونه ۴۰۰ متر مربعی و چهار تکرار (۴۸ قطعه‌نمونه) انجام شد. در هر یک از قطعات نمونه، مشخصه‌های قطر برابر سینه تا دقت میلی‌متر و ارتفاع کل تا دقت دسی‌متر و تعداد شاخه تا شش متر اول تنه اندازه‌گیری و ثبت شد. سپس متغیرهای سطح مقطع با استفاده از رابطه $\frac{\pi d^2}{4}$ و حجم در هکتار با استفاده از رابطه $f\frac{\pi d^2}{4}h$ محاسبه شد. در این رابطه، ضریب شکل (f) بر اساس تحقیق انجام شده، ۰/۵ درنظر گرفته شد (Mokhtari, 2007). مشخصه های کیفی از قبیل پیچیدگی تنه، شاخه‌دهی و طول هرس طبیعی تنه نیز در هر قطعه‌نمونه ثبت شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

نرمال بودن توزیع داده‌ها توسط آزمون کولموگروف–سمیرنوف و همگنی واریانس داده‌ها با استفاده از آزمون Levene در نرم افزار SPSS تعیین شد. تفاوت میان اندازه‌های به‌دست‌آمده از مشخصه‌های درختی عرصه‌های صنوبرکاری به‌واسطه تغییر بافت خاک، توسط آزمون کروسکال– والیس و تجزیه واریانس مقایسه شد. درصورت وجود تفاوت معنی‌دار بین اندازه‌های درخت و توده، تجزیه و تحلیل میانگین ها انجام شد.

نتایج

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی سه نوع بافت خاک مورد مطالعه در جدول ۱ ارایه شده است.

جدول ۱- میانگین و انحراف از معیار مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده برای هر یک از سه نوع بافت خاک مورد مطالعه

بافت خاک	شن (درصد)	لوم (درصد)	رس (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته	رطوبت اشباع (درصد)	مقدار آهک (درصد)	ماده آلی (درصد)	نیتروژن (درصد)	کربن آلی (درصد)	نسبت کربن به نیتروژن	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
لومی	۳۳/۳۳ (±۱/۶۷)	۵۰/۰۶ (±۲/۶۶)	۱۶/۷۲ (±۰/۶)	۰/۷۷ (±۰/۰۳)	۷/۱۷ (±۰/۳۱)	۶۰/۳۵ (±۷/۶)	۶/۶۵ (±۰/۸۵)	۳/۶۲ (±۰/۴۱)	۰/۱۸ (±۰/۰۲)	۲/۱۷ (±۰/۱۷)	۱۱/۹ (±۰/۲۸)	۶/۶۹ (±۱/۰۴)	۱۳۳/۹۸ (±۲۴/۸۷)
سیلتی- لومی	۲۲/۰۵ (±۱/۰۵)	۵۱/۶۵ (±۲/۸۲)	۲۶/۶۱ (±۱/۲۱)	۰/۷ (±۰/۰۳)	۶/۸۶ (±۰/۱۱)	۷۰/۱ (±۱/۹۷)	۳/۵۳ (±۱/۶۶)	۳/۸۴ (±۰/۱۷)	۰/۱۸ (±۰/۰۱)	۲/۲ (±۰/۱۳)	۱۲/۵۶ (±۰/۷۴)	۱۳/۱۷ (±۷/۳۹)	۱۷۵/۷۱ (±۲۴/۳۳)
سیلتی- رسی- لومی	۱۷/۹۹ (±۱/۰۲)	۴۸/۱۶ (±۴/۴۴)	۳۴/۰۵ (±۳/۲۵)	۰/۷۲ (±۰/۱۴)	۶/۹۲ (±۰/۳۹)	۸۱/۳۳ (±۲(/۵۴)	۳/۴۵ (±۰/۵۶)	۴/۱۲ (±۰/۱۶)	۰/۱۹ (±۰/۰۲)	۲/۴۶ (±۰/۱۲)	۱۲/۲۴ (±۰/۵۴)	۱۱/۲۲ (±۰/۳۲)	۲۱۶ (±۲۵/۰۷)

نتایج آزمون کروسکال - والیس و تجزیه واریانس نشان داد که با تغییر بافت خاک، تفاوت معنی‌داری در خصوصیات اصلی درختان و توده‌های بین قطعات صنوبرکاری به‌وجود آمد، به‌طوری‌که میانگین ارتفاع، حجم درختان و پیچیدگی تنه در سطح اطمینان ۹۹ درصد و میانگین رویه‌زمینی، حجم در هکتار و ارتفاع توده در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین بافت‌های مختلف خاک اختلاف معنی‌دار داشتند. تنها در مورد متغیرهای تعداد، طول هرس طبیعی‌تنه و تعداد شاخه تفاوت معنی‌داری در بافت‌های مختلف مشاهده نشد (جدول ۲).

جدول ۲ - نتایج آزمون کروسکال- والیس و تجزیه واریانس برای اثر فاکتور بافت خاک بر مشخصه‌های درخت و توده در بین قطعات صنوبرکاری

آماره	مشخصه										
	تعداد	قطر	ارتفاع	رویه زمینی (هر اصله)	رویه زمینی (در هکتار)	حجم (هر اصله)	حجم در هکتار	طول هرس طبیعی	تعداد شاخه	پیچیدگی تنه
مربع کای			۴۱/۶۵	۳۳/۵۷		۲۳/۸۵	۷/۷۳	۰/۱۴	۰/۸۱	۳۹/۲۷
F	۲/۸۰	۱۶/۷۵			۷/۴۵					
درجه آزادی	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
معنی‌داری	۰/۱۱ ns	۰/۰۰ **	۰/۰۰ **	۰/۰۰ **	۰/۰۱۲ *	۰/۰۰ **	۰/۰۲۱ *	۰/۹۳ ns	۰/۶۶ ns	۰/۰۰ **

** معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ * معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ns غیرمعنی‌دار

مقایسه میانگین‌های متغیر قطر برابر سینه نشان داد که قطعات با بافت خاک لوم (با میانگین۲۹/۰۱ سانتی‌متر) و سیلتی- رسی- لومی (با میانگین ۲۷/۴۵ سانتی‌متر) بیشترین و قطعات با بافت سیلتی- لومی (با میانگین ۲۳/۷۹

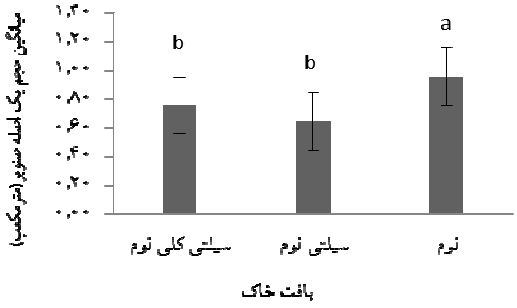
سانتی‌متر) کمترین متوسط قطر درختان را به‌خود اختصاص دادند (جدول ۳). درختان صنوبر روییده بر خاک‌های با بافت لومی و سیلتی- لومی به‌ترتیب با ۲۵/۴۴ و ۲۴/۴۷ متر حداکثر ارتفاع را داشتند و درختان روییده بر خاک سیلتی- رسی- لومی با میانگین ۲۲/۳۸ متر از کمترین ارتفاع برخوردار بودند و تفاوت آن‌ها با دو بافت خاک دیگر معنی‌دار بود (جدول‌های ۲ و ۳). بر اساس نتایج مندرج در جدول ۳، میانگین رویش سالانه ارتفاع درختان در خاک لوم ۱/۲۷ متر دارای اختلاف معنی‌دار با خاک سیلتی- رسی- لومی (۱/۱۱ متر) بود. مقایسه رویه زمینی در هکتار صنوبرها اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین تیمارهای بافت خاک نشان داد.

جدول ۳- مقایسه میانگین مشخصه‌های مورد بررسی در عرصه‌های صنوبرکاری

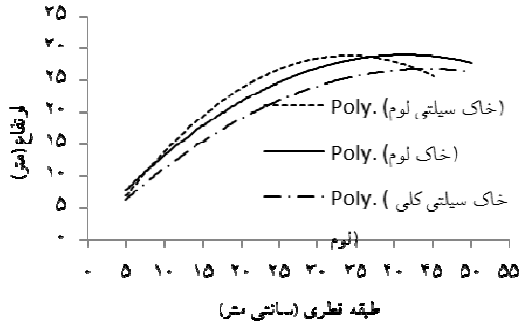
مشخصه	خاک سیلتی- رسی- لومی		خاک سیلتی- لومی		خاک لومی		معنی‌داری
	میانگین	اشتباه معیار	میانگین	اشتباه معیار	میانگین	اشتباه معیار	
قطر درخت (سانتی‌متر)	۲۷/۴۵ a	۰/۶۳	۲۳/۷۹ b	۰/۶۳۸	۲۹/۰۱ a	۰/۶۴۹	**
رویش قطری سالانه (سانتی‌متر)	۱/۳۷ a	۰/۳۲	۱/۱۹ b	۰/۴۸	۱/۴۳ a	۰/۵۷	**
ارتفاع کل درخت (متر)	۲۲/۳۷ b	۰/۳۵۵	۲۴/۴۷ a	۰/۴۴۶	۲۵/۴۴ a	۰/۴۰۸	**
رویش ارتفاعی سالانه (متر)	۱/۱۱ b	۰/۰۲۳	۱/۲۲ a	۰/۰۳۷	۱/۲۷ a	۰/۰۴۴	*
ارتفاع تنه هرس‌شده (متر)	۶/۱۵	۰/۲۶	۶/۰۸	۰/۲۷	۶/۱۵	۰/۲۷	ns
ضریب قدکشیدگی	۰/۸۳	۰/۰۱۱	۱/۰۵	۰/۰۱۶	۱/۵	۰/۵۳	ns
رویه زمینی درخت متوسط (متر مربع)	۰/۰۶۷ a	۰/۰۰۴	۰/۰۴۸ b	۰/۰۰۲	۰/۰۷۱ a	۰/۰۰۳	**
حجم درخت متوسط (متر مکعب)	۰/۷۵ b	۰/۰۳۷	۰/۶۴۲ b	۰/۰۳۸	۰/۹۵۶ a	۰/۰۴۷.	**
رویه زمینی در هکتار (متر مربع)	۳۲/۳۷ a	۲/۴۵	۲۰/۵ b	۱/۰۳	۳۲/۵۹ a	۳/۴۷	*
حجم در هکتار (متر مکعب)	۳۵۹/۲ ab	۲۳/۱۸	۲۶۵/۸ b	۱۷/۹۱	۴۴۳ a	۵۸/۹۲	*
رویش حجمی سالانه توده (متر مکعب)	۱۷/۹۵ ab	۱/۱۶	۱۳/۳ b	۰/۸۹	۲۲/۲ a	۲/۹۴	*

** معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ * معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ns غیرمعنی‌دار. حروف انگلیسی مشابه در هر سطر بیانگر گروه‌های یکسان است.

منحنی قطر- ارتفاع درختان در سه نوع خاک (شکل ۱) نشان داد که خاک‌های لومی بستر مناسب‌تری را برای رویش صنوبر دلتوئیدس فراهم کرده‌اند. میانگین حجم تک‌درخت سرپا در بافت‌های مختلف خاک، اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد نشان داد و میانگین حجم درختان در بافت لومی بیشترین مقدار را داشت (شکل ۲).



شکل ۱- رابطه قطر- ارتفاع درختان صنوبر در سه نوع بافت خاک



شکل ۲- مقایسه حجم درخت متوسط به تفکیک نوع بافت خاک

بحث

در پژوهش پیش‌رو، میانگین رویش ارتفاعی درختان صنوبر در خاک لومی (۱/۲۷ متر در سال) نسبت به خاک سیلتی–رسی– لومی با اختلاف معنی‌داری بیشتر بود. حجم تک‌درختان نیز در بافت لومی با میانگین ۰/۹۵۶ متر مکعب نسبت به خاک‌های دیگر دارای اختلاف معنی‌دار بود. افزون بر اینکه میانگین رویش حجمی سالانه درختان صنوبر (۲۲/۲ متر مکعب در هکتار) در خاک لومی بیشتر از خاک سیلتی– لومی (۱۳/۲۸ متر مکعب در هکتار) بود. منحنی‌های قطر– ارتفاع درختان صنوبر در خاک‌های لومی و سیلتی– لومی نیز بالاتر از خاک سیلتی– رسی– لومی قرار گرفته بودند. در بررسی رویش صنوبرهای دلتوئیدس (*P. d. 69/55*) ۳۰ساله در جلگه‌های غرب گیلان دارای بافت خاک لومی– رسی، میانگین رویش ارتفاعی ۰/۹۳ متر به‌دست آمد (Salehi *et al*., 2012) که نسبت به میانگین رویش ارتفاعی (۱/۱۱ متر) صنوبرهای مورد بررسی در پژوهش پیش‌رو (بافت سیلتی– رسی– لومی) کمتر است. صنوبر دلتوئیدس *P. d. 69/55* (۲۵ ساله) در منطقه هفت‌دغنان (غرب گیلان) که دارای بافت لومی است، به میانگین قطر ۲۴/۳۵ سانتی‌متر رسید (Khanjani Shiraz *et al*., 2013) که نسبت به درختان مورد بررسی در پژوهش پیش‌رو در خاک لومی با میانگین قطر ۲۹ سانتی‌متر از رویش کمتری برخوردار بود. از نظر میانگین رویش حجمی نیز در غرب گیلان، صنوبر دلتوئیدس *P. d. 69/55* (۲۵ساله) ۲۳/۵ متر مکعب در هکتار در سال رویش داشت (Khanjani Shiraz *et al*., 2013) که با رویش حجمی پژوهش پیش‌رو (۲۲/۲ متر مکعب در هکتار) اختلاف کمی دارد. Lashkar Bolouki و همکاران (۲۰۱۰) در شرایط اقلیمی آستانه اشرفیه (ایستگاه تحقیقات صفرابسته) روی رسوبات آبرفتی ریزبافت، رویش حجمی سالانه کلن *P. d. 77/51* (۲۲ ساله) را ۱۷/۷ متر مکعب در هکتار گزارش کردند. Mousavi Koupar (۲۰۱۱) نیز در همین منطقه، رویش حجمی سالانه توده دیگری از این کلن را روی خاک سیلتی– لومی ۱۶/۱۴ متر مکعب در هکتار (۲۲۹ متر مکعب در طول ۱۴ سال) محاسبه کرد که نسبت به رویش حجمی سالانه کلن مذکور در چمستان در خاک سیلتی– لومی (۱۳/۳ متر مکعب در هکتار) بیشتر بود. در بررسی Damavandi Kamali (۲۰۰۰)، رویش حجمی این کلن در استان گلستان ۲۰ متر مکعب در هکتار در سال بود. این در حالی است که در یافته‌های پژوهش پیش‌رو در بافت لومی، میانگین رویش حجمی این کلن ۲۲/۲ متر مکعب در هکتار و بیشتر از منطقه مذکور بود. قابل ذکر است که با توجه به تفاوت شرایط اقلیمی از جمله مقدار بارندگی و درصد رطوبت در مناطق جلگه‌ای شمال کشور، علاوه‌بر نوع خاک عرصه و ویژگی‌های آن، شرایط اقلیمی نیز بر رشد و تولید تأثیرگذار است که برای مقایسه و تعیین برتری و سازگاری کلن‌ها باید مورد توجه قرار گیرد.

در پژوهش پیش‌رو، درختان صنوبر کلن *P. deltoides 77/51* در خاک‌های لومی نسبت به خاک‌های سیلتی– رسی– لومی و سیلتی– لومی از تولید بیشتری برخوردار بودند. درصد رس در خاک سیلتی– رسی– لومی بین ۳۲ تا ۳۶ درصد بود، در حالی‌که مقدار شن ۱۸ درصد بود. در خاک‌های سیلتی– لومی مقدار رس به ۲۶ درصد کاهش و برعکس مقدار شن به ۲۲ درصد افزایش یافته بود. به همین ترتیب، خاک لوم سبک‌تر شده و مقدار رس آن به ۱۸ درصد کاهش (حدود نصف مقدار رس در خاک سیلتی– رسی– لومی) و مقدار شن به ۳۴ درصد افزایش یافته بود. بنابراین، خاک‌های لومی از نظر فیزیکی بافت سبک‌تری برای نفوذ ریشه‌های صنوبر فراهم کرده و در عین حال با تهویه مناسب‌تر محیط اطراف ریشه و قدرت زهکشی بیشتر، شرایط بهتری برای جذب عناصر مورد نیاز درختان فراهم آوردند، به طوری‌که رویش حجمی سالانه و حجم درخت متوسط درختان در این خاک (لومی) ۲۲/۲ متر مکعب در هکتار و ۰/۹۵۶ متر مکعب در اصله (بیشتر از مقدار متناظر آن در خاک‌های سیلتی– لومی و سیلتی– رسی– لومی) بود. متوسط ارتفاع درختان در خاک سیلتی– لومی (۲۴/۴۷ متر) با اختلاف معنی‌دار بیشتر از متوسط ارتفاع در خاک سیلتی– رسی– لومی بود. رویش قطری و رویه زمینی درختان

صنوبر در خاک دارای بافت سیلتی- رسی- لومی نسبت به خاک سیلتی- لومی بیشتر بود که ممکن است در نتیجه زیاد بودن درصد رس در خاک سیلتی- رسی- لومی و نیز افزایش مقدار رطوبت، پتاسیم و ماده آلی خاک باشد. البته، نقش حاصلخیزی خاک را نباید در بهبود رویش صنوبرها از یاد برد، چنانچه در گزارش منتشر شده توسط Salehi و Maleki (۲۰۱۲) در ارتباط با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک رویشگاه‌های صنوبر دلتوئیدس *P. d. 79/51* در شفارود گیلان، معلوم شد که کاهش مواد غذایی قابل دسترس و در نتیجه کاهش حاصلخیزی رویشگاه بر کمیت و کیفیت درختان صنوبر اثر منفی داشته است. ذکر این نکته نیز ضرورت دارد که زیاد بودن مقدار ذرات رس به‌دلیل زیاد بودن چسبندگی خاک و ظرفیت نگهداری آب، در تهویه، توسعه ریشه و رشد درختان صنوبر محدودیت ایجاد می‌کند. به همین دلیل افزایش مقدار شن در خاک لومی موجب بهبود نفوذپذیری ریشه و تسهیل در حرکت آب و هوا در خاک می‌شود.

رویش موفق صنوبر دلتوئیدس در خاک‌های با شوری کم تا متوسط در فلات کلرادو در جنوب غرب ایالات متحده در خاک‌های لومی که آبیاری مصنوعی می‌شوند، تأیید شده است (Cooper *et al*., 2003). با این‌حال، Cooper و Van Haverbeke (۱۹۹۰) به این نتیجه رسیده بودند که این گونه بیش از آنکه به کمبود مواد غذایی و یا هدایت الکتریکی زیاد خاک حساسیت داشته باشد، طالب خاک‌های شنی با قدرت زهکشی زیاد است. بنابراین، نتیجه‌گیری کلی در این زمینه نشان‌دهنده در درجه اول توانایی اصلی این گونه در برابر کمبودهای احتمالی مواد غذایی و در درجه دوم عدم تحمل آن به زهکشی ضعیف خاک‌های سیلتی و رسی است که مانع توسعه سریع ریشه‌ها و دسترسی به منابع آبی زیرزمینی می‌شود (Burger & Ketling, 1999). Zarinkafsh (۲۰۰۱) نیز بافت لومی را مناسب‌ترین خاک برای رشد و گسترش ریشه درختان می‌داند. Khanjani Shiraz و همکاران (۲۰۱۳) نیز نوع خاک را یکی از مهم‌ترین عامل‌های رشد و توسعه صنوبر معرفی کرده و در بررسی و مقایسه رشد کلن‌های صنوبر در جنگل‌کاری‌های غرب گیلان، خاک عمیق با بافت لیمونی شنی و یا لیمونی، زهکشی مناسب و ظرفیت نگهداری آب بهتر را مناسب‌ترین محیط رشد برای زراعت چوب صنوبرها اعلام کرده‌اند. بهترین رشد صنوبر به نظر Schreiner (۱۹۵۹) در خاک عمیق با بافت متوسط و به نظر Woods و Hanover (۱۹۷۲) در خاک سبک شنی اتفاق می‌افتد. Stanturf و همکاران (۲۰۰۲) نیز گزارش کردند که خاک‌های سنگین برای رشد صنوبرها مناسب نیستند. در تأیید مطالب فوق، Tufekcioglu و همکاران (۲۰۰۵) نیز اعتقاد دارند که مقدار شن خاک همبستگی مثبت و مقدار رس همبستگی منفی با رویش صنوبرهای دورگ دارد، بنابراین خاک لومی شرایط مناسب‌تری را برای رویش صنوبر فراهم می‌کند.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش می‌توان بیان کرد که در زراعت صنوبر، بافت خاک در موفقیت و رشد و تولید حایز اهمیت است. پیشنهاد می‌شود به‌منظور شناخت اولیه از وضعیت رویشگاه و انتخاب کلن متناسب با نوع خاک و برنامه‌ریزی اجرای عملیات اصلاحی، انجام آزمایش خاک پیش از کاشت در عرصه در اولویت قرار گیرد تا از این طریق، موفقیت صنوبرکاری تضمین و سرمایه‌گذاری در این راستا با خطر مواجه نشود.

References

- Nelson, D.V. and Sommers, L.E., 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter: 539-580. In: Page, A.L. (Ed.). Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties, Second edition. Published by American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 1150p.
- Asadi, F., 2001. Genetic diversity and structure within and between communities plant of different poplars. Ph.D. thesis, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, 258p (In Persian).
- Burger, J.A. and Ketling, D.L., 1999. Using soil quality indicators to assess forest stand management. Forest Ecology and Management, 122: 155-156.
- Cooper, D.T. and Van Haverbeke, D.F., 1990.

- Kiadaliri, Sh., 2002. Study of poplar plantation on different soils of west Mazandaran province. M.Sc. thesis, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, 94p (In Persian).
- Kiadaliri, Sh., Tabari, M., Sarmadian, F. and Ziaei Ziabari, S.F., 2004. A comparison of *popolus euramericana* growth on different soils in western Mazandaran plain. Iranian Journal of Natural Resources, 58(4): 823-830 (In Persian).
- Krinard, R.M. and Johnson, R.L., 1984. Cottonwood plantation growth through 20 years. Research paper (SO-21 2), Published by United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana, 16p.
- Lashkar Bolouki, E., Modir-Rahmati, A., Kahneh, E. and Mousavi Koupar, S.A., 2010. Phenology and growth characteristics of seven clones of *Populus deltoides* in Astaneh Ashrafie, Guilan. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 18(4): 527-538 (In Persian).
- Lotfian, H., 1984. The report of previous poplar research plans and primary results. Proceedings of the First Conference of Poplar Importance. Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 8-10 Dec. 1984: 51- 117 (In Persian).
- Modir-Rahmati, A.R., 2008. The poplar research process at the Research Institute of Forests and Rangelands. Proceedings of the Second National Congress on Poplar and Potential Use in Plantations with Fast Growing Trees. Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 5-7 May. 2008: 52-57 (In Persian).
- Mohammadi Limaee, S., Bahramabadi, Z., Rostami Shahraje, T., Adibnejad, M. and Mousavi Koupar, S.A., 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).
- Mokhtari, J., 2001. Wood culture a practical way for wood production. Abstracts of the First Conference of Afforestation in North of Iran. Kelarabad, 7 March 2001: 46-47 (In Persian).
- Mokhtari, J., 2007. Study of effect of seedling diameter on establishment and poplar wood production. Final report of research project, Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 24p (In Persian).
- Mokhtari, J. and Modir-Rahmati, A.R., 2006. Determination of suit poplar clones in short rotation system in Chamestan (Mazandaran). *Populus deltoides* Bartr. ex Marsh. Eastern cottonwood: 530-536. In: Burns, R.M. and Honkala, B.H. (Eds.). Silvics of North America, Vol. 2: Hardwoods. Published by United States Department of Agriculture, Forest Service, USA, 654p.
- Cooper, D.T., D'Amico, D.R. and Scott, M.L., 2003. Physiological and morphological response patterns of *Populus deltoides* to alluvial groundwater pumping. Environmental Management, 31: 215-216.
- Damavandi Kamali, A.H., 2001. Poplar importance and demand of regional industries to fast growing trees in golestan province. Abstracts of the First Conference of Afforestation in North of Iran. Kelarabad, 7 March 2001: 22-23 (In Persian).
- Ebrahimi, E., 2008. Effect of spacing on the quantity and quality characteristics of oak (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey.) plantation in lowland forests of Noor. M.Sc. thesis. Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, 90p (In Persian).
- Forotannejhad, M., 1969. Guidance of poplar plantation on lowlands in north of Iran. Ministry of Natural Resources of Iran, Tehran, 30p (In Persian).
- Ghanbari, A., Tabari, M. and Sadati, A., 2011. Vegetative characteristics of populous deltoides seedling under waterlogging stress. Plant Biology, 3: 47-58P (In Persian).
- Ghasemi, R., 1999. Study of poplar clones on climate regionals in Karaj and Safrabasteh of Guilan Province. M.Sc. thesis, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, 171p (In Persian).
- Ghazanshahi, J., 1997. Analysis of Soil and Plant. Homa Publishing, Tehran, 311p (In Persian).
- Goodarzi, G.H., Modir-Rahmati, A.R. and Ahmadloo, F., 2013. Investigation on adaptability of open crown poplar clones in Markazi province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21(2): 256-267 (In Persian).
- Hedaiati, M.A., 2012. Ideas of Afforestation, Forest Management, Ecotourism and Wood Culture. Published by Ashk Ghalam, Amol, 149p (In Persian).
- Khanjani Shiraz, B., Hemati, A., Pour Tahmasy, K. and Sardabi, H., 2013. Growth comparison of different poplar clones, planted on lowlands of west Guilan. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21(3): 557-572 (In Persian).

- Swamy, S.L., Mishr, A. and Puri, S., 2006. Comparison of growth, biomass and nutrient distribution in five promising clones of *Populus deltoides* under an Agro Silviculture system. Bioresource Technology, 97: 57-88.
- Tabari, M., Kiadaliri, Sh. and Ziaei Ziabari, S.F., 2002. Qualitative and quantitative characteristics of *Populus deltoides* in southern plain of the Caspian Sea. Proceedings of the IUFRO Meeting, Management of Fast Growing Plantations. Izmir, Turkey, 11-13 Sep. 2002: 96-98.
- Tufekcioglu, A., Altun, L., Kalay, H.Z. and Yilmaz, M., 2005. Effects of some soil properties on the growth of Hybrid poplar in the Terme-Golardi region of Turkey. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 29: 221-226.
- Woods, R.F. and Hanover, J.W., 1972. Growth of imperial Carolina poplar over arrange of soil types in Lower Michigan. Tree Planter's Notes, 33(2): 8-13.
- Yosefi, B. and Modir-Rahmati, A.R., 2013. Investigation on adaptation and wood yield of different open crown poplar clones at Sanandaj comparative poplutum. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21(1): 17-29 (In Persian).
- Zarinkafsh, M., 2001. Forest Pedology, Interaction between Soil and Plant Relationship, Environmental Factors of Forest Ecosystem. Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 361p (In Persian).
Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 14(2): 135-147 (In Persian).
- Mousavi Koupar, S.A., 2011. The effect of pure and mixed plantations of poplar and alder on production efficiency and soil properties. Ph.D. thesis, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, 105p (In Persian).
- Noori, F., Khodakrami, Y., Hemati, A., Modir-Rahmati, A.R. and Noori, A., 2013. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21(2): 268-276 (In Persian).
- Salehi, A. and Maleki, M., 2012. Evaluation of soil physical and chemical properties in poplar plantations in north of Iran. Ecologia Balkanica, 4(2): 69-76.
- Salehi, A., Maleki, M., Shabanpour, M. and Basiri, R., 2012. Effect of soil physical properties and groundwater level on qualitative and quantitative characteristics of poplar plantations in west of Guilan province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 20(1): 38-49 (In Persian).
- Schreiner, E.J., 1959. Production of Poplar Timber in Europe and its Significance and Application in the United States. Published by United States Department of Agriculture, Forest Service, Washington D.C., 124p.
- Stanturf, J.A., Van Oosten, C., Netzer, D.A., Coleman, M.D. and Portwood, C.J., 2002. Ecology and silviculture of poplar plantations (Chapter 5): 153-206. In: Dickmann, D.I., Isebrands, J.G., Eckenwalder, J.E. and Richardson, J. (Eds.). Poplar Culture in North America. NRC Research Press, Ottawa, 397p.

Effect of soil texture on growth and yield of eastern cottonwood (*Populus deltoides* Bartr. ex Marsh. *77/51*) in Noor alluvial plain

J. Mokhtari [1*], A. Soltani [2], M. Tabari Kouchaksaraei [3] and S.E. Sadati [4]

1*- Corresponding author, Ph.D. Student Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran. E-mail: mokhtari_snbr86@yahoo.com.

2- Associate Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran

3- Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

4- Assistant Prof., Research Division of Natural Resources, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Sari, Iran

Received: 17.05.2016 Accepted: 19.10.2016

Abstract

In recent decades, poplar cultivation as wood farming has been developed up to 50 thousand hectares using the fast growing eastern cottonwood (*Populus deltoides* Bartr. ex Marsh. *77/51*) has become a common practice in north of Iran. The current study aimed to select appropriate sites for increasing growth and yield of this poplar clone. For this purpose, three different 20 years-old plantations on three different media naming: loam, silt-loam and silt-clay-loam soils of Noor alluvial plain in north of Iran were selected. The measurements were carried out based on 400 m^2 plots with four replications. Quantitative and qualitative analysis showed significant differences among poplar trees grown on different soil textures beds. The poplar trees grown on loamy soils displayed the highest annual height increment of 1.27 m and volume of averaged tree of 0.956 m^3. Values for average diameter, basal area and volume ha^{-1} were also highest in trees grown on loamy soil with total 29.1cm, 32.59 m^2 ha^{-1} and 443 m^3 ha^{-1}, respectively. The mean height of the trees in the silt- loam soil (24.47 mm) was significantly greater than that of the silt- clay- loam. Values for diameter increment and basal area of trees were higher in the silt- clay- loam than in silt- loam soil. In order to get an initial understanding of the habitat condition, clone selection and improvement operation, analyzing of soil is essential prior to planting of trees. In this case we can ensure and guarantee the plantation and the investment would be less risky.

Keywords: Clone, growth, wood farming.