فصلنامهٔ علمی - پژوهشی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۲، شماره ۴، صفحه ۳۵۱-۳۳۷، (۱۳۹۵)

تأثیر فاصله کاشت بر ویژگی‌های کمی و کیفی درختان صنوبر تبریزی (*Populus nigra* L.)

ایمان فعال‌خواه[۱]، الیاس رمضانی کاکرودی*[۲]، احمد علیجانپور[۳] و عباس بانج شفیعی[۳]

۱- دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۲- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۳- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۹/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۱۵

چکیده

در این پژوهش، تأثیر فاصله کاشت بر ویژگی‌های کمی و کیفی سه توده دست کاشت صنوبر تبریزی در سه فاصله کاشت ۱×۱/۵، نامنظم ×۱/۵ و ۱×۳ متر در پردیس نازلو دانشگاه ارومیه بررسی شد. برای این کار، در هر توده، یک قطعه ۲۵۰۰ مترمربعی انتخاب و قطر برابرسینه و ارتفاع درختان، اندازه‌گیری شد و مشخصه‌های کیفی آن‌ها در پنج گروه سالم، تاج شکستگی، تنه شکستگی، خمیدگی تنه و خشک‌شدگی بررسی شد. برای محاسبه ضرایب شکل طبیعی و مصنوعی، ۳۰ اصله درخت در هر توده به‌صورت تصادفی انتخاب، قطع و قطر در فاصله‌های ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ متر طول درختان بریده‌شده اندازه-گیری شد. همچنین، برای بررسی رابطه بین پهنای دوایر سالیانه و فاصله کاشت، یک دیسک در ارتفاع ۱۵-۱۰ سانتی‌متری از کنده هر درخت تهیه شد. در این بررسی حجم درختان با کمک سه نوع ضریب شکل ۰/۵، طبیعی و مصنوعی محاسبه شد. نتایج نشان داد که بیشترین میانگین قطر برابرسینه و ارتفاع درختان به ترتیب مربوط به دو توده با فاصله کاشت ۱×۳ متر و ۱×۱/۵ متر بوده است (۵ درصد=α). همچنین میانگین حجم در فاصله کاشت نامنظم به‌طور معنی‌داری (۵ درصد=α) کمتر از دو توده دیگر بود. بین میانگین حجم محاسبه‌شده در هر سه توده با سه روش حجم‌یابی در سطح ۵ درصد اختلاف معنی-داری مشاهده نشد. همچنین حدود نیمی از درختان خمیده و بیشترین تعداد تنه‌های شکسته در توده با فاصله کاشت ۱×۱/۵ متر مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: تراکم توده، جنگلداری کوتاه دوره، حلقه‌های رویشی، صنوبر کاری، ضریب شکل.

* نویسنده مسئول: Email: e.ramezani@urmia.ac.ir

مقدمه

صنوبرها جزو مهم‌ترین و پرکاربردترین درختان در "جنگلداری کوتاه دوره" (Short rotation forestry) هستند. این درختان از ویژگی‌های خاصی همچون تند رشد بودن و سازگاری با شرایط محیطی و شیوه‌های جنگل‌شناسی مختلف برخوردارند که آن‌ها را برای جنگلکاری مناسب می‌کند. این ویژگی‌ها، امکان تولید مقادیر زیادی چوب را در کوتاه‌مدت فراهم کرده که می‌تواند در صنعت چوب و کاغذ، تولید انرژی، کبریت‌سازی، تخته خرده چوب، فیبر، جعبه‌سازی و همچنین در ساختمان‌های روستایی و اسکلت گلخانه‌ها استفاده شود. کاشت صنوبر همچنین با هدف ترسیب کربن و مقابله با آبشویی مواد غذایی خاک انجام می‌شود (Fang *et al*., 1999, 2007; Johansson and Karačić, 2011). از دیگر کاربردهای صنوبر می‌توان به کشت تلفیقی آن با گونه‌های زراعی در سیستم بیشه‌زراعی اشاره کرد (Misra *et al*., 1996). در ایران کشت صنوبر در توده‌های انبوه با دوره‌های برداشت پنج تا ۱۰ سال متداول است که چوب‌های سال‌های اولیه برای ابزارهای دستی و چوب‌های ۵ سال دوم به‌منظور رفع نیازهای چوب قطورتر در صنایع برداشت می‌شوند (Rahmati, 1996).

جنس صنوبر (*Populus*) از تیره Salicaceae، از حدود ۳۰ گونه چوبی تشکیل شده که در نیمکره شمالی انتشار دارند (Sterck *et al.*, 2005). صنوبرها درختانی دوپایه بوده و چوبی نرم دارند. ریشه این درختان سطحی بوده و از دیر زیستی متوسطی برخوردارند (Mozafarian, 2004).

در ایران، چهار گونه از جنس صنوبر شامل تبریزی (*Populus nigra*)، سپیدار (*P. alba*)، سفید پلت (*P. caspica*) و پده (*P. euphratica*) می‌روید. گونه تبریزی (*P. nigra* L.) پراکنش وسیعی از دریای مدیترانه در جنوب تا عرض جغرافیایی ۶۴ درجه شمالی و از ایرلند و جزایر بریتانیا تا غرب آسیا دارد (Herpka, 1986). این گونه در ایران در حسنبگلوی ارسباران، حیران، دامنه‌های جنوبی البرز، بختیاری، سروستان و مناطق دیگر در کنار نهرها و جویبارها به‌صورت خودرو دیده می‌شود (Sabeti, 2002).

از عوامل مهم در موفقیت جنگلکاری‌ها، فاصله کاشت است (Büyüksarı *et al*., 2011). فاصله کاشت (و درنتیجه تراکم) مناسب توده، در تولید درختان خوش‌فرم، باکیفیت، دارای تنه راست و کم گره و نیز تأمین نیازهای چوبی اهمیت ویژه‌ای دارد. این عامل همچنین، با کاهش نرخ مرگ ومیر نهال‌ها در مراحل رویشی بالاتر و افزایش کارایی مراقبت‌های پرورشی، به‌ویژه تنک کردن، در استقرار موفق توده و کاهش هزینه تولید بسیار مؤثر است (Savill and Evans, 1997; Ezell *et al*., 2001; Ozcelik and Eler, 2009; Benomar *et al*., 2012). در بیشتر مناطق اروپا، پهن برگان را اغلب در فاصله‌های ۲×۲ متر یا ۳×۳ متر می‌کارند (Kerr and Evans, 1993). بر اساس اصول جنگل‌شناسی و به‌منظور تولید چوب درجه یک، تأکید شده که تراکم نهال گونه‌های پهن‌برگ، دست‌کم ۲۵۰۰ اصله در هکتار باشد (Evans, 1984). فاصله کاشت بر ضریب قد کشیدگی هم که یکی از شاخص‌های مهم در تعیین پایداری توده‌های جنگلی است، موثر است (Zojaji Tehrani *et al*., 2011). مقدار این شاخص در درجه نخست به درجه تراکم توده (تعداد درختان در واحد سطح) و پس از آن به نوع گونه، محل قرار گرفتن درختان در توده از نظر اشکوب و شرایط رویشگاهی بستگی دارد (Zobeiry, 2000). در توده‌های جنگلی بسیار انبوه، درختان برای رسیدن به نور به‌شدت با هم رقابت کرده و نرخ رشد ارتفاعی آن‌ها بیشتر از رشد قطری خواهد شد. در

چنین توده‌هایی، ارتفاع درختان زیاد و قطرشان به نسبت کم است. به‌عبارت‌دیگر، ضریب قد کشیدگی درختان در این توده‌ها بیشتر از حد معمول است (Debell *et al*., 2001).

تاکنون پژوهش‌های زیادی به بررسی تأثیر فاصله کاشت بر رویش قطری و ارتفاعی و دیگر ویژگی‌های کمی و کیفی درختان در توده‌های دست‌کاشت پرداخته‌اند. Alijanpour و همکاران (2014) در بررسی دو فاصله کاشت ۱×۱ متر و ۲×۲ متر بر مشخصه‌های کمی و کیفی توده‌های صنوبر تبریزی در شهرستان دیواندره در کردستان به این نتیجه رسیدند که فاصله کاشت تأثیر چندانی بر افزایش قطر برابرسینه صنوبر در این منطقه ندارد ولی بر ارتفاع کل درختان مؤثر بود. در پژوهشی دیگر، تأثیر فاصله کاشت بر ویژگی‌های چوب تنه و همچنین ارتفاع، رویش قطری و رویه زمینی درختان پلت (*Acer velutinum*) در سه فاصله کاشت بررسی شد. در این پژوهش، رابطه مثبت معنی‌داری بین فاصله کاشت و رویش قطری سالانه درختان پلت مشاهده شد. همچنین، بیشترین و کمترین رویه زمینی درختان، به ترتیب در فاصله کاشت ۲×۲ متر (بیشترین) و ۱×۱ متر (کمترین) فاصله کاشت دیده شد (Fallah and Rafighi, 2012). Toillon و همکاران (2013)، با هدف آزمون این فرضیه که اثرهای تراکم کاشت بر رویش و بازدهی مصرف آب در صنوبر، وابسته به بارخیزی خاک و فراهم بودن آب در رویشگاه است، ۵۶ ژنوتیپ *Populus deltoides* x *P. nigra* را در دو رویشگاه با شرایط ناهمسان خاکی و اقلیمی در شمال فرانسه کاشتند. در این پژوهش، در رویشگاه‌های با شرایط رویشی بهتر، درختان در توده متراکم رویش ارتفاعی بیشتر و دور تنه (قطر) کمتری داشتند. این پژوهشگران، افزایش رقابت نوری در تراکم بالا را دلیل اصلی افزایش ارتفاعی درختان دانستند. همچنین، در رویشگاه‌هایی با شرایط رویشی نامناسب، افزایش تراکم کماکان دور تنه کمتر درختان را به همراه داشت ولی بر ارتفاع تنه بی‌تأثیر بود که احتمالاً ناشی از افزایش رقابت بر سر آب بوده است.

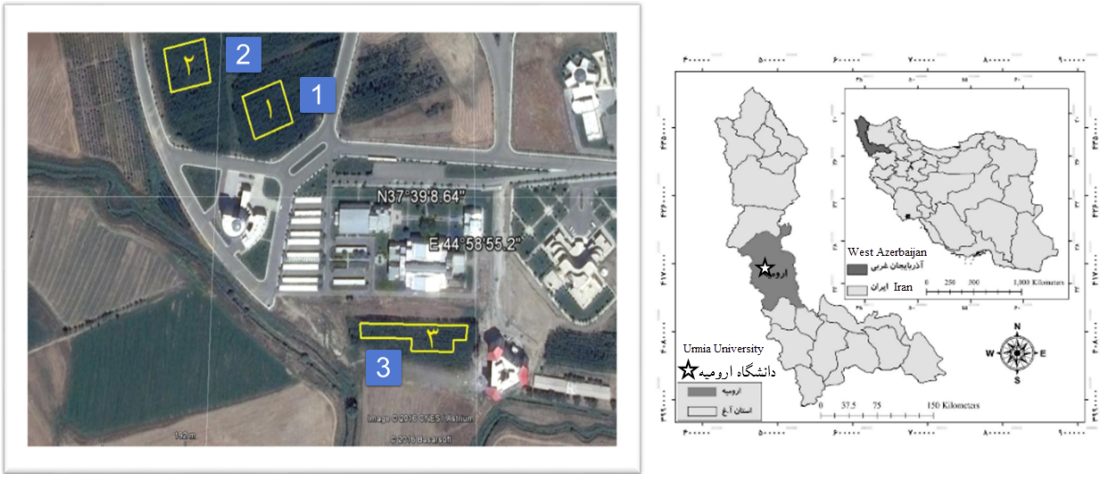
پژوهش پیش‌رو با هدف مقایسه مناسب‌ترین فاصله کاشت در سه توده مورد بررسی از نظر رویش قطری و حجمی و ضریب قد کشیدگی درختان انجام شد تا اطلاعات مفیدی برای توصیه مناسب‌ترین فاصله کاشت به‌منظور کسب حداکثر مشخصات کمی و کیفی در صنوبر کاری‌های آتی با شرایط مشابه به دست آید و در اختیار مدیران و ذی‌نفعان توسعه زراعت چوب قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

توده‌های دست کاشت مورد بررسی

توده‌های دست کاشت صنوبر مورد بررسی در این پژوهش در پردیس نازلوی دانشگاه ارومیه در محدوده جغرافیایی "۴۶ '۳۹ °۳۷ تا "۵۱ '۳۸ °۳۷ عرض شمالی و "۶ '۵۸ °۴۴ تا "۴۸ '۵۹ °۴۴ طول شرقی در فاصله ۱۱ کیلومتری شمال غربی شهر ارومیه قرار دارد (شکل ۱). بر اساس داده‌های هواشناسی ۲۰ ساله (۱۳۶۶ تا ۱۳۸۶) ایستگاه هواشناسی سینوپتیک ارومیه، میانگین سالیانه بارش و دمای منطقه به ترتیب ۳۶۷/۵ میلی‌متر و ۱۱/۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین روزهای یخبندان در سال ۱۱۹ روز و اقلیم منطقه بر اساس روش آمبرژه، نیمه‌خشک سرد است (Anonymous, 2014). توده‌های دست کاشت صنوبر مورد بررسی، در سال ۱۳۸۶ در پردیس نازلوی دانشگاه ارومیه با فاصله‌های کاشت ۱ در ۱/۵ متر (توده اول)، ۱/۵ متر در طول نامنظم (توده دوم) و ۱ در ۳ متر (توده سوم) کاشته شده‌اند (عدد اول نشانگر فاصله درختان در هر ردیف و عدد دوم مربوط به فاصله دو ردیف هم‌جوار

است). باید گفت که فاصله بین دو ردیف کناری در توده دوم بین ۰/۴۴ و ۱ (میانگین ۰/۷) متر در نوسان بود و برای اختصار، در اینجا به آن "نامنظم" گفته می‌شود. با توجه به شرایط محیطی، اقلیمی و خاکی یکسان بین سه توده به دلیل هم‌جواری آن‌ها، امکان مناسبی برای بررسی تأثیر فاصله‌های کاشت مختلف بر ویژگی‌های کمی و کیفی و بررسی حجمی توده‌های صنوبر تبریزی دست کاشت فراهم شد.



شکل ۱- موقعیت استان آذربایجان غربی در ایران و توده‌های مورد بررسی در پردیس نازلوی دانشگاه ارومیه

Figure 1. Location of West Azarbaijan prowince in Iran and case studies stands in Urmia University – Pardis-e-Nazloo

جمع‌آوری داده‌ها

با توجه به مساحت توده‌ها و به‌منظور حذف اثر حاشیه‌ای (در این تحقیق حداقل سه ردیف از درختان حاشیه)، سه محدوده ۲۵۰۰ مترمربعی در هر توده برای آماربرداری انتخاب شدند. قطر برابرسینه تمامی درختان (سانتی‌متر) با خط‌کش دوبازو (کالیپر) اندازه‌گیری شد. سپس به‌منظور تعیین دقیق ارتفاع و حجم پایه‌ها و نیز تعیین ضرایب شکل طبیعی (روش Hohenadel) و مصنوعی (روش Huber) در هر قطعه ۳۰ اصله درخت به‌وسیله اره موتوری در ارتفاع ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متری قطع و افزون بر طول تنه (به متر)، قطر با دقت سانتی‌متر در فواصل ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ طول درخت اندازه‌گیری شد. همچنین، برای بررسی تأثیر احتمالی فاصله کاشت و رقابت بر سلامت و زنده‌مانی درختان در هر توده، متغیرهای کیفی شامل سالم یا شکسته بودن تاج و تنه، زنده‌مانی (درختان زنده و خشک‌شده)، خمیدگی تنه و انحراف از حالت شاقولی بررسی شد.

در این بررسی برای محاسبه حجم پایه‌های انتخاب شده از سه روش به شرح زیر استفاده شد. تفاوت این روش‌ها در نحوه محاسبه ضریب شکل آن‌هاست (Zobeiry, 2000). در روش ساده محاسبه حجم که ضریب شکل، ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود، از رابطه ۱ استفاده شد.

$$V=g\times h\times f$$ رابطه (۱)

V: حجم درخت به مترمکعب؛ g: سطح مقطع برابرسینه به مترمربع؛ h: ارتفاع درخت به متر و f: ضریب شکل تنه درخت است.

در روش دوم، ضریب شکل طبیعی با استفاده از فرمول هوهه‌نادل (رابطه ۲) محاسبه و در فرمول محاسبه حجم (رابطه ۲) استفاده شد.

رابطه (۲) $f_{0.1}=0.2(1+(d^2_{0.3}/d^2_{0.1})+(d^2_{0.5}/d^2_{0.1})+(d^2_{0.7}/d^2_{0.1})+(d^2_{0.9}/d^2_{0.1}))$

$f_{0.1}$: ضریب شکل طبیعی یا هوهه‌نادل؛ $d_{0.1}$: قطر تنه در ۰/۱ ارتفاع درخت؛ $d_{0.3}$: قطر تنه در ۰/۳ ارتفاع درخت؛ $d_{0.5}$: قطر تنه در نصف ارتفاع درخت؛ $d_{0.7}$: قطر تنه در ۰/۷ ارتفاع درخت و $d_{0.9}$: قطر تنه در ۰/۹ ارتفاع درخت.

در روش سوم، ضریب شکل طبیعی با استفاده از فرمول هوبر (رابطه ۳) محاسبه و در فرمول محاسبه حجم (رابطه ۳) به کار گرفته شد.

رابطه (۳) $F_{1.3}= d^2_{0.5}/d^2_{1.3}$

$f_{1.3}$: ضریب شکل مصنوعی؛ $d_{0.5}$: قطر میانه درخت و $d_{1.3}$: قطر درخت در ارتفاع برابرسینه.

همچنین، برای ارزیابی پهنای دوایر سالیانه در سه فاصله کاشت، از طرف پایینی هر درخت قطع‌شده یک دیسک برداشت شد. این دیسک‌ها پس از خشک شدن در دمای اتاق، ابتدا با دستگاه سمباده زنی برقی و سپس به‌منظور صاف و صیقلی‌تر شدن به‌وسیلهٔ سمباده کاغذی شماره ۱۵۰ و ۴۰۰ پردازش شدند. برای بهتر دیده شدن رگه‌های چوب بهاره و تابستانه، دیسک‌ها با دم‌کرده زعفران رنگ‌آمیزی شد. سپس پهنای دوایر سالیانه در دو محور عمود برهم با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر محاسبه شد. این کار، با کمک نرم‌افزار ImageJ 1.46r بر روی تصاویر اسکن شده از مقاطع به‌دست‌آمده انجام شد.

همچنین برای بررسی پایداری توده‌های مورد بررسی، ضریب قد کشیدگی (h/d) هر توده که از نسبت میانگین ارتفاع (متر) به میانگین قطر برابرسینه (سانتی‌متر) درختان هر توده به دست می‌آید، محاسبه شد.

روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

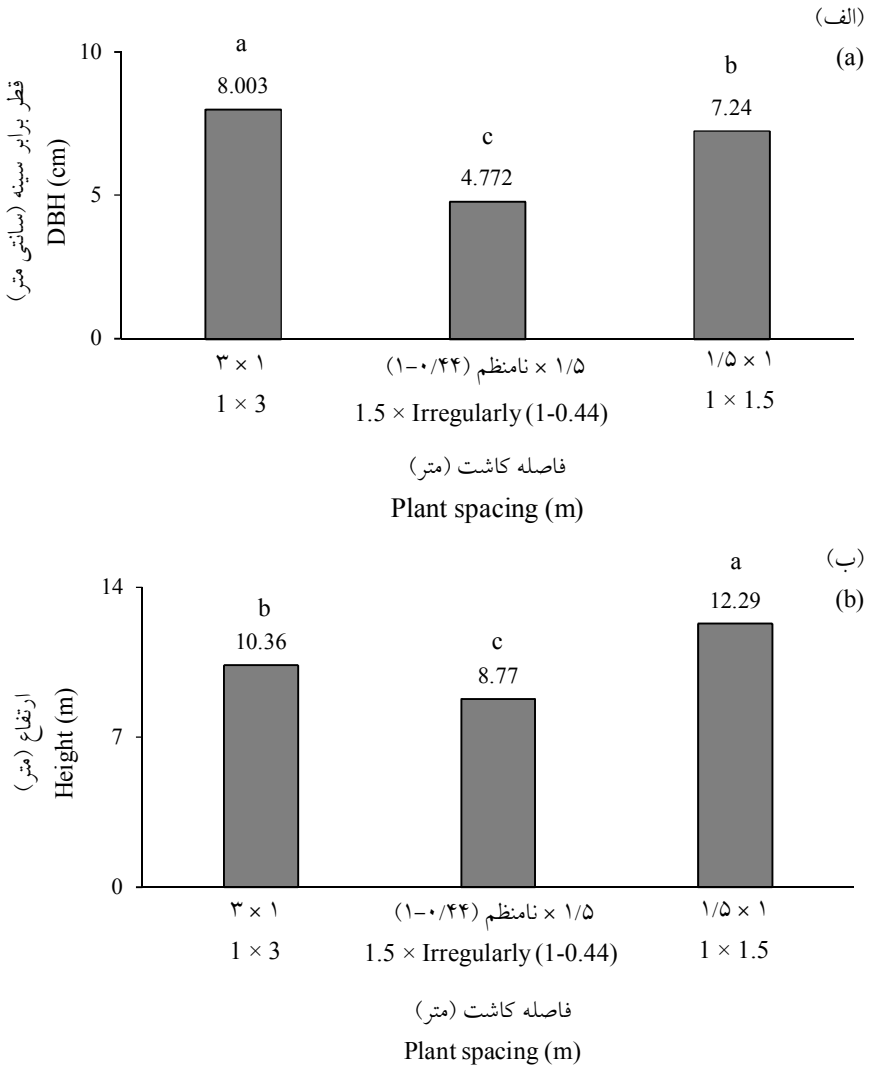
مشخصه‌های کیفی پایه‌ها در سه توده مانند داده‌های مربوط به وضعیت سلامت تنه درختان، تعداد تنه (تنه واحد یا چند شاخه)، شاقولی بودن یا انحراف از حالت عمود (خمیدگی) و زنده‌مانی (زنده یا خشکیده) به‌صورت توصیفی مورد مقایسه قرار گرفتند. برای تجزیه و تحلیل آماری مشخصه‌های کمی مانند قطر برابرسینه، ارتفاع، حجم، ضریب شکل، ضریب قد کشیدگی و پهنای دوایر سالیانه از آزمون تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های دانکن به دلیل نرمال بودن توزیع داده‌ها و در محیط نرم‌افزار آماری SPSS ver. 21 استفاده شد.

نتایج

میانگین قطر برابرسینه و ارتفاع درختان

در این پژوهش، قطر برابرسینه و مشخصات کیفی ۴۹۶۰ اصله صنوبر تبریزی در سه توده دست کاشت با آماربرداری صد درصد اندازه‌گیری شد. بر اساس تجزیه واریانس و آزمون دانکن، بیشترین مقدار میانگین قطر برابرسینه در توده اول (فاصله کاشت ۱×۳ متر) و کمترین آن در توده دوم (فاصله کاشت ۱/۵×۱– ۰/۴۴ متر) مشاهده شد (شکل ۲ الف). همچنین، بیشترین و کمترین مقادیر میانگین ارتفاع درختان، به ترتیب مربوط به توده‌های با فاصله کاشت ۱/۵×۱ و ۱/۵× نامنظم بود (شکل ۲ ب).

ب



شکل ۲- میانگین قطر برابرسینه (الف) و ارتفاع (ب) درختان صنوبر در سه توده با فاصله‌های کاشت متفاوت (۵ درصد=α)

Figure 2. Mean of DBH (a) and height (b) of poplar trees in three stands with different plant spacing (α=0.05)

ضریب قد کشیدگی

به کمک داده‌های قطر و ارتفاع به‌دست‌آمده، ضریب قد کشیدگی برای سه توده مورد بررسی محاسبه شد (شکل ۳). بر اساس تجزیه واریانس و آزمون دانکن، بیشترین ضریب قد کشیدگی مربوط به فاصله کاشت ۱/۵×۱ متر و کمترین آن مربوط به فاصله کاشت ۳×۱ متر دیده شد (۵ درصد = α).

ضریب شکل

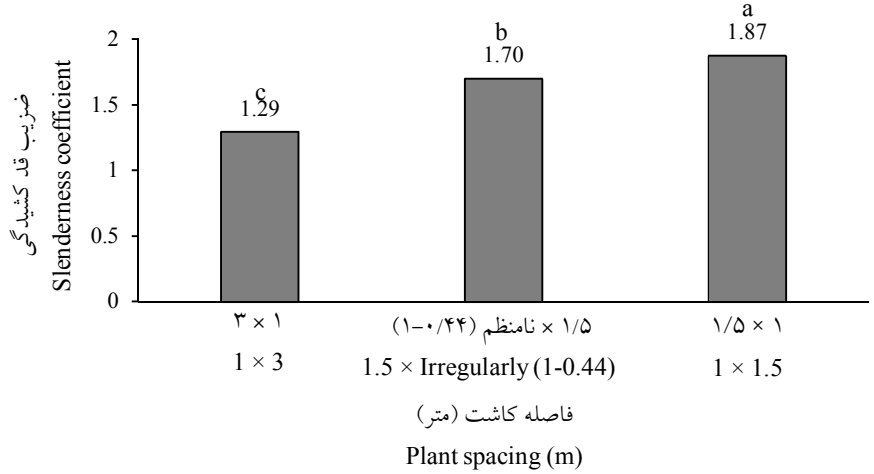
میانگین ضریب شکل طبیعی و مصنوعی برای سه توده مورد بررسی محاسبه شد. شکل ۴ نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری بین ضریب شکل طبیعی و مصنوعی در توده‌های مورد بررسی وجود داشته و بیشترین مقدار این دو مشخصه در توده با فاصله کاشت ۱/۵×۱ متر دیده شد (۵ درصد = α).

حجم

نتایج محاسبه میانگین حجمی توده‌ها با سه روش ساده، هوهه‌نادل و هوبر، کمترین حجم درختان را در سطح احتمال ۵ درصد برای توده با فاصله کاشت نامنظم نشان داد (شکل ۵).

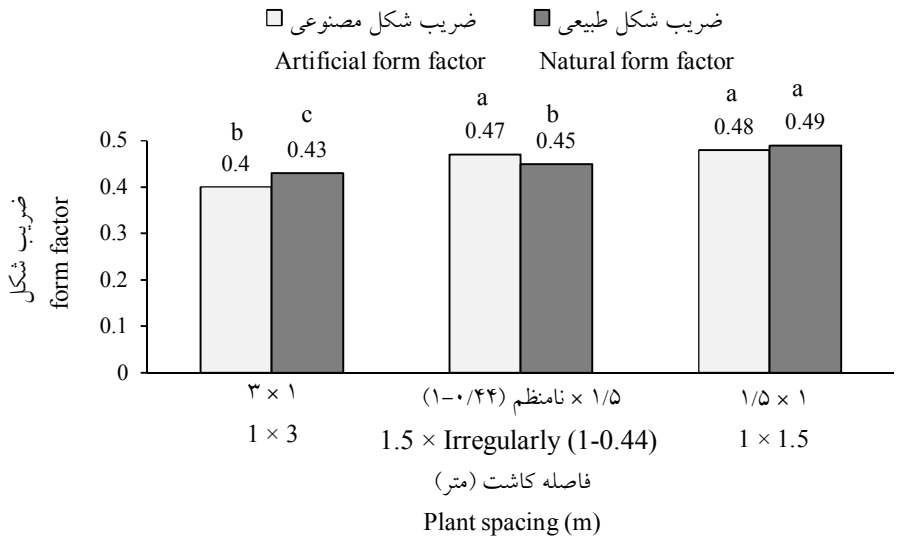
برای بررسی مقدار اختلاف بین حجم‌های اندازه-گیری شده در سه توده، میانگین حجمی هر توده با سه روش حجم‌یابی (ساده، هوهه‌نادل و هوبر) محاسبه شد (جدول ۱).

تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین حجم‌های محاسبه‌شده با سه روش حجم‌یابی در سطح ۵ درصد وجود ندارد.



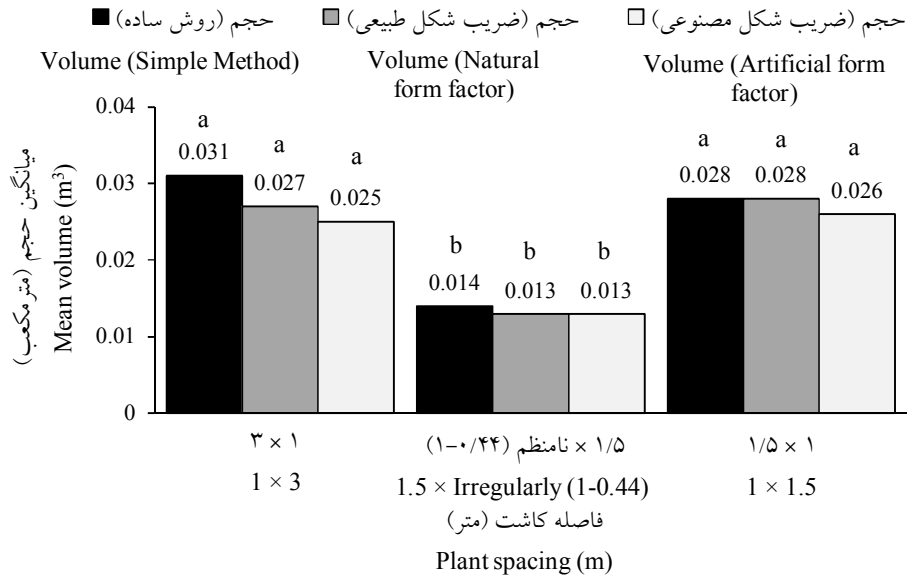
شکل ۳- میانگین ضریب قد کشیدگی درختان در سه توده با فاصله‌های کاشت متفاوت (۵ درصد =α)

Figure 3. Slenderness coefficient of trees in three stands with different plant spacing (α=0.05)



شکل ۴- میانگین ضریب شکل طبیعی و مصنوعی در سه توده با فاصله‌های کاشت متفاوت (۵ درصد =α)

Figure 4. Mean of natural and artificial form factor in three stands with different plant spacing (α=0.05)



شکل ۵- میانگین حجم محاسبه‌شده به سه روش ساده، طبیعی و مصنوعی در سه توده با فاصله‌های کاشت مختلف

Figure 5. Mean of calculated volume in three methods of Simple, natural and artificial in three stands with different plant spacing (α=0.05)

جدول ۱- میانگین حجم محاسبه‌شده با سه روش ساده، هوهه‌نادل و هوبر در سه توده با فاصله‌های کاشت مختلف

Table 1. Average of calculated volume with three Simple, Hohenadel and Huber methods in three stands with different plant spacing (α=0.05)

فاصله کاشت (متر) Planting space (m)	روش حجم‌یابی Method of calculating volume	تعداد درخت Number of trees	میانگین (مترمکعب) Mean (m^3)	اشتباه معیار Standard error	حدود اعتماد برای میانگین (مترمکعب) در سطح ۹۵ درصد Confidence limits for mean (m^3) in 95% level	
					حد پایین Lower limit	حد بالا Upper limit
۱ × ۱/۵ 1 × 1.5	روش ساده Simple method	30	0.0277	0.0054	0.0168	0.0387
	هوهه‌نادل Hohenadel	30	0.0282	0.0054	0.0164	0.0400
	هوبر Huber	30	0.0264	0.0054	0.0153	0.0375
	مجموع Total	90	0.0274	0.0032	0.0212	0.0337
۱/۵ × نامنظم (۱-۰/۴۴) 1.5 × Irregularly (1-0.44)	روش ساده Simple method	30	0.0141	0.0027	0.0087	0.0196
	هوهه‌نادل Hohenadel	30	0.0129	0.0025	0.079	0.0180
	هوبر Huber	30	0.0129	0.0024	0.0080	0.0177
	مجموع Total	90	0.0133	0.0014	0.0105	0.0162

ادامه جدول ۱.

Continued table 1.

حدود اعتماد برای میانگین (مترمکعب) در سطح ۹۵ درصد Confidence limits for mean (m^3) in 95% level		اشتباه معیار Standard error	میانگین (مترمکعب) Mean (m^3)	تعداد درخت Number of trees	روش حجم‌یابی Method of calculating volume	فاصله کاشت (متر) Planting space (m)
حد بالا Upper limit	حد پایین Lower limit					
0.0378	0.0245	0.0032	0.0312	30	روش ساده Simple method	
0.0326	0.0212	0.0028	0.0269	30	هوهه‌نادل Hohenadel	۱ × ۳
0.0295	0.0196	0.0024	0.0245	30	هوبر Huber	1 × 3
0.0308	0.0243	0.0016	0.0275	90	مجموع Total	

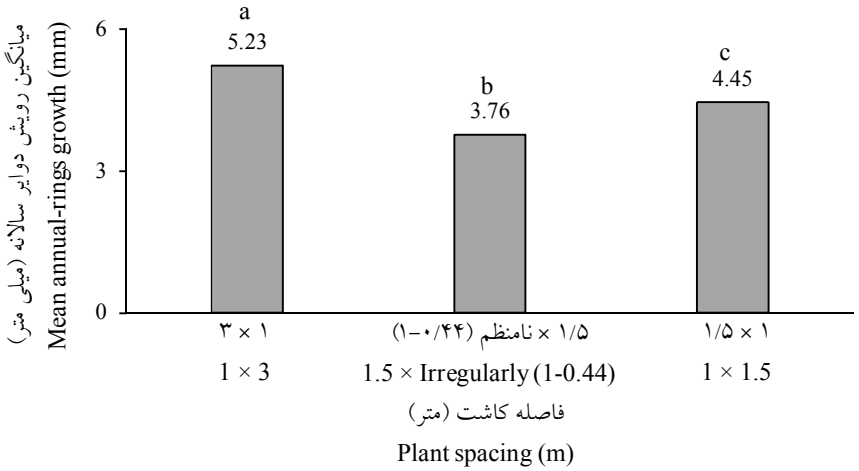
جدول ۲- تجریه واریانس مقایسه میانگین حجم‌های محاسبه‌شده در سه توده مورد بررسی با روش‌های مختلف حجم‌یابی

Table 2. ANOVA of comparing the mean of calculated volumes in three stands of case studies with different calculating volume methods

Sig.	F	میانگین مربعات Mean Square	درجه آزادی df	مجموع مربعات Sum of squares	فاصله کاشت (متر) plant spacing (m)	
0.9705	0.0299	0.0000	2	0.0001	تیمار Treatment	
		0.0009	87	0.0798	خطا Error	۱/۵ × ۱
			89	0.0799	کل Total	1 × 1.5
0.9233	0.0799	0.0000	2	0.0000	تیمار Treatment	
		0.0002	87	0.0164	خطا Error	۱/۵ × نامنظم (۱-۰/۴۴)
			89	0.0164	کل Total	1.5 × Irregularly (1-0.44)
0.2491	1.412	0.0003	2	0.0007	تیمار Treatment	
		0.0002	87	0.0210	خطا Error	۱ × ۳
			89	0.0217	کل Total	1 × 3

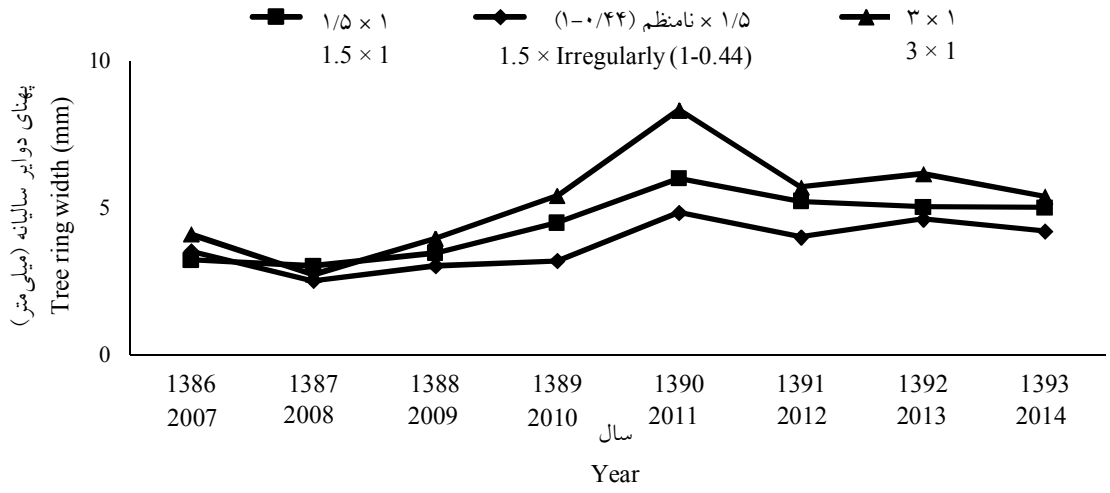
پهنای دوایر سالیانه

بررسی نتایج تجزیه واریانس و آزمون دانکن در مورد میانگین رویش دوایر سالیانه درختان صنوبر (شکل ۶) نشان داد که میانگین پهنای دوایر سالیانه به‌طور معنی-داری در سه توده متفاوت بود (بیشترین در توده با فاصله کاشت ۳×۱ متر بود) (۵ درصد=α). همچنین بر اساس شکل ۷، بیشترین مقدار رویش قطری سالانه در هر سه توده در سال ۱۳۹۰ و کمترین آن در سال ۱۳۸۷ اتفاق افتاده است.



شکل ۶- مقایسه میانگین پهنای دوایر سالیانه اندازه‌گیری شده در فاصله‌های کاشت مختلف

Figure 6. Comparing of the measured mean tree rings width in different plant spacing



شکل ۷- میانگین رویش قطری سالیانه درختان صنوبر مورد بررسی در بازه زمانی ۱۳۹۳-۱۳۸۶

Figure 7. Mean annual diameter growth of poplar trees studied in the period of 2007-2014

وضعیت کیفی پایه‌ها

جدول ۳ نشان می‌دهد که درصد پایه‌های سالم و شاقولی در توده با فاصله کاشت ۳×۱ متر بیشتر از دیگر توده‌ها است. در هر سه توده مورد بررسی تعداد پایه‌های خشک‌شده، تنه شکسته و تاج شکسته بسیار ناچیز بود اما نزدیک به نیمی از پایه‌ها در توده با فاصله کاشت ۱/۵×۱ متر از حالت شاقولی خارج‌شده و بیشترین تنه‌های شکسته هم در همین توده دیده شد.

جدول ۳- وضعیت سلامتی درختان صنوبر در فواصل کاشت مختلف

Table 3. Health condition of poplar trees in different plant spacing

فاصله کاشت (متر) plant spacing (m)		وضعیت سلامتی درختان Health condition of trees					کل Total
		سالم Healthy	تاج شکسته Crown breakage	تنه شکسته Stem breakage	خمیده leaning	خشک‌شده dried	
۱/۵ × ۱ 1 × 1.5	تعداد Number	864	20	7	874	1	1766
	درصد در فاصله کاشت Percent in planting space	48.9	1.1	4.0	۴۹/۵	1.0	100
۱/۵ × نامنظم (۱-۰/۴۴) 1.5 × Irregularly (1-0.44)	تعداد Number	2164	4	1	۱۴۸	2	2319
	درصد در فاصله کاشت Percent in planting space	93.3	0.2	0.0	6.4	0.1	100
۳ × ۱ 1 × 3	تعداد Number	818	35	9	13	0	875
	درصد در فاصله کاشت Percent in planting space	93.5	4.0	1.0	1.5	0.0	100
کل Total	تعداد Number	3846	59	17	1035	3	4960
	درصد در کل Percent of total	77.5	1.2	0.3	20.9	0.1	100

بحث

بر اساس نتایج این پژوهش، بیشترین رشد قطری درختان در دوره زمانی هشت‌ساله، در توده سوم با فاصله کاشت ۳×۱ متر (میانگین رشد سالیانه ۵/۲۳ میلی‌متر) دیده شد و توده‌های اول (۱/۵×۱ متر) و دوم (۱/۵×۰/۴۴-۱ متر) به ترتیب با ۴/۴۵ و ۳/۷۶ میلی‌متر رشد قطری سالیانه، از کمترین رویش قطری برخوردار بودند (شکل ۶). البته بر اساس شکل ۷، دو مرحله را می‌توان برای رویش قطری درختان صنوبر در نظر گرفت. مرحله نخست، سه سال اولیه رشد است که در آن تفاوت خاصی در پهنای دوایر سالیانه درختان در سه توده دیده نشد. این مرحله مربوط به دوره زمانی پیش از بسته شدن تاج‌پوشش است که هنوز رقابت اساسی بین پایه‌ها آغاز نشده بود. به‌عبارت‌دیگر تا سال سوم، فاصله کاشت و یا تراکم توده نقش چندانی بر رویش قطری درختان مورد بررسی نداشته است. نتیجه مشابهی در بررسی تأثیر دو فاصله کاشت ۱×۱ و ۲×۱ متر بر مشخصه‌های کمی و کیفی توده‌های دست

کاشت صنوبر تبریزی در شهرستان دیواندره در استان کردستان گرفته شد (Alijanpour *et al*., 2014). همچنین، در پژوهشی که Fang و همکاران (1999) در ایالت Jiangsu در چین بر روی رویش قطری گونه *P. deltoids* در چهار فاصله کاشت انجام دادند، مرحله بسته شدن تاج‌پوشش بین ۳-۵ سال طول کشید. در پژوهش ما، بعد از سه سال، تفاوت معنی-داری در رویش قطری درختان جوان صنوبر در سه فاصله کاشت مشاهده شد؛ به‌طوری‌که در پایان سال هشتم، میانگین قطر برابرسینه درختان در توده سوم، کمی بیشتر از ۸ سانتی‌متر و در توده‌های اول و دوم به ترتیب ۷/۲ و ۴/۸ سانتی‌متر بود (۵ درصد=α).

فاصله کاشت کمتر و به عبارتی تراکم بیشتر توده، شدت رقابت را در بین پایه‌ها پس از سال سوم افزایش داده و موجب کاهش رویش قطری درختان شده است. در عوض، با افزایش فاصله درختان از یکدیگر، مقدار نور دریافتی به‌وسیله تاج درختان بیشتر می‌شود که خود، افزایش فتوسنتز را به همراه دارد. همچنین، کاهش رقابت ریشه‌ای درختان برای دسترسی به مواد معدنی و آب، دلیلی دیگر بر افزایش رویش قطری درختان در تراکم مناسب (در این بررسی ۱۱۱۱ اصله در هکتار) است که در پژوهش دیگر هم به آن اشاره‌شده است (Khan and Chaudhry, 2007).

بررسی رویش ارتفاعی درختان صنوبر نشان داد که میانگین ارتفاعی درختان با کاهش فاصله کاشت از ۳×۱ متر به ۱/۵×۱ متر افزایش می‌یابد (از ۱۰/۴ متر به ۱۲/۳ متر). درحالی‌که کمترین میانگین ارتفاعی درختان (۸/۸ متر) در کمترین فاصله کاشت (۱/۵×۰/۴۴-۱ متر) مشاهده شد (شکل ۲ ب). به‌عبارت‌دیگر، در این پژوهش رابطه مستقیمی بین فاصله کاشت (تراکم توده) و رشد ارتفاعی درختان دیده نشد. این یافته با نتایج Riahifar و همکاران (2008) که رابطه مستقیمی را بین رویش ارتفاعی و تراکم توده‌های دست کاشت *P. deltoids* و *Paulownia fortunei* در مازندران به دست آوردند، همخوانی ندارد. به عقیدهٔ Jorgensen (1967) بین رشد ارتفاعی درختان و تراکم توده تا حد معینی از فاصله کاشت، رابطه مستقیمی وجود دارد و با کمتر شدن فاصله کاشت (افزایش تراکم)، رشد ارتفاعی کاهش می‌یابد؛ بنابراین به نظر می‌رسد که افزایش بیش از حد تراکم در توده دوم، رقابت بین درختان را در محیط ریشه بر سر رطوبت و مواد غذایی خاک افزایش داده و رویشگاه را به‌مرور زمان فقیرتر کرده است.

در این پژوهش، بین ضریب قد کشیدگی سه توده مورد بررسی اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد دیده شد (شکل ۳). بیشترین مقدار آن در توده اول (۱/۸۷) با فاصله کاشت ۱/۵×۱ متر و کمترین آن (۱/۳) در توده سوم با فاصله کاشت ۳×۱ متر مشاهده شد. بر این اساس، توده اول باید از کمترین و توده سوم از بیشترین پایداری در بین توده‌های مورد بررسی برخوردار باشد. نتایج به دست‌آمده نیز تا حد زیادی این فرضیه را تأیید می‌کند؛ چنان‌که نزدیک به نیمیاز درختان در توده اول به حالت خمیده درآمده و از حالت شاقولی خارج‌شده بودند. این در حالی است که اختلاف معنی‌داری از نظر درصد درختان شاقولی در توده‌های دوم و سوم دیده نشد (۹۳/۳ در برابر ۹۳/۵ درصد).

نتایج بررسی رویش حجمی درختان صنوبر نشان داد که در بین سه توده، درختان توده‌های اول و سوم میانگین حجمی نزدیک بهم داشته (به ترتیب ۰/۰۲۸ و ۰/۰۲۷ مترمکعب به روش هوهه نادل)؛ درحالی‌که توده دوم، با فاصله کاشت کمتر، میانگین حجمی بسیار پایین‌تری را از خود نشان داد (۰/۰۱۳ مترمکعب)

(شکل ۵). چنین به نظر می‌رسد که افزایش رقابت نوری و ضریب قد کشیدگی پایه‌ها (رشد قطری ناکافی) و همچنین افزایش رقابت ریشه‌ای بین درختان، موجب رویش حجمی کمتر درختان در توده دوم شده باشد.

مقایسه روش‌های حجم‌یابی ساده، هوبر و هوهه-نادل در سه توده (جدول ۲)، نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین میانگین حجم محاسبه‌شده با سه روش وجود ندارد (۵ درصد=α). به‌عبارت‌دیگر، برای تعیین حجم توده‌های دست کاشت صنوبر با شرایط مشابه (نوع گونه، فاصله کاشت و سن توده)، نیازی به استفاده از روش زمان‌بر و پرهزینه هوهه‌نادل و یا حتی هوبر نیست و می‌توان روش ساده را برای حجم‌یابی به کار برد. Amini و همکاران (2007) نیز در بررسی میانگین ضریب شکل راش در جنگل هفتخال ساری، نتیجه گرفتند که بین روش‌های هوبر و هوهه-نادل اختلاف معنی‌داری دیده نمی‌شود. همچنین، Zobeiry and Najjaran (1985) و Haghverdi و همکاران (2004) با بررسی ضریب شکل درختان راش در جنگل‌های ویسر نوشهر، اختلاف معنی‌داری را بین نتایج روش‌های حجم‌یابی (هوبر و هوهه‌نادل) نیافتند.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از بررسی کیفی درختان، تعداد پایه‌های خشک‌شده، تنه و تاج شکسته در هر سه توده ناچیز بود. درحالی‌که حدود نیمی از درختان در توده با فاصله کاشت ۱/۵×۱ متر به حالت خمیده درآمده و بیشترین تعداد تنه‌های شکسته هم در همین توده مشاهده شد. بهترین وضعیت درختان از نظر کیفی در توده سوم، با بیشترین فاصله کاشت و کمترین ضریب قد کشیدگی، دیده شد (جدول ۳). این امر، نشانگر انتخاب فاصله کاشت مناسب‌تر در این توده نسبت به دو توده دیگر در ابتدای جنگلکاری است.

References

- Alijanpour, A., A. B. Shafiei & R. Latify, 2014. Effect of planting interval and soil type on qualitative and quantitative characteristics of poplar (*Populus nigra*) plantations in Diwandareh (Kurdistan province, western Iran), *Journal of Forest Science*, 60(3): 89–95.
- Amini, M., M. Namiranian, Kh. Sagheb Talebi, D. Parsapajouh & R. Amini, 2007. Trunk morphology of beech trees (*Fagus orientalis* Lipsky) on biometrical and silvicultural criteria (Case study: Haftkhal forest, Sari, north of Iran), *Journal of the Iranian Natural Resources*, 60(3): 843-858. (In Persian)
- Anonymous (Iran meteorological organization), 2014. Available from http://www.irimo.ir. Accessed 1th March 2015.
- Benomar, L., A. DesRochers & G. R. Larocque, 2012. The effects of spacing on growth, morphology and biomass production and allocation in two hybrid poplar clones - growing in the boreal region of Canada, *Trees*, 26(3): 939-949.
- Büyüksarı, Ü., T. Akbulut, C. Guler & N. As, 2011. Wettability and surface roughness of natural and plantation-grown narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) Wood, *BioResources*, 6(4): 4721-4730.
- Debell, D. S., C. R. Keyes & B. L. Gartner, 2001. Wood density of Eucalyptus saligna grown in Hawaiian plantations: effects of silvicultural practices and relation to growth rate, *Australian Forest*, 64(2): 106-110.
- Evans, J., 1984. Silviculture of Broadleaved Woodland, Forestry Commission Bulletin 62, London, 232 p.
- Ezell, A. W., D. J. Moorhead & A. J. London, 2001. Planting Southern Pines: a Guide to Species Selection and Planting Techniques, Mississippi State University Extension Service, Mississippi, 15 p.
- Fallahnia, M. & A. Rafighi, 2012. The effect of initial spacing on bole form and annual growth of (*Acer velutinum*), *Journal of*

Wood & Forest Science and Technology, 19(2): 153-159. (In Persian)
- Fang, S., X. Xu, S. Lu & L. Tang, 1999. Growth dynamics and biomass production in short-rotation poplar plantations: 6-year results for three clones at four spacings, *Biomass and Bioenergy,* 17(5): 415-425.
- Fang, S., J. Xue & L. Tang, 2007. Biomass production and carbon sequestration potential in poplar plantations with different management patterns, *Journal of environmental management*, 85(3): 672-679.
- Haghverdi, K., A. Eslam bonyad & M. Zobeiry, 2004. A Study of the volume estimation methodes on the Fagus orientalis in Veisar, *Iranian journal of natural resources*, 57(1): 1-4. (In Persian)
- Herpka, I., 1986. A survey of development and possibilities of growing: natural forests of poplars and willows, *Poplars and Willows in Yugoslavia. Poplar Research Institute*, Novi Sad, 21-36.
- Johansson, T. & A. Karačić, 2011. Increment and biomass in hybrid poplar and some practical implications, *Biomass and bioenergy*, 35(5): 1925-1934.
- Jorgensen, J. J., 1967. The influence of spacing on the growth and development of coniferous plantations, *Physical Review & Research International*, 2:43-94.
- Kerr, G. & J. Evans, 1993. Growing Broadleaves for Timber, Forestry Commission, London, 95 p.
- Khan, G. S. & A. K. Chaudhry, 2007. Effect of spacing and plant density on the growth of poplar (Populus deltoides) trees under agro-forestry system, *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 44(2): 321-327.
- Misra, K. K., P. N. Rai & H. R. Jaiswal, 1996. Effect of spacing and plant density on the growth of poplar (*Populus deltoides* Bartr. Ex Marsh), *Indian Forester*, 122(1): 65-68.
- Mozafarian, V., 2004. Trees and Shrubs of Iran, Farhange moaser prees, Tehran, 1003 p. (In Persian)
- Ozcelik, R. & U. Eler, 2009. Effects of release cutting on the development of young natural Lebanon cedar (*Cedrus libani* A. Rich) stands of western Mediterranean region of Turkey, *Journal of Environmental Biology*, 30(2): 179-182.
- Rahmati, M., 1996. Determination of Suitable Poplar Clones in Short-Rotation Harvesting, Research Institute of Forests and Rangelands since press, Tehran, 95 p. (In Persian)
- Riahifar, N., A. Fallah, K. Mohammadi Samani & Y. Gorji Mahlebani, 2008. Comparing the growth of Paulownia fortunei and *Populus deltoides* plantations under different spacing in northern Iran, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 16(3): 444-454. (In Persian)
- Sabeti, H., 2002. Forests, Trees and Shrubs of Iran, Yazd University press, Yazd, 541 p. (In Persian)
- Savill, P. & J. Evans, 1997. Plantation Silviculture in Europe, Oxford University Press Inc, New York, 298 p.
- Sterck, L., S. Rombauts, S. Jansson, F. Sterky, P. Rouzé & Y. Van de Peer, 2005. EST data suggest that poplar is an ancient polyploid, *New Phytologist*, 167(1): 165-170.
- Toillon, J., R. Fichot, E. Dallé, A. Berthelot, F. Brignolas & N. Marron, 2013. Planting density affects growth and water-use efficiency depending on site in Populus deltoides × P. nigra, *Forest ecology and management*, 304: 345-354.
- Zobeiry, M., 2000. Forest Inventory, Teharan university press, Tehran, 401 p. (In Persian)
- Zobeiry, M. & GH. Najjaran, 1985. A Study of Fagus Form factors in Veisar forests of Noshahr, *Journal of the Iranian Natural Resources*, 38: 33-37. (In Persian)
- Zojaji Tehrani, H., H. Payam, R. Rashidi Haghi, S. Rabiei Rahimabadi & R. Jahangiri Poordfarazi, 2011. An investigation on increment of Populus deltoids in west of Guilan province (Case study on afforeastion of Haftdaghnan in Somesara), *Journal of Biology*, 5(3): 77-85. (In Persian)

The effect of spacing on quantitative and qualitative characteristics of black poplar (*Populus nigra* L.)

I. Faal-Khah[1], E. Ramezani Kakroudi[*2], A. Alijanpour[3] and A.B. Shafiei[3]

1- M.Sc. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I.R. Iran.

2- Assistant Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I.R. Iran.

3- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I.R. Iran.

Received: 19.12.2016 Accepted: 05.03.2017

Abstract

In this study we assessed the role of plantation spacing on the quantitative and qualitative characteristics of black poplar (Populous nigra L.) in three stands at 1/5×1, 1/5×irregular (0.44-1) and 3×1-meter planting intervals in the campus of Urmia University. The diameter at breast height (dbh) along with qualitative characteristics, including tree forking and vitality, crown and/or stem breakage and tree leaning of all individuals, were assessed in an area of 2500 m2 in each stand. To calculate form factor (F), 30 stems were chosen randomly in each stand (90 in total) and felled at 10-15 cm above ground. The diameter of all cut trees was measured at intervals of 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 and 0.9 of tree length. A growth-ring disk (cross-section) was obtained from the stump of each tree to study the relationships between annual rings and plantation spacing. Furthermore, the standing volume of each stand was calculated using Huber, Hohenadel and simple (F=0.5) formulas. Results showed that the maximum dbh and height growth occurred in 1x3 m and 1x1/5 m planting intervals, respectively (α=5%). Also, the minimum mean volume was recorded for 1/5×irregular spacing. No significant differences were obtained for the amount of standing volume/ha using the three methods. Based on our results, the highest incidence of stem breakage and nearly 50% of tilted trees were observed in 1/5×1 m spacing.

Keywords: Annual-ring, Form factor, Poplar plantation, Short-rotation forestry, Stand density.

[*] Corresponding author: Email: e.ramezani@urmia.ac.ir