

تأثیر فاصله کاشت بر مشخصه‌های رویشی درختان پالونیا (*Paulownia fortunei*) (مطالعه موردی: طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا، گرگان)

زهره سعیدی^۱ و داوود آزادفر^{۲*}

^۱دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

^۲استادیار گروه جنگلداری، دانشکده جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: ۸۸ / ۸ / ۱۸، تاریخ تصویب: ۸۹ / ۲ / ۱۸)

چکیده

به منظور تعیین مناسب‌ترین فاصله کاشت با حداکثر تولید در واحد سطح، گونه تندرشد و غیربومی پالونیا از کشور چین در خزانه جنگل آموزشی و پژوهشی شصت کلاته گرگان در فواصل کاشت ۵×۶، ۸×۶ و ۷×۷ متر در سه تکرار به صورت طرح بلوک کاملاً تصادفی کاشته شدند. مشخصه‌های درختان چهارده ساله شامل قطر برابر سینه، ارتفاع کامل، طول تنه بدون شاخه، دو قطر عمود بر هم تاج اندازه‌گیری و سپس مشخصه‌های حجم تنه، طول و حجم تاج و مقدار رویش‌های جاری و متوسط سالیانه و در دوره به‌روش آنالیز تنه محاسبه شد. تجزیه و تحلیل واریانس داده‌ها به کمک آزمون F و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن صورت گرفت. نتایج نشان داد که بین فواصل کاشت از نظر مشخصه‌های رویشی اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. همچنین مشخص شد که تا زمان انجام این تحقیق، درختان به‌جز فاصله کاشت ۸×۶ متر هنوز به حداکثر رویش متوسط حجمی به‌منظور بهره‌برداری نرسیده‌اند. به‌طور کلی، نتایج حاکی است که درختان در فاصله کاشت ۷×۷ متر، میانگین بیش‌تری از نظر رویش قطری، ارتفاعی و حجمی پایه‌ای در دوره دارند، ولی با توجه به تعداد پایه نهایی در هکتار، فاصله کاشت ۵×۶ متر با ۲۴/۶۵ متر مکعب در هکتار، بیشترین متوسط سالانه تولید چوب در هکتار را نسبت به دیگر فواصل کاشت دارد.

واژه‌های کلیدی: پالونیا، فاصله کاشت، تولید چوب، رویش .

مقدمه و هدف

نیاز روزافزون به چوب و کاهش منابع چوبی، سبب ایجاد و تشدید جنگلکاری با گونه‌های تندرشد شده است (Swamy *et al.*, 2006). امروزه در کشورهای در حال توسعه تأکید زیادی بر جنگلکاری به منظور بهبود قابلیت تولید چوب و حفظ تعادل اکولوژیکی می‌شود. جنگل‌های طبیعی به‌ویژه در کشورهای حاره‌ای، در گذشته به منظور تأمین نیازهای چوبی، سوختی و کاغذ، بی‌رویه بهره‌برداری شده‌اند (Sidhu & Dhillon, 2007). یکی از راه‌های جلوگیری از برداشت بی‌رویه از این جنگل‌ها، جنگلکاری با گونه‌های تندرشد است. امروزه پالونیا به‌عنوان گونه‌ای تندرشد و تولیدکننده کوتاه‌مدت محصولات چوبی، در بسیاری از مناطق جهان بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Bergmann, 2003). پالونیا گونه بومی کشور چین از سال ۲۶۰۰ پیش به‌خوبی شناخته شده و به‌عنوان یک گونه با نیاز کم به آب (قابل کاشت در مناطق خشک و نیمه‌خشک نیست) مطرح است (Jimenez *et al.*, 2005). این گونه کاربردهای فراوانی در صنایع روکش‌سازی، تخته چندلا و خمیر کاغذ دارد (Curley, 1993; Ede *et al.*, 1997). ارزش پالونیا برای جنگلکاری (اوتادی، ۱۳۷۹)، بازیابی معدن‌های بازکاوی‌شده (Carpenter, 1977)، آگروفارستری (Wang & Shogren, 1992) و جنگلکاری‌هایی برای تولید برگ‌هایی به‌عنوان کود آلی، گل‌هایی برای تولید عسل و چوب برای تولید محصولات چوبی (اوتادی، ۱۳۷۹)، در تحقیقات مختلف مورد توجه قرار گرفته است. همچنین چوب آن ماده مرغوبی برای ساخت هواپیمای مدل و گلایدر است و در عین حال در تولید تخته‌لایه هم کاربرد دارد (اوتادی، ۱۳۷۹). چوب این گونه به‌عنوان منبع خمیر کاغذ مطرح است و در بین گونه‌های مختلف پالونیا مثل *P. elongata* و *P. fargessi*، به‌علت رشد سریع، منظم و همگن، به‌عنوان بهترین گونه به‌شمار می‌رود (Rai *et al.*, 2000). همچنین به‌عنوان مخلوط با خمیر صنوبر دلتوئیدس به‌منظور تهیه کاغذ به روش شیمیایی مکانیکی و همچنین تهیه کاغذ به روش نیمه‌شیمیایی مناسب است (مشعلچیان، ۱۳۸۳). طول فیبر این گونه در حدود ۰/۸۴ میلی‌متر و شبیه چوب اکالیپتوس (۰/۷ - ۱/۳ میلی‌متر)، ولی مواد استخراجی آن

۵/۴۶ درصد بیشتر از اکالیپتوس (۲/۰۹ درصد) است. همچنین مقدار سلولز آن ۳۷/۴۴ درصد و لیگنین آن ۲۲/۴ درصد به‌ترتیب کمتر و بیشتر از اکالیپتوس به‌مقدار ۵۲/۷۹ و ۱۹/۹۶ درصد است (Caparros *et al.*, 2008). هر اصله درخت پالونیا در ۷-۵ سالگی، در حدود یک متر مکعب چوب تولید کرده و در جنگلکاری‌های متراکم تا ۲۰۰۰ اصله در هکتار رشد می‌کند و تولید سالیانه چوب آن نیز حدود ۳۳۰ تن در هکتار است (Jimenez *et al.*, 2005). جنس پالونیا از تیره گل میمون (Schrophulariaceae)، شامل نه گونه بوده و هفت گونه آن منحصر به کشور چین است و گونه *Paulownia fortunei* در ایالت هوپه غربی و در تنگه‌های سزچوان شرقی چین یافت شده و بیشتر در مناطق گرمسیری دیده می‌شود (اوتادی، ۱۳۷۹). این گونه غیربومی از سالیان پیش به‌صورت قلمه برای اولین بار توسط مهندس عباسی و مرحوم سجودی از کشور چین وارد کشور شده و همزمان با بررسی مراحل سازگاری و فنولوژی در فواصل مختلف کاشت به‌منظور بررسی مقدار تولید چوب در جنگل آموزشی-پژوهشی شصت کلاته گرگان کاشته شده است (عباسی و همکاران، ۱۳۸۴). فاصله کاشت یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر مقدار رویش قطری، ارتفاعی، رویه زمینی و در نهایت تولید چوب درختان به‌علت رقابت‌های ریشه‌ای و تاجی درختان در کسب نور، آب و مواد غذایی است. در این زمینه تحقیقات متعددی بر روی درختان مختلف تندرشد صورت گرفته است، به‌طوری‌که در تحقیقی بر روی چهار هیبرید صنوبر در فواصل کاشت ۶×۱۰ متر و ۶×۴ متر و چهار تیمار کاشت در سه بخش از اراضی پست و متفاوت در انگلستان، مشخص شد که درختان واقع در آفتاب‌گیرترین رویشگاه، دارای بیشترین قطر برابر سینه (۱۷/۳ سانتی‌متر) و کمترین ارتفاع (۹/۵ سانتی‌متر) بودند (Burgess *et al.*, 2004). همچنین در تحقیقی بر روی رویش پایه‌های ۵ ساله دو گونه صنوبر و پالونیا در جنگلکاری در مازندران با سه فاصله کاشت ۳×۳ متر، ۴×۴ متر و ۵×۵ متر در سه تکرار، نتایج نشان داد که بین فاصله کاشت‌ها اختلاف معنی‌داری در مقدار رویش وجود دارد، به‌طوری‌که بیشترین مقدار رویش برای دو گونه در فاصله کاشت ۳×۳ متر مشاهده شد (ریاحی‌فر و

مواد و روش‌ها

- منطقه مورد بررسی

منطقه مورد بررسی، طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا در جنگل آموزشی و پژوهشی شصت کلاته واقع در ۱۷ کیلومتری جنوب غربی شهرستان گرگان بود. این جنگل آموزشی بخشی از حوزه حفاظتی اداره کل منابع طبیعی گلستان است که به منظور اهداف آموزشی و پژوهشی در اختیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان قرار دارد. ارتفاع از سطح دریا محل مورد بررسی ۲۴۰ متر و میانگین مقدار بارندگی سالیانه آن ۹۰۰ میلی‌متر است. بیشینه و کمینه دمای منطقه به ترتیب به ۳۴ و ۳- درجه سانتی‌گراد می‌رسد. خاک از نوع قهوه‌ای جنگلی و اسیدیته آن ۷/۵ است. در این خزانه گونه پالونیا فورتونی در قطعه‌های آزمایشی به فواصل ۵×۶، ۸×۶ و ۷×۷ متر کاشته شده و هم‌اکنون چهارده ساله‌اند. وسعت قطعه‌ها به ترتیب ۵۰۴۰، ۸۹۲۸، ۹۱۱۴ متر مربع است.

- روش بررسی

این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار (فواصل کاشت ۵×۶، ۸×۶ و ۷×۷ متر) در سه تکرار انجام شد (عدد اول از سمت چپ در هر فاصله کاشت بیانگر فاصله درختان در جهت شمالی- جنوبی و عدد بعدی نشان‌دهنده فاصله درختان در جهت شرقی- غربی است)، به طوری که در هر یک از ۹ واحد آزمایشی، یک ردیف درختان حایل در چهار طرف آن برای تأثیرات حاشیه‌ای حذف و مابقی درختان (۳۰ اصله) از نظر زنده‌مانی ارزیابی و مشخصه‌های رویشی تنه و تاج اندازه‌گیری شد. مشخصه‌های رویشی شامل صفات اندازه‌گیری شده و محاسباتی به شرح زیر بود: قطر برابر سینه با نوار قطرسنج تا دقت سانتی‌متر، ارتفاع کل از نوک درخت تا بن درخت و طول تنه بدون شاخه با شیب‌سنج سنتو تا دقت دسی‌متر، حجم از فرمول $V = \pi (d^2)/4 \times h \times 0.5$ (که d = قطر برابر سینه به متر و h = ارتفاع درخت به متر و ۰/۵ ضریب شکل تنه)، طول تاج از تفاضل طول تنه بدون شاخه از ارتفاع کل درخت، قطر تاج در جهت‌های شمالی- جنوبی و شرقی- غربی با متر نواری تا دقت دسی‌متر و حجم تاج از فرمول حجم نیمکره به صورت؛

همکاران، ۱۳۸۷). نتایج پژوهش انجام‌شده به منظور تعیین فواصل مناسب کاشت دو گونه درختی پلت و توسکا در مناطق پایین‌بند جنگل‌های شمال، نشان داد که برای گونه پلت از نظر زنده‌مانی فواصل کاشت ۲×۳ و ۲×۲ متر و از نظر قطر برابر سینه و قطر یقه، فواصل کاشت ۲×۳ و ۳×۳ متر وضعیت بهتری داشتند، ولی از نظر رشد ارتفاعی تفاوت‌ها معنی‌دار نبود و برای گونه توسکای بیلاقی از نظر زنده‌مانی سه فاصله کاشت بیشتر (۲×۳، ۲×۲، ۳×۳ متر) برتری نشان دادند، همچنین از نظر قطر برابر سینه و قطر یقه فواصل کاشت ۳×۳ و ۳×۲ متر وضعیت مناسب‌تری داشتند، ولی از نظر رشد ارتفاعی تفاوت‌ها معنی‌دار نبود (قلی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۳). حسین‌زاده و همکاران نیز در تحقیقی دیگر تأثیر فواصل کاشت را روی خواص فیزیکی و تولید چوب در هکتار دو کلن صنوبر و روند تغییرات هر کدام از صفات در ارتفاعات مختلف درختان و بین کلن‌ها بررسی و ارزیابی کردند که نتایج نشان داد بیشتر فاصله کاشت به طور معنی‌داری روی صفات مورد بررسی شامل جرم ویژه نسبی، طول الیاف، رویش سالیانه، قطر برابر سینه، ارتفاع کل درخت، وزن سرشاخه و وزن پوست تأثیر دارد، همچنین از نظر تولید چوب، وزن کل بیوماس در هکتار در سال با افزایش فاصله کاشت افزایش داشته و تولید بیوماس کلن ۶۹/۷۵ بیش از کلن ۷۷/۵۱ بوده است (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۷۸).

تحقیقات متعددی در زمینه فاصله کاشت و تأثیر آن بر مقدار رویش قطری، ارتفاعی و رویه زمینی و در نهایت مقدار تولید گونه‌های مختلف در ایران و خارج از کشور انجام شده است (همتی و مدیررحمتی، ۱۳۸۴؛ ریاحی‌فر و همکاران، ۱۳۸۷; Burgess et al., 2004).

هدف از انجام این تحقیق، تعیین مقدار رویش قطری و ارتفاعی گونه پالونیا فورتونی در واحدهای آزمایشی فاصله کاشت بعد از چهارده سال و نتایج حاصل از تأثیر این عامل بر روی مشخصه‌های تنه و تاج درختان این گونه است.

حجم درختان در فواصل مختلف کاشت با هم اختلاف دارد و ضریب تغییرات سه صفت اول کم (زیر ۱۰ درصد) و صفت حجم متوسط است (حدود ۱۵ درصد) (جدول ۲). مقایسه چندگانه صفات ذکر شده در فواصل مختلف کاشت به روش دانکن (جدول ۳) نشان داد که درختان در فاصله کاشت ۷×۷ متر با بیشترین میانگین قطری به مقدار ۰/۴۱ متر اختلاف معنی‌داری با دو فاصله کاشت دیگر دارند. همچنین مقایسه میانگین ارتفاع کل نشان داد که درختان در فاصله کاشت ۷×۷ متر، بیشترین ارتفاع را به اندازه ۲۱/۶۶ متر نسبت به دو فاصله کاشت ۵×۶ و ۸×۶ متر دارند، اما تأثیر فاصله کاشت بر طول تنه بدون شاخه درختان حاکی از بیشترین مقدار این صفت در کمترین فاصله کاشت یعنی ۵×۶ متر به مقدار ۷/۳۱ متر نسبت به دیگر فواصل کاشت است. مقایسه صفت محاسباتی حجم در فواصل مختلف کاشت نیز نشان داد که فاصله کاشت ۷×۷ متر با ۱/۵۱ متر مکعب اختلاف معنی‌داری با دیگر فواصل کاشت و بیشترین مقدار دارد.

$$V = \frac{1}{2} \times \frac{4}{3} \times \pi \times \text{طول تاج} \times \text{قطر شرقی} \times \text{قطر غربی} \times \text{قطر شمالی} - \text{جنوبی}$$

همچنین به منظور ارزیابی عوامل رویشی به تفکیک سال‌های رشد درختان شامل رویش جاری، رویش متوسط و رویش کل، سه اصله درخت در هر فاصله کاشت به‌طور تصادفی انتخاب و به‌روش آنالیز تنه شامل تهیه دیسک در فواصل دو متری از هم و شمارش و اندازه‌گیری دواير سالیانه (زبیری، ۱۳۷۹) بررسی شدند. پس از اندازه‌گیری مشخصه‌های یادشده و تجزیه واریانس، میانگین داده‌ها به‌روش دانکن مقایسه شد. برای انجام محاسبات از نرم‌افزار SAS استفاده شد.

نتایج

بررسی اثر فاصله کاشت بر مشخصه‌های رویشی درختان پالونیا (جدول ۱) نشان داد که این عامل تأثیر معنی‌داری در سطح ۱ درصد دارد، همچنین میانگین تمامی صفات قطر برابر سینه، ارتفاع کل درخت، طول تنه بدون شاخه و

جدول ۱- تجزیه واریانس مشخصه‌های قطر، ارتفاع کل، طول تنه بدون شاخه و حجم درختان پالونیا				
مشخصه	منبع تغییرات	میانگین مربعات	سطح معنی‌داری	ضریب تغییرات
قطر (متر)	بلوک (تکرار)	۰/۰۰۰	۰/۴۸۳ (ns)	۱/۱۵
	تیمار (فاصله کاشت)	۰/۰۰۸	۰/۰۱۰ (**)	
ارتفاع کل (متر)	بلوک (تکرار)	۱/۲۲	۰/۱۷۱ (ns)	۳/۱۸
	تیمار (فاصله کاشت)	۶۱/۶۶	۰/۰۰۰۱ (**)	
طول تنه (متر)	بلوک (تکرار)	۰/۵۰۱	۰/۲۵۵ (ns)	۷/۱۸
	تیمار (فاصله کاشت)	۵/۵۷	۰/۰۰۷ (**)	
حجم (متر مکعب)	بلوک (تکرار)	۰/۰۵۷	۰/۴۰۶ (ns)	۱۶/۵۰
	تیمار (فاصله کاشت)	۱/۴۷	۰/۰۰۴ (**)	

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد و ns غیرمعنی‌دار

فاصله کاشت است و اختلاف معنی‌داری را در سطح ۱ درصد نشان داد، ولی صفت محاسباتی حجم درختان در فواصل مختلف کاشت اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. مقایسه‌های چندگانه دانکن نیز برای تشخیص تفاوت‌ها در جدول ۳ حاکی از آن است که درختان در فاصله کاشت

درختان پالونیا به‌علت روشنایی‌پسند بودن گونه، تاج‌های بزرگی دارند. بررسی اثر فاصله کاشت بر مشخصات رویشی تاج درختان (جدول ۲) نشان داد که این عامل تأثیرات متفاوتی دارد، به‌طوری‌که صفات طول تاج، قطر تاج در جهت شمالی- جنوبی و شرقی- غربی تحت تأثیر عامل

تاج $۸/۳۷ \times ۱۰/۰۳$ ، $۹/۸۷ \times ۷/۸۵$ و $۹/۳۹ \times ۷/۴۸$ متر هستند. از طرف دیگر، فواصل کاشت ۸×۶ و ۷×۷ متر به طور مشترک بیشترین قطر تاج شمالی- جنوبی را دارند که با فاصله کاشت دیگر متفاوت است، ولی فاصله کاشت ۵×۶ متر دارای بیشترین قطر تاج شرقی- غربی و متفاوت با دو فاصله کاشت دیگر است. مقایسه حجم تاج درختان به روش دانکن نیز فواصل کاشت را از این نظر مشابه نشان داد.

بیشتر (۷×۷ متر)، بیشترین طول تاج و اختلاف معنی دار را با دو فاصله کاشت دیگر دارند، اما مقایسه میانگین قطرهای شمالی- جنوبی و شرقی- غربی تاج درختان در فواصل مختلف کاشت نشان داد که در هیچ کدام از فواصل کاشت، تاج درختان با هم درگیر نبوده و تماس نداشته‌اند، چرا که فاصله کاشت‌های ۵×۶ ، ۸×۶ و ۷×۷ متر به ترتیب با ایجاد فضاهای ۱۰×۱۲ ، ۱۶×۱۲ و ۱۴×۱۴ متر در اطراف هر درخت فرصت رویش قطری تاج را ایجاد کرده‌اند، ولی درختان در این فواصل کاشت به ترتیب دارای میانگین قطر

جدول ۲- تجزیه واریانس مشخصه‌های مختلف تاج درختان پالونیا در فواصل مختلف کاشت

مشخصه	منبع تغییرات	میانگین مربعات	سطح معنی داری	ضریب تغییرات
طول (متر)	بلوک (تکرار)	۳/۱۷	۰/۰۲۸ (**)	۴/۲
	تیمار (فاصله کاشت)	۷۸/۳۷	۰/۰۰۰ (***)	
قطر شمالی- جنوبی (متر)	بلوک (تکرار)	۰/۰۰۶	۰/۹۶۸ (ns)	۴/۳
	تیمار (فاصله کاشت)	۴۵/۸۸	۰/۰۰۰ (***)	
قطر شرقی- غربی (متر)	بلوک (تکرار)	۰/۰۶۸	۰/۳۹۴ (ns)	۲/۷
	تیمار (فاصله کاشت)	۱۴۵/۲۰	۰/۰۰۰ (***)	
حجم (متر مکعب)	بلوک (تکرار)	۲۹۲۸/۰۵	۰/۲۱۴ (ns)	۶/۴
	تیمار (فاصله کاشت)	۳۳۴۱/۴۷	۰/۲۵۸ (ns)	

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد و ns غیر معنی دار

جدول ۳- مقایسه مشخصات رویشی درختان پالونیا چهارده ساله در فواصل مختلف کاشت به روش دانکن

مشخصه رویشی	۵ × ۶ متر	۸ × ۶ متر	۷ × ۷ متر
قطر (متر)	۰/۳۸ B	۰/۳۹ B	۰/۴۱ A
ارتفاع کل (متر)	۲۰/۰۱ B	۲۰/۲۶ B	۲۱/۶۶ A
طول تنه (متر)	۷/۳۱ A	۶/۷۸ B	۶/۹۵ B
حجم چوب (متر مکعب)	۱/۲۵ B	۱/۳۱ B	۱/۵۱ A
طول تاج (متر)	۱۲/۷۱ B	۱۳/۴۷ B	۱۴/۷۱ A
قطر شمالی- جنوبی تاج (متر)	۸/۳۷ B	۹/۸۷ A	۹/۳۹ A
قطر شرقی- غربی تاج (متر)	۱۰/۰۳ A	۷/۸۵ B	۷/۴۸ B
حجم تاج (متر مکعب)	۵۸۴/۹۷ A	۵۹۷/۱۷ A	۵۸۷/۳۷ A

حروف مشابه بیانگر نبود اختلاف معنی دار و حروف غیر مشابه نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار بین میانگین‌هاست.

مانده‌اند و فاصله کاشت‌های ۸×۶ متر و ۵×۶ متر به ترتیب با $۹۳/۳$ و $۸۳/۳$ درصد دارای بیشترین و کمترین درصد زنده‌مانی هستند.

مقایسه واریانس تعداد زنده‌مانی پایه‌ها در فواصل مختلف کاشت حاکی از نبود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد است (جدول ۴)، ولی مقایسه چندانگانه دانکن نشان داد که در تمامی فواصل کاشت بیش از ۸۰ درصد پایه‌ها زنده

جدول ۴- تجزیه واریانس زنده‌مانی درختان پالونیا در فواصل مختلف کاشت

منبع تغییرات	میانگین مربعات	سطح معنی‌داری	ضریب تغییرات
بلوک (تکرار)	۰/۳۳	۰/۷۹۰۱ (ns)	۴/۳۸
تیمار (فاصله کاشت)	۷/۰۰	۰/۰۷۶۱ (ns)	

ns غیر معنی‌دار

قبلی در ۵ سالگی اتفاق می‌افتد. بیشترین مقدار رویش جاری قطر در فاصله کاشت ۷×۷ متر در ۴ سالگی (حدود ۹۰ میلی‌متر) و بیشترین مقدار رویش متوسط سالیانه قطر در بین ۴ تا ۵ سالگی اتفاق افتاده است. برازش بهترین خط رگرسیونی ابر نقاط ارتفاع و سن درختان حاصل از آنالیز دیسک‌های تهیه‌شده در فواصل مختلف کاشت نشان داد که این رابطه از نوع معادله درجه دوم بوده و دارای ضریب تبیین خوبی برای تعیین ارتفاع درختان در سنین مختلف درختان است (جدول ۵).

بررسی رویش جاری قطر برابر سینه درختان پالونیا در فاصله کاشت ۵×۶ متر نشان داد که بیشترین مقدار این رویش در سنین اولیه رشد و به‌طور مطلق در ۳ سالگی به مقدار حدود ۸۰ میلی‌متر مشاهده می‌شود و بعد از آن رو به کاهش می‌گذارد. بررسی رویش متوسط سالیانه قطر نیز حاکی از بیشترین مقدار آن در ۵ سالگی است، اما بررسی رویش‌ها در فاصله کاشت ۸×۶ متر نشان داد که بیشترین مقدار رویش جاری قطر در ۴ سالگی به مقدار حدود ۶۰ میلی‌متر و بیشترین رویش متوسط سالیانه قطر مانند فاصله کاشت

جدول ۵- رابطه رگرسیونی برازش‌شده حاصل از ابر نقاط ارتفاع و سن درختان پالونیا برای فواصل مختلف کاشت

فاصله کاشت (متر)	مدل رگرسیونی	ضریب تبیین (R ²)
۵×۶	$y = -0.0169x^2 + 1/4933x - 0.5215$	۰/۸۵
۸×۶	$y = -0.01398x^2 + 3/4352x - 2/0.017$	۰/۹۲
۷×۷	$y = -0.0542x^2 + 2/3129x - 1/0.148$	۰/۹۵

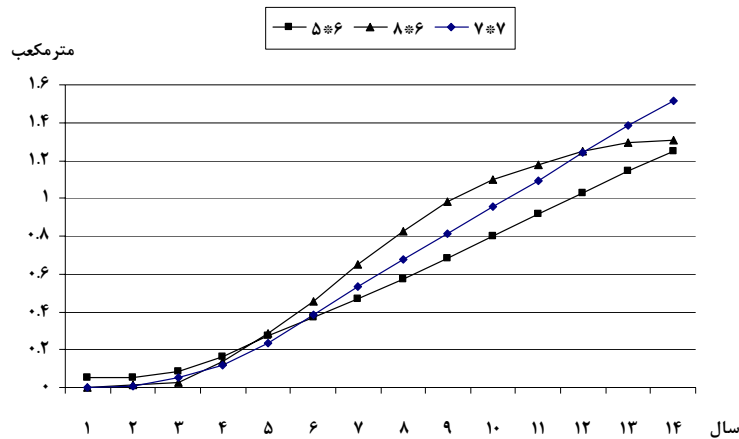
طرف دیگر، حداکثر مقدار رویش متوسط سالیانه در محل برخورد با منحنی رویش جاری در حدود ۱۰ سالگی اتفاق می‌افتد. بررسی عوامل رویشی درختان در فاصله کاشت ۷×۷ متر نیز نشان داد که رویش جاری در ۷ و ۱۲ سالگی دارای حداکثر مقدار خود بوده و رویش متوسط سالیانه تا زمان تحقیق حاضر، هنوز در حال افزایش بوده و به نقطه حداکثری خود نرسیده است.

بررسی رویش کل حجمی درختان در فواصل مختلف کاشت (شکل ۱) و تجزیه و تحلیل واریانس میانگین‌ها (جدول ۶) نشان داد که درختان تا ۶ سالگی از این نظر اختلاف معنی‌داری با هم نداشته و از ۷ تا ۱۴ سالگی بین میانگین رویش کل درختان در فواصل مختلف کاشت اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد. همچنین

بررسی رویش‌های جاری و متوسط سالیانه حجمی که به کمک داده‌های رویش قطری و ارتفاعی و با استفاده از فرمول حجم ذکرشده در بند مواد و روش‌ها به دست آمده، نشان داد که در فاصله کاشت ۵×۶ متر، رشد جاری درختان از ۳ تا ۵ سالگی افزایش چشمگیری یافت و در ۱۰ سالگی به حداکثر مقدار رویش جاری رسید، سپس این رویش رو به نزول گذاشت. بررسی متوسط رویش سالیانه حجمی در این فاصله کاشت و در طول چهارده سال مورد بررسی، حاکی از آن است که این منحنی هنوز در حال افزایش بوده و به حداکثر مقدار خود نرسیده است. بررسی‌های مشابه در فاصله کاشت ۸×۶ متر نیز نشان داد که درختان در این فاصله کاشت وضعیت متفاوتی دارند، به طوری که رویش جاری حجمی در ۷ سالگی به حداکثر مقدار خود می‌رسد، از

فاصله کاشت دیگر بوده و در ۹ و ۱۰ سالگی، بیشترین تفاوت‌ها را نسبت به یکدیگر دارند (جدول ۷). درختان در فواصل کاشت ۸×۶ و ۷×۷ متر از ۱۱ تا ۱۳ سالگی دارای رویش کل حجمی مشابه یکدیگر و بیشتر از فاصله کاشت ۵×۶ متر بوده و در آخرین سال مورد بررسی (۱۴ سالگی)، فاصله کاشت ۷×۷ متر دارای بیشترین مقدار رویش کل حجمی است.

مشاهده می‌شود که رویش کل حجمی درختان در فواصل کاشت ۵×۶ و ۷×۷ متر تا ۱۴ سالگی به‌طور پیوسته و خطی در حال افزایش است، در حالی که افزایش حجمی درختان در فاصله کاشت ۸×۶ متر به‌صورت منحنی است (شکل ۱). مقایسه چندگانه میانگین‌ها به‌روش دانکن نیز نشان داد که درختان در فاصله کاشت ۸×۶ متر از ۷ تا ۱۰ سالگی دارای رویش کل حجمی بیشتری نسبت به دو



شکل ۱- میانگین رویش کل حجمی درختان بر حسب سن در فواصل مختلف کاشت

جدول ۶- تجزیه و تحلیل واریانس رویش کل حجمی درختان پالونیا در سه فاصله کاشت مختلف به تفکیک سال

مقدار F	درجه آزادی	مجموع مربعات	رویش کل حجمی
۴/۰۳	۲	۰/۰۲۲	سال اول
۳/۹۷	۲	۰/۰۲۱	سال دوم
۲/۸۹	۲	۰/۰۱۶	سال سوم
۰/۵۵	۲	۰/۰۰۳	سال چهارم
۰/۶۸	۲	۰/۰۰۴	سال پنجم
۲/۴۴	۲	۰/۰۱۳	سال ششم
۹/۲۹**	۲	۰/۰۵۱	سال هفتم
۱۷/۸۶**	۲	۰/۰۹۹	سال هشتم
۲۳/۹۹**	۲	۰/۱۳۳	سال نهم
۲۳/۷۷**	۲	۰/۱۳۲	سال دهم
۱۹/۲۸**	۲	۰/۱۰۷	سال یازدهم
۱۷/۱۱**	۲	۰/۰۹۵	سال دوازدهم
۱۶/۵۳**	۲	۰/۰۹۱	سال سیزدهم
۲۱/۵۰**	۲	۰/۱۱۹	سال چهاردهم

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد

جدول ۷- مقایسه میانگین رویش کل حجمی درختان پالونیا در فواصل مختلف کاشت به‌روش دانکن

فاصله کاشت	سال ۷	گروه‌بندی	سال ۸	گروه‌بندی	سال ۹	گروه‌بندی	سال ۱۰	گروه‌بندی
۵×۶	۰/۴۲	b	۰/۵۲	b	۰/۶۳	c	۰/۷۵	c
۸×۶	۰/۶۸	a	۰/۸۶	a	۱/۰۱	a	۱/۱۳	a
۷×۷	۰/۶۱	b	۰/۷۵	b	۰/۸۹	b	۱/۰۳	b
فاصله کاشت	سال ۱۱	گروه‌بندی	سال ۱۲	گروه‌بندی	سال ۱۳	گروه‌بندی	سال ۱۴	گروه‌بندی
۵×۶	۰/۸۷	b	۰/۹۸	b	۱/۰۹	b	۱/۲۰	b
۸×۶	۱/۲۱	a	۱/۲۸	a	۱/۳۲	a	۱/۳۴	b
۷×۷	۱/۱۶	a	۱/۳۱	a	۱/۴۶	a	۱/۵۹	a

حروف مشابه نشان‌دهنده مشابه بودن میانگین‌هاست.

دوره ۰/۱۰۸ متر مکعب چوب و ۱/۱۵ متر مکعب چوب در چهارده سالگی هستند، ولی با توجه به اینکه تولید چوب در عرصه، تابعی از مقدار رویش پایه‌ای، تعداد پایه در واحد سطح و همچنین درصد زنده‌مانی است، فواصل کاشت ۵×۶، ۸×۶ و ۷×۷ متر به‌ترتیب با ۲۷۷، ۱۹۴ و ۱۷۷ پایه نهایی در هکتار دارای میانگین تولید چوب در دوره، به‌ترتیب ۲۴/۶۵، ۱۸/۲۴ و ۱۹/۱۲ متر مکعب در هکتارند. اما مقایسه تولید چوب در هکتار کل ۱۴ سال درختان حاکی از آن است که به‌ترتیب از بیشترین به کمترین مقدار متعلق به فواصل کاشت ۵×۶، ۷×۷ و ۸×۶ با ۳۴۵/۱، ۲۶۷/۷ و ۲۵۵/۴ متر مکعب در هکتار است.

به‌منظور مقایسه تولید در واحد سطح درختان در فواصل مختلف کاشت، از آنجا که بر اساس اطلاعات مذکور فقط در یک فاصله کاشت، بیشینه رویش متوسط سالیانه به‌منظور تعیین سن مناسب بهره‌برداری توده مشخص بوده و از طرف دیگر، درصد زنده‌مانی پایه‌ها به‌تفکیک سال وجود نداشته است، از میانگین رویش حجمی در دوره چهارده ساله استفاده شد (زبیری، ۱۳۷۹). بررسی و مقایسه میانگین رویش چهارده ساله درختان پالونیا به‌روش دانکن (جدول ۸) نشان داد که میانگین رویش‌های قطری، ارتفاعی و حجمی در دوره درختان در فاصله کاشت ۷×۷ متر بیشتر و متفاوت با دو فاصله کاشت دیگر است. در این فاصله کاشت، درختان دارای میانگین رویش حجمی در

جدول ۸- میانگین رویش در دوره چهارده ساله درختان پالونیا در فواصل مختلف کاشت

میانگین رویش در دوره	۵×۶ متر	۸×۶ متر	۷×۷ متر
قطری (متر)	۰/۰۲۷۱ B	۰/۰۲۷۸ B	۰/۰۲۹۳ A
ارتفاعی (متر)	۱/۴۳ B	۱/۴۵ B	۱/۵۵ A
حجمی هر اصله (متر مکعب)	۰/۰۸۹ B	۰/۰۹۴ B	۰/۱۰۸ A
تعداد پایه اولیه در هکتار	۳۳۳	۲۰۸	۲۰۴
درصد زنده‌مانی	۸۳/۳ B	۹۳/۳ A	۸۶/۷ AB
تعداد پایه نهایی در هکتار	۲۷۷	۱۹۴	۱۷۷
حجم در هکتار در سال (متر مکعب)	۲۴/۶۵ A	۱۸/۲۴ B	۱۹/۱۲ B
حجم در هکتار در ۱۴ سال (متر مکعب)	۳۴۵/۱ A	۲۵۵/۴ C	۲۶۷/۷ B

حروف مشابه بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار و حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌هاست.

بحث

نتایج مقایسه بین حداکثر مقدار رویش جاری قطری در فواصل مختلف کاشت نشان داد که درختان در فواصل کاشت کمتر نسبت به فواصل بیشتر، در سنین پایین‌تری به این مقدار می‌رسند. همچنین در مقایسه مقدار بیشینه رویش جاری قطر در سه فاصله کاشت مورد تحقیق، مشخص شد که فاصله کاشت ۷×۷ متر داری بیشترین، فاصله ۸×۶ متر دارای کمترین و فاصله ۵×۶ متر دارای حد متوسط این دو مقدار است که به‌نظر می‌رسد در انتخاب فواصل کاشت، هر چه فاصله کاشت در جهت شرقی- غربی بیشتر (به‌منظور کسب نور بیشتر) و در جهت شمالی- جنوبی کمتر (کاهش تأثیرات منفی باد غالب منطقه که از غرب به شرق می‌وزد) باشد، رویش جاری قطر درختان بیشتر می‌شود (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۲). بررسی منحنی‌های رویش جاری حجمی در فواصل مختلف کاشت نیز نشان داد که فقط در فاصله کاشت ۸×۶ متر، مقدار بیشینه (۷ سالگی) و روند کاهشی بعد از آن به‌وضوح دیده می‌شود، ولی در دو فاصله کاشت دیگر هنوز تا ۱۴ سالگی روند کاهشی مشخصی مشاهده نمی‌شود که این مطلب حاکی از مناسب‌تر بودن فضای میکروکلیمایی ناشی از طول و عرض مناسب‌تر این دو فاصله کاشت به‌منظور رویش جاری حجمی است.

بررسی بیشترین مقدار رویش متوسط سالیانه قطری درختان نشان داد که این مرحله در سه فاصله کاشت در حدود ۵ سالگی رخ می‌دهد، به‌طوری که این عامل در فاصله کاشت ۷×۷ متر بیشترین، ۸×۶ متر کمترین و ۵×۶ متر در حد وسط این دو قرار دارد. این در حالی است که بیشترین رویش متوسط سالیانه حجمی در دو فاصله کاشت ۵×۶ و ۷×۷ متر تا ۱۴ سالگی هنوز نامشخص است و فقط در فاصله کاشت ۸×۶ متر در حدود ۱۰ سالگی مقدار بیشینه این عامل مشاهده می‌شود. تفاوت سنین درختان در بیشترین مقدار رویش متوسط قطری و حجمی سالیانه نشان می‌دهد که در عامل حجم، ارتفاع درختان پالونیا به‌عنوان عاملی مهم و تأثیرگذار دخالت دارد (زبیری، ۱۳۷۹). همچنین از مقایسه منحنی‌های مربوطه نتیجه گرفته می‌شود که در فاصله کاشت‌های بزرگ‌تر می‌توان

به‌مقدار بیشتری از رویش متوسط سالیانه حجمی دست یافت، چرا که این مقدار تا ۱۴ سالگی در فاصله کاشت ۵×۶ متر هنوز به ۰/۱۰ متر مکعب نرسیده و در فاصله کاشت ۸×۶ متر بیشینه در حدود ۰/۱۰ متر مکعب بوده و در فاصله کاشت ۷×۷ متر هنوز در حال افزایش تا بیشتر از ۰/۱۰ متر مکعب است. همچنین بررسی نمودار رویش حجمی کل در طول چهارده سال نشان می‌دهد که در فواصل کاشت ۵×۶ و ۷×۷ متر به‌صورت تقریبی خطی و در فاصله کاشت ۸×۶ متر به‌صورت منحنی در حال افزایش است.

بررسی میانگین رویش قطری در دوره در فواصل کاشت ۵×۶، ۸×۶ و ۷×۷ متر به‌ترتیب با ۲/۷، ۲/۸ و ۲/۹ سانتی‌متر نشان داد که با افزایش فضای اختصاصی به هر پایه به‌ترتیب از ۳۰، ۴۸ تا ۴۹ متر مربع بر این رویش افزوده می‌شود. این واکنش به تندرشد بودن گونه، روشنایی‌پسند بودن و نیاز زیاد به مواد غذایی آن ارتباط دارد که در فضای اختصاصی بیشتر این عوامل بهتر و بیشتر مهیا می‌شوند (اوتادی، ۱۳۷۹؛ Curley, 1993). نتایج تحقیقی دیگر در منطقه ساری به فاصله حدود ۱۲۰ کیلومتری جنگل شصت کلاته نشان داد که رویش سالیانه قطری پالونیا پنج ساله در فواصل کاشت ۳×۳، ۴×۴ و ۵×۵ متر به‌ترتیب ۲/۵، ۲/۷ و ۲/۲ سانتی‌متر است که در مقایسه با نتایج این تحقیق حاکی آن است که فواصل کاشت بیشتر و دوره بهره‌برداری بیشتر از ۵ تا ۱۴ سال سبب افزایش مقدار رویش قطری سالیانه شده است. مقایسه رویش قطری سالیانه پالونیا به مقدار ۲/۷۱ سانتی‌متر در فاصله کاشت ۵×۶ متر با گونه صنوبر به‌مقدار ۱/۵۷ سانتی‌متر رویش در فاصله کاشت ۵×۵ متر نیز نشان‌دهنده برتری آن نسبت به صنوبر است (ریاحی‌فر و همکاران، ۱۳۸۷). مطالعات این مشخصه رویشی در کشور مبدأ این گونه (چین) نشان می‌دهد که میانگین رویش قطری سالیانه در مناطق مختلف و برحسب دوره بهره‌برداری از ۱۱ تا ۸۰ سال به‌ترتیب از ۶/۸ تا ۱/۸ سانتی‌متر متفاوت است، یعنی با افزایش دوره بهره‌برداری این میانگین کاهش می‌یابد که احتمالاً به‌علت سرعت رشد بیشتر آن در سنین اولیه و کاهش رشد در سنین بالاتر است. بنابراین نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که میانگین رویش قطری در فواصل

جوان‌تر بودن پایه‌ها در منطقه ساری، رویش ارتفاعی سالیانه آن کمتر از منطقه گرگان است که عکس نتایج در کشور چین است. دلیل این مسئله ممکن است به خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی خاک ارتباط داشته باشد که در منطقه ساری کاشت بر روی زمین حاوی ضایعات کارخانه چوب و کاغذ مازندران و در منطقه گرگان بر روی خاک با سابقه نهالستان انجام شده و کلیه عملیات زراعی داشت شامل دیسک، مبارزه با علف‌های هرز و آبیاری به‌طور مرتب انجام شده است. همچنین فواصل کاشت کمتر در منطقه ساری، رقابت غذایی پایه‌ها و افت کلی این مقدار رویش را نسبت به فواصل کاشت بیشتر در منطقه گرگان سبب شده است (ریاحی‌فر و همکاران، ۱۳۸۷؛ اوتادی، ۱۳۷۹؛ Curley, 1993). مقایسه رویش ارتفاعی سالیانه پالونیا با گونه توسکا در منطقه تنکابن نشان می‌دهد که در فاصله کاشت ۳×۳ متر و سن کاشت مشابه، توسکا با ۱/۳۶ متر نزدیک به گونه پالونیا با ۱/۵۵ در فاصله کاشت ۷×۷ متر (قلی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۳).

مقایسه درصد زنده‌مانی پایه‌ها در فواصل کاشت مختلف حاکی از وجود اختلافات جزئی بین آنهاست، به‌طوری که در تمامی فواصل کاشت مقدار آن از ۸۰ درصد بیشتر بوده و در مقایسه با کاشت پالونیا در منطقه ساری تقریباً مشابه است (ریاحی‌فر و همکاران، ۱۳۸۷). در تحقیقی دیگر بر روی پالونیا در سه رویشگاه مختلف در آمریکا نیز مشخص شد پایه‌های حاصل از تکثیر غیرجنسی این گونه درصد زنده‌مانی بیشتری نسبت به تکثیر جنسی آن دارند که در این تحقیق هم پایه‌ها به‌صورت جست حاصل از تکثیر ریشه تولید و کاشته شدند (Bergmann, 2003). به‌نظر می‌رسد تلفات در جنگلکاری‌های پالونیا به‌علل مختلف از جمله وجود آفت سفید رنگ به‌صورت پودری بر روی تنه پایه آلوده و شکاف‌های طولی عمیق بر روی تنه در اثر وزش بادهای سرد در بعضی سال‌ها در منطقه شمال اتفاق می‌افتد که در عرصه‌های حاضر به‌وضوح مشاهده شده است که به بررسی بیشتر متخصصان امر نیاز دارد.

بررسی دیگر مشخصات رویشی نشان می‌دهد که در فاصله کاشت‌های کمتر، عمل هرس طبیعی در اثر سایه‌اندازی پایه‌های مجاور بهتر صورت می‌گیرد، به‌طوری که در این

کاشت مورد بررسی در منطقه گرگان در حدود نصف میانگین یکی از بهترین مناطق رویشی در کشور مبدأ است که با توجه به غیربومی بودن این گونه در کشور، قابل توجه است (اوتادی، ۱۳۷۹). همچنین مقایسه رویش قطری سالیانه پالونیا با گونه توسکا از پهن‌برگان بومی شمال کشور حاکی از دو برابر بودن آن است (قلی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۳).

میانگین رویش ارتفاعی در دوره درختان پالونیا در فواصل کاشت ۵×۶، ۸×۶ و ۷×۷ متر به ترتیب با ۱/۴۳، ۱/۴۵ و ۱/۵۵ متر نشان داد که با افزایش فضا و فاصله کاشت بر مقدار این مشخصه رویشی افزوده می‌شود، این افزایش در اثر رقابت نوری پایه‌ها در فواصل کاشت مورد بررسی نبوده، چرا که در هیچ‌کدام از فواصل کاشت، رویش قطری تاج‌ها در دو جهت عمود بر هم سبب تداخل تاجی و در نتیجه رقابت نشده است، بلکه این افزایش به استعداد زیاد استفاده بیشتر از منابع موجود این گونه در فضای اختصاصی هر پایه آن مربوط می‌شود (اوتادی، ۱۳۷۹؛ Curley, 1993). این نتایج در مقایسه با مقدار رویش ارتفاعی سالیانه درختان پنج ساله پالونیا در منطقه ساری به‌مقدار ۱/۴۵، ۱/۲۶ و ۱/۰۴ متر به ترتیب در فواصل کاشت ۳×۳، ۴×۴ و ۵×۵ متر نشان می‌دهد که در فواصل کاشت کمتر از ۵×۶ متر تا ۳×۳ متر، افزایش رقابت تاجی درختان موجب افزایش ارتفاع پایه‌ها می‌شود که عکس نتایج فواصل کاشت بیشتر از ۵×۶ متر تا ۷×۷ متر است. همچنین در مقایسه با مقدار رویش ارتفاعی سالیانه صنوبر با سن و فاصله کاشت ذکرشده در منطقه ساری، به ترتیب به‌مقدار ۱/۶۴، ۱/۴۸ و ۱/۵۸ متر، نشان‌دهنده مشابه بودن مقدار این صفت در فواصل کاشت این تحقیق است (ریاحی‌فر و همکاران، ۱۳۸۷). از طرف دیگر، مطالعات مقدار رشد ارتفاعی سالیانه پالونیا در کشور چین در مناطق مختلف و درختان با سنین مختلف از ۵ تا ۸۰ سالگی، مقدار ۰/۶ تا ۲ متر ثبت شده که نتایج این تحقیق بیشتر از میانگین آن است (اوتادی، ۱۳۷۹). همچنین نتایج تحقیقات حکایت از رشد سریع ارتفاعی سالیانه پالونیا در سنین جوانی و کمتر بودن آن در سنین بعدی دارد (اوتادی، ۱۳۷۹) که در مقایسه نتایج تحقیق حاضر با تحقیق در منطقه ساری مشاهده می‌شود که با وجود

فاصله کاشت ۵×۶ متر با داشتن تعداد پایه نهایی ۲۷۷ اصله در هکتار، ۲۴/۶۵ مترمکعب تولید چوب متوسط سالانه در هکتار و ۳۴۵/۱ مترمکعب در هکتار در طول چهارده سال توصیه می‌شود که با مراقبت‌های لازم در طول مرحله داشت و زنده‌مانی صد در صد پایه‌ها، تولید چوب متوسط سالانه در هکتار می‌تواند تا ۲۹/۶۳ متر مکعب افزایش یابد.

منابع

- اوتادی، فریبا (مترجم)، ۱۳۷۹. پرورش و مصرف درختان پالونیا در کشور چین، انتشارات پژوهش‌های فرهنگی، ۱۰۰ ص.
- حسین‌زاده، عبدالرحمن، نوشین طغریایی، نیره‌السادات صدراپی نجفی، فرداد گلبابائی و احمد همتی، ۱۳۷۸. اثر فاصله کاشت روی تولید و ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چوب دو کلن موفق صنوبر (*Populus deltoides*) در گیلان. تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، شماره ۸(۱).
- ریاحی‌فر، ناهید، اصغر فلاح، کیومرث محمدی سمانی و یوسف گرجی مهلبانی، ۱۳۸۷. مقایسه رویش دو گونه صنوبر و پالونیا در فواصل کاشت مختلف در شمال ایران، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۶(۳): ۴۵۴-۴۴۴.
- زبیری، محمود، ۱۳۷۹. آماربرداری در جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۰۱ ص.
- عباسی، حسن، داوود آزادفر و فرهاد یغمایی، ۱۳۸۴. مطالعه تولید درختان پالونیا در کشت تلفیقی با غلات دانه-ای در شرایط دیم جنگل شصت کلاته، گزارش طرح تحقیقاتی معاونت پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۸۵ ص.
- قلی‌زاده، محمدنبی، صادق پورمرادی و رضا مهدوی، ۱۳۸۳. تعیین فواصل مناسب کاشت دو گونه درختی افرا و توسکا در مناطق پایین‌بند جنگل‌های شمال، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۲(۳): ۳۳۸-۳۲۷.
- کوچکی، عوض، افشین سلطانی و مهدی عزیزی (مترجمان)، ۱۳۸۲. اکوفیزیولوژی گیاهی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۲۷۱ ص.
- تحقیق طول تنه بدون شاخه در فاصله ۵×۶ متر بیشترین مقدار و در حدود ۳۶/۵ درصد کل ارتفاع درختان را در بر می‌گیرد. همچنین عوامل مؤثر در حجم تاج درختان شامل قطرهای تاج در دو جهت عمود بر هم و طول تاج در فواصل مختلف کاشت طوری همدیگر را تعدیل کردند که در حجم تاج درختان با هم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. ولی شکل تاج بر اساس نسبت طول تاج به میانگین دو قطر عمود بر هم تاج به مقدار ۱/۴، ۱/۵ و ۱/۷ در فواصل کاشت به ترتیب ۵×۶، ۸×۶ و ۷×۷ متر نشان‌دهنده تخم‌مرغی‌تر شدن آن در فضاهای بیشتر اختصاص یافته به هر پایه است. تحقیقات در کشور چین و بر روی درختان سیزده ساله گونه *P. elongata*، حاکی از کمی بیشتر بودن رویش قطری تاج در دو جهت عمود بر هم در این گونه نسبت به گونه حاضر در این تحقیق است (اوتادی، ۱۳۷۹).
- مقایسه میانگین رویش حجمی سالیانه در هکتار فواصل مختلف کاشت با توجه به مقدار رویش پایه‌ای و تعداد پایه نهایی در واحد سطح نشان داد که فاصله کاشت ۵×۶ متر دارای بیش‌ترین مقدار تولید چوب سالیانه در هکتار است. تحقیقات در کشور چین مقدار رویش حجمی سالیانه هر پایه را در درختان ۵ تا ۸۰ ساله و در مناطق رویشی مختلف بین ۰/۰۷ تا ۰/۴ نشان می‌دهد که با افزایش سن درخت بر این مقدار افزوده می‌شود. بنابراین با توجه به چهارده ساله بودن درختان این تحقیق، غیر بومی بودن آن در منطقه گرگان و حداکثر مقدار رویش حجمی سالیانه هر پایه در فاصله کاشت ۷×۷ متر به مقدار ۰/۱۰۸ متر مکعب مشاهده می‌شود که این مقدار رویش در بین دامنه حداقل و حداکثر آن در کشور چین قابل ملاحظه است (ریاحی‌فر و همکاران، ۱۳۸۷).
- به‌طور کلی مشاهده می‌شود که فواصل کاشت تأثیرات متفاوتی بر خصوصیات رویشی درختان پالونیا دارد و اگر هدف داشتن درختانی با قطر برابر سینه، ارتفاع و در نتیجه حجم چوب پایه‌ای بیشتر است، می‌توان فاصله کاشت ۷×۷ متر را توصیه کرد که در این صورت به‌طور متوسط سالانه ۰/۱۰۸ متر مکعب چوب تولید خواهد شد و باید با هرس مصنوعی شاخه‌های پایینی به هرس طبیعی درختان کمک کرد، ولی اگر هدف، تولید در واحد سطح بیشتر است،

- Ede, F.J., M. Auger & T.G.A. Green, 1997. Optimizing root cutting success in *Paulownia* spp., *Journal of Horticulture Science*, 72 (2): 179-185.
- Jimenez, L., A. Rodri'guez, J.L. Ferrer, A. Pe'rez & V. Angulo, 2005. La *Paulownia*: una planta de ra'pido crecimiento como materia prima para la fabricacio'n de papel, *Afinidad*, 62 (516): 100-105.
- Rai, A.K., S.P. Singh, C. Luxmi & G. Savita, 2000. *Paulownia fortunei* a new fiber source for pulp and paper, *Indian Pulp and Paper Technical Association*, 12(4): 51-56.
- Sidhu, D.S. & P.S. Dhillon, 2007. Field performance of ten clones and two sizes of planting stock of *Populus deltoides* on the indogangetic plains of India, *New Forests*, 34(2):115-122.
- Swamy, S.L., A. Mishra & S. Puri, 2006. Comparison of growth, biomass and nutrient distribution in five promising clones of *Populus deltoides* under an agrisilviculture system, *Bioresource Technology*, 97:57-68.
- Wang, Q. & J.F. Shogren, 1992. Characteristic of the crop-*Paulownia* system in China, *Agriculture Ecosystem Environment*, 39:145-152.
- مشعلچیان، مرتضی، ۱۳۸۳. بررسی مقایسه‌ای خواص کاغذ حاصله از چوب صنوبر دلتوئیدس و پالونیا به‌روش شیمیایی و مکانیکی (CMP). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۳۰ ص.
- همتی، احمد، و علیرضا مدیررحمتی، ۱۳۸۴. اثر فاصله کاشت بر تولید در هکتار ارقام مختلف صنوبر *P.nigra L* تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۳(۳): ۳۴۳-۳۵۲.
- Bergmann, B.A., 2003. Five years of *Paulownia* field trails in North Carolina, *New Forests*, 25:185-199.
- Burgess, P.J., L.D. Incoll, D.T. Corry, A. Beaton & B.J. Hart, 2004. Poplar (*Populus* spp.) growth and yields in a silvorable experiment at three lowland sites in England, *Agro Forestry Systems*, 63: 157-169.
- Caparros, S., M.J. Di'az, J. Ariza, F. Lo'pez & L. Jime'nez, 2008. New perspectives for *Paulownia fortunei* L. valorization of the autohydrolysis and pulping processes, *Bioresource Technology*, 99: 741-749.
- Carpenter, S.B., 1977. This "Princess" heals disturbed land, *American Forests*, 88:22-23.
- Curley, A.D., 1993. *Paulownia* growing rapidly outside Asia, *Journal of Forest*, 91(6): 41.

**Effect of spacing on growth characteristics of *Paulownia fortunei*
(case study: Dr. Bahram Nia forest management plan, Gorgan)**

Z. Saeedi¹ and D. Azadfar^{*2}

¹M.Sc. Graduate, Forestry Faculty, Gorgan University of Agricultural Science and Natural resources, I. R. Iran

²Assistant Prof., Forestry Faculty, Gorgan University of Agricultural Science and Natural resources, I. R. Iran

(Received: 9 November 2009, Accepted: 8 May 2010)

Abstract

In order to determine the best spacing with maximum production per unit area, *Paulownia fortunei* as an exotic and rapid growth species from China was planted in Shast kalate forests by random complete block design in three spacing (5×6, 8×6 and 7×7 meters) with three replications. The characteristics of fourteen years old trees were measured including DBH, total height, bole height without branch, two cross diameter of crown and then timber volume, crown length and volume and growth rates of annual and mean and also in period calculated by trunk analysis. The analysis of variance (ANOVA) and means comparison were done by F test and Duncan's tests respectively. The results showed that significant difference among spacing aspect of the growth rates. It also revealed that until this study, except for trees in 6 × 8 meters spacing, the trees did not receive the maximum volume mean growth to cutting except the trees in 8×6 meters spacing. Overall results indicated that trees had the most DBH, height and volume mean growth in period at 7×7 meters spacing but 5×6 meters spacing had the most wood production mean per hectare annually with 24.65 cubic meters.

Key words: *Paulownia*, Spacing, Wood production, Growth.