

مقایسه تولید، بیوماس و نوع مصرف چوب صنوبر کبوده (*Populus alba* L.) در چهار فاصله کاشت

ابوذر حیدری صفری کوچی^{۱*}، تیمور رستمی شاهراجی^۲، یعقوب ایرانمنش^۳ و فرشته مرادیان فرد^۱

^۱ کارشناس ارشد جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان
^۲ دانشیار گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان
^۳ استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج، کشاورزی، شهرکرد، ایران
 (تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۶/۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۲۷)

چکیده

امروزه زراعت چوب با گونه‌های تندرشد از جمله گونه‌های مختلف صنوبر امری اجتناب‌ناپذیر است. این مطالعه به منظور بررسی اثر فواصل مختلف کاشت بر میزان عملکرد تولید، بیوماس و نوع مصرف چوب گونه کبوده (*Populus alba*) در صنوبرکاری‌های ده ساله در سایت تحقیقات گیاهان تندرشد بلداجی و روستای کران از توابع شهرستان فارس در استان چهارمحال و بختیاری صورت گرفت. بدین منظور چهار قطعه یک هکتاری صنوبرکاری شده با این گونه با چهار فاصله کاشت مختلف (۰/۵×۰/۵، ۱×۱، ۲×۲ و ۴×۴ متر) انتخاب شد. قطر و ارتفاع درختان در سه منطقه اندازه‌گیری شد و در هر منطقه ۱۰ اصله درخت و در مجموع ۴۰ اصله درخت انتخاب و قطع شده و به تفکیک تنه اصلی، شاخه، سرشاخه و برگ در محل عرصه توزین شدند. همچنین از اندام‌های مختلف هر درخت، نمونه‌هایی گرفته و به آزمایشگاه منتقل شد. این نمونه‌ها پس از خشک شدن در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد، با ترازوی رقومی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین و با استفاده از تناسب، وزن خشک هر یک از اندام‌های درخت محاسبه شد. نتایج نشان داد فاصله کاشت ۰/۵×۰/۵ با ۷۳۵/۸۸ تن در هکتار تولید و ۴۷۵/۶۵ تن در هکتار بیوماس بیشترین تولید را دارد و در طرح‌های بلندمدت به صرفه خواهد بود. همچنین فاصله کاشت ۱×۱ متر با تولید ۵۹۵ و بیوماس ۲۹۹ تن در هکتار در میان‌مدت و فاصله کاشت ۲×۲ متر با تولید ۲۴۱/۱۲۶ و ۱۶۲/۵۲۱ تن در هکتار بیوماس در کوتاه‌مدت (ده ساله) فواصل کاشت مناسبی برای این گونه در استان است. اما فاصله کاشت ۴×۴ متر به ترتیب با ۲۹ تن تولید و ۱۶ تن بیوماس و با توجه به کوتاه و پرشاخه بودن بینه‌های تولیدی توصیه‌پذیر نیست.

واژه‌های کلیدی: بیوماس، تراکم کاشت، چهارمحال و بختیاری، دوره برداشت کوتاه، وزن خشک.

مقدمه و هدف

صنوبرها گروه بزرگی از درختان خزان کننده و با رشد سریع هستند که در شرایط مختلف اقلیمی رشد طولی و قطری متفاوتی دارند. از میان گونه‌های مختلف آن گونه کبوده، یکی از ارقام اقتصادی و مناسب برای جنگلکاری است (دانشور و مدیررحمتی، ۱۳۸۷). با توجه به سرعت رشد زیاد، به طور معمول گونه‌های صنوبر را در پروژه‌های زراعت چوب استفاده می‌کنند. برآورد بیوماس برای تشخیص ساختار جنگل مهم است و شاخصی مهم برای ارزیابی رویشگاه از نظر بیواکولوژیکی و اقتصادی در نظر گرفته می‌شود (Cole and Ewel, 2006). دقیق‌ترین شیوه برای تخمین بیوماس درخت، روشی است که در آن درخت را قطع و آن را به تفکیک اندام‌ها تقسیم، خشک و توزین می‌کنند (Buskui et al., 2009). در مورد تولید، بیوماس و اندوخته کربن گونه‌های مختلف گیاهی مطالعات گسترده‌ای در دنیا صورت گرفته است. (Fortier et al., 2010) پتانسیل پنج کلون هیبرید صنوبر را برای به دست آوردن زیتوده و حجم چوب در نواحی ساحلی کنار رودخانه‌ای در چهار اکوسیستم کشاورزی در کبک کانادا برآورد کردند. پس از شش سال رشد، حجم زیتوده شاخ‌وبرگ به مراتب کمتر از ساقه‌ها و شاخه‌های اصلی بود. ضمن اینکه حجم تنه چوبی نیز به ۲۳۷/۵ متر مکعب در هکتار رسید، بیشترین بازده و محصول حاصلخیزترین محل‌ها مشاهده شد. در مطالعه‌ای دیگر، (Pretzsch 2005) نشان داد که توده‌های آمیخته راش در مرکز اروپا در مقایسه با توده خالص صنوبر، ذخیره کربن بیشتری دارند، درحالی‌که رشد توده خالص بیشتر از توده آمیخته است؛ ولی تولید زیتوده در توده آمیخته بیشتر از توده خالص صنوبر است. بردبار و مرتضوی جهرمی (۱۳۸۵)، پتانسیل ذخیره کربن در جنگل کاری‌های اکالیپتوس و آکاسیا در مناطق غربی استان فارس را بررسی کردند. آنان نتیجه‌گیری کردند که به‌طور کلی،

Eucalyptus camaldulensis در رویشگاه‌های حاصلخیز، سالانه ۷/۸ تن در هکتار و در رویشگاه‌های ضعیف سالانه ۱/۱ تن در هکتار، و *Acacia saliciana* در رویشگاه‌های ضعیف سالانه ۱/۵ تن در هکتار کربن ذخیره می‌کنند. همچنین اذعان داشتند که بیشترین ذخیره کربن در چوب تنه است که اختلاف معنی‌داری با سایر اندام‌ها و قسمت‌های مختلف توده نشان داد. همچنین گونه‌های مختلف گیاهی از جمله صنوبرها نسبت به تغییرات فاصله کاشت از خود واکنش نشان می‌دهند، به نحوی که رقابت برای جذب مواد غذایی در قطر، ارتفاع و در نهایت حجم آنها تأثیر مستقیم می‌گذارد (مصدق، ۱۳۷۸). از این رو در مورد گیاهان تندرشد از جمله صنوبر نیز تحقیقات متعددی در دنیا صورت گرفته است که در برخی از آنها، فاصله کاشت نیز عامل تأثیرگذاری مطرح شده است. یکی از پرارجع‌ترین این تحقیقات، مطالعه انجام شده توسط Fang et al. (2007) است که بیوماس و اندوخته کربن کلون‌های مختلف صنوبر را در چین بررسی کردند که نشان داد بیشترین بیوماس کل در ۱۰ سال با ۱۴۶ تن در هکتار مربوط به تراکم ۱۱۱۱ اصله در هکتار بود. یعنی به ترتیب ۵۳ درصد، ۱۱/۶ درصد و ۲۴/۲ درصد بیشتر از تراکم‌های ۸۸۳ و ۶۲۵ و ۵۰۰ اصله در هکتار.

Hu et al. (2008) با مطالعه تأثیر جنگل کاری با گونه‌های تندرشد کاج و صنوبر در علفزارها به این نتیجه رسیدند که در این مناطق، افزایش تراکم موجب افزایش لاشبرگ و در نتیجه غنای کربن خاک شده است. در مطالعات دیگر نیز نتایج مشابهی به دست آمده است (Dewyer et al., 2010). جدیدترین نمونه از مطالعات در زمینه رویه زمینی گونه صنوبر در استان چهارمحال و بختیاری، مطالعه پارساپور و همکاران (۱۳۹۲) است که در آن توانایی ترسیب کربن در چهار کلون از هیبریدهای صنوبر با هم مقایسه و معادلات آلومتریک برای آنها تعریف شد و نتایج نشان داد در بین گونه‌های مورد بررسی، گونه

جغرافیایی شمالی "۱/۷' ۵۵° ۳۱" قرار گرفته است. متوسط بارندگی سالیانه ۴۴۳ میلی‌متر، دمای متوسط ایستگاه ۱۱ درجه سانتی‌گراد و ارتفاع آن از سطح دریا ۲۲۶۰ متر است (طالبی و همکاران، ۱۳۸۸). خاک این منطقه سیلتی رسی (Silty-Clay) با بافت سنگین تا نیمه‌سنگین دارای ۱۰ تا ۱۵ درصد سنگریزه است. ساختمان خاک از نوع بلوکی زاویه‌دار است. بخش دیگری از این مطالعه در روستای کران صورت گرفت. روستای کران از توابع شهرستان فارسان است و در ۵ کیلومتری مرکز شهرستان و در محدوده طول جغرافیایی شرقی "۴۴' ۳۵° ۵۰" و عرض جغرافیایی شمالی "۸' ۱۳° ۳۲" قرار گرفته است. ارتفاع متوسط این روستا از سطح دریا ۲۳۲۲ متر است. متوسط بارندگی این روستا ۴۸۹ میلی‌متر در سال و دمای متوسط سالانه آن ۱۲ درجه سانتی‌گراد است. خاک این منطقه رسی (Clay) با بافت سنگین و دارای حدود ۱۰ درصد سنگریزه است. ساختمان خاک این منطقه از نوع متراکم بلوکی است. هر دو منطقه در یک اقلیم (اقلیم نیمه‌مرطوب معتدل سرد) قرار دارند (طالبی و همکاران، ۱۳۸۷).

روش پژوهش

انتخاب درختان

ابتدا طی آماربرداری پراکنش درختان در طبقات مختلف قطری و ارتفاعی در چهار قطعه یک هکتاری ۱۰ ساله صنوبرکاری شده با گونه کبوده (*Populus alba*) با چهار فاصله کاشت مختلف (۵/۵ × ۵/۵، ۱×۱، ۲×۲ و ۴×۴ متر) تعیین شد. سپس از هر عرصه، ۱۰ اصله درخت (در مجموع ۴۰ اصله) به صورت تصادفی برای قطع انتخاب شد. انتخاب این ۴۰ اصله به صورتی بود که در طبقه‌های مختلف قطری پراکنش یکنواخت داشته باشند.

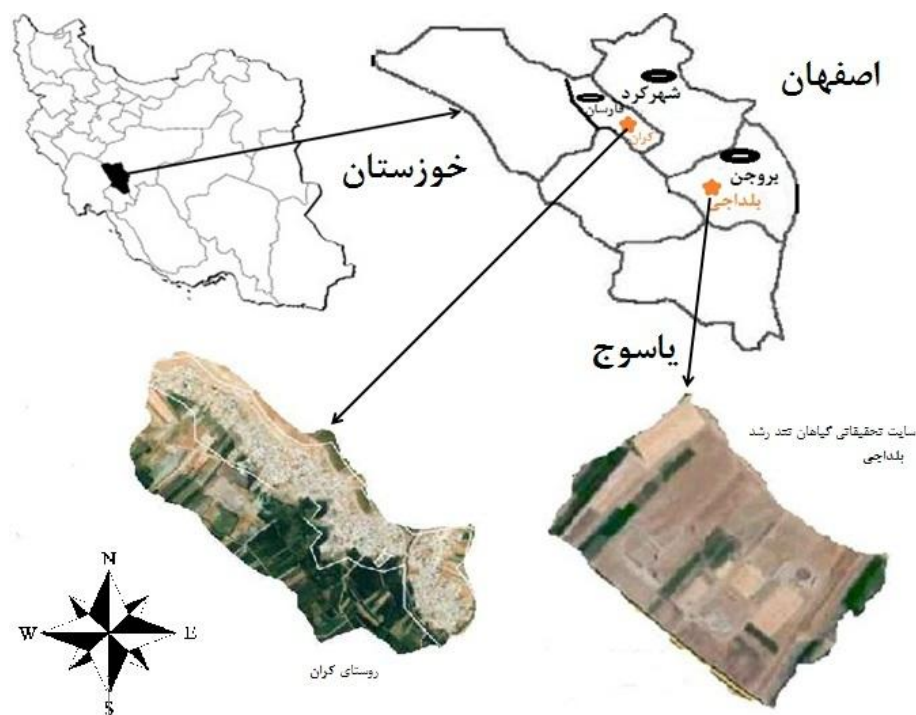
شالک بیشترین تولید را داراست. از جمله مطالعات در زمینه اثر فاصله کاشت بر تولید و بیوماس صنوبر، مطالعه همتی و مدیررحمتی (۱۳۸۴) در اراضی صنایع کاغذ غرب واقع در هرسین کرمانشاه است که اثر فاصله کاشت بر تولید در هکتار ارقام مختلف و در تیمارهای مختلف کاشت صنوبر بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد کلون‌های مختلف صنوبر در فاصله کاشت ۲×۱ بیشترین بازده تولید را داشته‌اند. در کشور ما چوب صنوبر را برای مصارف ساختمانی، صنایع کبریت‌سازی، صنایع تخته خرده‌چوب و تخته چندلا، صنایع کاغذسازی و ساخت دسته ابزارها به کار می‌برند. با این حال هر کدام از این موارد مصرف نیازمند گرده‌بینه‌های صنوبر با قطری خاص است که فاصله کاشت و دوره برداشت از عوامل مهم و تأثیرگذار بر آن به‌شمار می‌رود (بیات کشکولی و همکاران، ۱۳۸۷).

با توجه به وفور منابع آبی و زمین‌های حاصلخیز برای صنوبرکاری در استان چهارمحال و بختیاری که به کشت ۷۰۰۰ هکتار صنوبر (غالباً گونه *Populus alba*) در سطح استان منجر شده است (طالبی و همکاران، ۱۳۸۷). این مطالعه بر آن است که با بررسی مقدار تولید و بیوماس این گونه، و با توجه به نوع کاربرد گرده‌بینه‌های استحصالی، بهترین فاصله کاشت این گونه در استان را معرفی کند.

مواد و روش‌ها

منطقه تحقیق

بخشی از این پژوهش در ایستگاه تحقیقات صنوبر و درختان تندرشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. این ایستگاه در ۵ کیلومتری شهر بلداجی از توابع شهرستان بروجن در استان چهارمحال و بختیاری و در طول جغرافیایی شرقی "۷' ۶° ۵۱" و عرض



شکل ۱- موقعیت مناطق تحقیق بر روی نقشه

با ترازوی دقیق رقومی با دقت ۰/۰۰۱ گرم، به آزمایشگاه انتقال یافت.

خشک کردن نمونه‌ها

نمونه‌ها ابتدا به مدت یک هفته در هوای آزاد خشک شدند سپس نمونه‌های برگ و سرشاخه به مدت ۲۴ ساعت در آن با دمای ۷۵ درجه سانتی-گراد، و نمونه‌های تنه و شاخه به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی-گراد، خشک و بلافاصله پس از خروج از آن توزین شدند و وزن خشک آنها ثبت شد (سهرابی و شیروانی، ۱۳۹۱).

محاسبه وزن خشک (زیتوده) اندام‌های درختی

در مرحله بعد و پس از مشخص شدن وزن خشک نمونه‌ها با استفاده از رابطه ۱ وزن خشک هر کدام از اندام‌ها مشخص شد (بختیاروند و سهرابی، ۱۳۹۰).

$$WDC = \frac{WFC * WDS}{WFS} \quad \text{رابطه ۱}$$

که در آن WDC وزن خشک هر جز از درخت،

قطع، نمونه‌گیری و محاسبه وزن تر درختان

درختان انتخاب شده در اواخر فصل رویش (تیر) از فاصله ۲۰ سانتی‌متری از سطح زمین قطع، و به اجزای مختلف شامل تنه، شاخه (قطر بیشتر از ۱ سانتی‌متر)، سرشاخه (قطر کمتر از ۱ سانتی‌متر) و برگ تقسیم شدند (Snowdon *et al.*, 2002). هر بخش به صورت مجزا و بلافاصله پس از قطع در محل عرصه و به وسیله ترازوی رقومی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شد. با جمع کردن مقادیر به دست آمده برای اجزای مختلف، وزن تر هر کدام از درختان به دست آمده و ثبت شد. با داشتن آماره‌های قطری و نیز تعداد در هکتار درختان در هر توده، نتایج به هکتار تعمیم داده شد و تولید در هکتار درختان به دست آمد (Fang *et al.*, 1991). سپس دو دیسک ۴ سانتی-متری از محل‌های قطر برابرسینه و کنده، پنج نمونه شاخه با قطرهای مختلف، ۱۰ نمونه ۱۰ سانتی‌متری از سر شاخه‌ها و تعدادی برگ (۱۰۰ برگ) از چهار جهت تاج، از هر درخت برداشت شد و پس از توزین

یکطرفه برای بررسی اثر تراکم کاشت بر مقدار تولید و بیوماس گیاهی استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون دانکن انجام گرفت. برای محاسبات آماری و رسم نمودارها از نرم افزارهای SPSS نسخه ۱۹، Minitab نسخه ۱۶ و Excel 2010 استفاده شد.

نتایج

ویژگی‌های توصیفی منطقه تحقیق

بر اساس آماربرداری از قطعات مورد بررسی با فواصل کاشت متفاوت، ویژگی‌های توصیفی درختان مشخص شد (جدول ۱).

WFC، وزن تر هر درخت، WDS وزن خشک هر نمونه، و WFS وزن تر هر نمونه است. تولید و بیوماس درختان قطع شده در چهار فاصله کاشت با هم مقایسه شد تا اثر فاصله کاشت بر تولید و بیوماس درختان بررسی شود؛ سپس وزن خشک اندام‌های درختان محاسبه شد و با داشتن تعداد کل درختان در چهار توده و قطر آنها، نتایج به هکتار تعمیم داده شد. با مقایسه تولید و بیوماس درختان در چهار فاصله کاشت اثر تعداد در هکتار بر این مقادیر بررسی شد.

روش‌های آماری و نرم‌افزارهای استفاده شده

نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون کولموگروف - اسمیرنوف بررسی شد. از آنالیز واریانس

جدول ۱- ویژگی‌های توصیفی درختان کبوده بررسی شده در فواصل کاشت متفاوت

متغیر	فاصله کاشت (متر)	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات (%)	دقت نمونه‌برداری (%)
قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	۰/۵×۰/۵	۵	۱۸/۵	۱۲/۵	± ۳/۸۴۳	۳۰/۷۷۷۴	۶/۸۴
	۱×۱	۵	۲۱	۱۳/۹	± ۳/۷۳۶	۲۶/۱۶۵	۶/۰۰
	۲×۲	۵	۲۲/۴	۱۵/۸	± ۳/۳۳۲	۲۱/۰۸۸	۵/۳۲
	۴×۴	۵	۲۳	۱۴/۲	± ۳/۵۷۴	۲۵/۱۶۹	۵/۴۵
ارتفاع (متر)	۰/۵×۰/۵	۵/۹	۲۰/۵	۱۴/۵	± ۳/۰۱۴	۲۰/۷۸۶	۴/۱۷
	۱×۱	۶	۲۱	۱۷/۷	± ۵/۱۳۷	۲۹/۰۲۲	۶/۴۸
	۲×۲	۴/۳	۱۳/۸	۱۱	± ۱/۵۲۳	۱۳/۸۴۵	۴/۸۳
	۴×۴	۴/۸	۱۱/۵	۸/۵	± ۱/۸۹۶	۲۲/۳۰۵	۴/۸۲
قطر تاج (متر)	۰/۵×۰/۵	۰/۳۵	۱/۴	۰/۷۵	± ۰/۵۲۲	۶۹/۶۰۰	۱۵/۴۶
	۱×۱	۰/۵۲	۱/۹	۱/۴	± ۰/۵۷۳	۴۰/۹۲۸	۹/۱۴
	۲×۲	۰/۵۸	۳/۴	۲/۳	± ۱/۲۰۰	۵۲/۱۷۳	۱۰/۵۲
	۴×۴	۰/۹	۴/۱	۲/۱	± ۱/۱۰۲	۵۲/۴۷۶	۱۱/۳۳

آزمون دانکن در مورد میانگین وزن تر درختان در چهار فاصله کاشت اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۲).

وزن تر و وزن خشک درختان در چهار فاصله کاشت

نتایج مقایسه وزن تر یا تولید درختان قطع شده بوسیله تجزیه واریانس حاکی از نبود اختلاف در میان چهار فاصله کاشت مورد بررسی است. به طوری که

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مقدار تولید درختان قطع شده در چهار فاصله کاشت

F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منابع تغییر
۱/۲۵۴ ^{NS}	۳۱۲۶/۲۹۵	۹۳۷۸/۸۸۴	۳	بین گروه‌ها
	۲۴۹۲/۳۳۵	۸۹۷۲۴/۰۵۲	۳۶	درون گروه‌ها
		۹۹۱۰۲/۹۳۶	۳۹	مجموع

NS بیانگر معنی دار نبودن در سطح ۵ درصد

نتایج تجزیه واریانس وزن خشک درختان قطع شده در مقایسه میانگین وزن خشک درختان در چهار فاصله کاشت حاکی از نبود اختلاف معنی دار بین آنها بود (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس وزن خشک (بیوماس) درختان قطع شده در چهار فاصله کاشت

F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منابع تغییر
۳/۵۷۲ ^{NS}	۳۵۴۴/۳۱۰	۱۰۶۳۲/۹۳۰	۳	بین گروه‌ها
	۹۹۴/۵۴۳	۳۵۸۰۳/۵۵۷	۳۶	درون گروه‌ها
		۴۶۴۳۶/۴۸۷	۳۹	مجموع

NS بیانگر معنی دار نبودن در سطح ۵ درصد است

جدول مشاهده می‌شود، به جز طبقه قطری اول با افزایش فاصله کاشت، تعداد درختان در طبقه‌های قطری بالاتر، افزایش یافته است.

پراکنش درختان در طبقات مختلف قطری

به منظور مقایسه رشد قطری درختان در فواصل کاشت مختلف، درصد حضور درختان در طبقات مختلف قطری به دست آمد (جدول ۴). چنانکه در این

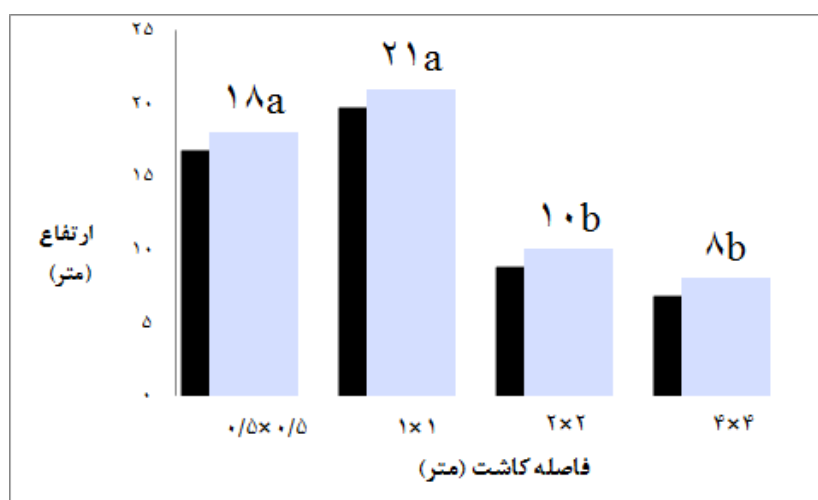
جدول ۴- درصد حضور درختان در طبقات مختلف قطری در چهار فاصله کاشت

فاصله کاشت (متر)				طبقه قطری (سانتی متر)
۴×۴	۲×۲	۱×۱	۰/۵×۰/۵	
۶	۵	۲۴	۴۵	۵-۱۰
۵۰	۴۶	۴۴	۳۶	۱۰-۱۵
۲۴	۳۵	۲۲	۱۵	۱۵-۲۰
۲۰	۱۴	۱۰	۴	۲۰-۲۵

۰/۵×۰/۵ و ۱×۱ متر با ارتفاع درختان در فواصل کاشت ۲×۲ و ۴×۴ متر است.

میانگین ارتفاع درختان در چهار تراکم

میانگین ارتفاع درختان قطع شده در چهار فاصله کاشت بررسی شده است (شکل ۲). نتایج بیانگر اختلاف معنی دار بین ارتفاع درختان در فواصل کاشت



شکل ۲- میانگین ارتفاع درختان در چهار فاصله کاشت

به ترتیب با ۴۷۵ و ۲۹۹ تن در هکتار بیشترین بیوماس را دارند، در حالی که مقدار تولید در فواصل کاشت ۴×۴ متر فقط ۱۶ تن در هکتار است. این تناسب در مورد تولید نیز وجود دارد. فاصله کاشت ۲×۲ نیز حالت بینابینی دارد.

تولید در هکتار و بیوماس درختان در چهار فاصله کاشت

نتایج محاسبه تولید در هکتار و بیوماس درختان بیانگر اختلاف معنی‌دار بین چهار فاصله کاشت است. فاصله کاشت ۴×۴ متر در مقایسه با فواصل کاشت ۰/۵×۰/۵ و ۱×۱ متری تولید ناچیزی دارد (جدول ۵). فواصل کاشت ۰/۵×۰/۵ و ۱×۱ متر

جدول ۵- تولید درختان در چهار فاصله کاشت بر حسب تن در هکتار

فاصله کاشت (متر)			
۰/۵×۰/۵	۱×۱	۲×۲	۴×۴
۷۳۵/۸۸ ^a	۵۶۵/۵۸ ^b	۲۴۱/۱۲۶ ^c	۲۹/۰۷ ^d
۴۷۵/۶۵ ^a	۲۹۹/۱۱ ^b	۱۶۲/۵۲۱ ^c	۱۶/۲۳ ^d

*حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌هاست.

گرفته است (Zianis et al., 2005).

نتایج این مطالعه نشان داد که وزن تر (تولید) و وزن خشک (بیوماس) گونه کبوده (*Populus alba*) در سطح درختی و در چهار فاصله کاشت ۰/۵×۰/۵، ۱×۱، ۲×۲ و ۴×۴ متر اختلاف معنی‌داری ندارند. با توجه به اینکه در فواصل کاشت ۲×۲ و ۴×۴ متر

بحث

اندازه‌گیری و برآورد بیوماس گیاهان و به‌ویژه بیوماس درختان، یکی از نیازهای اساسی در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی جنگل و بررسی جریان انرژی در بوم‌سازگان به حساب می‌آید و طی سالیان اخیر این موضوع مورد توجه بسیاری از محققان قرار

دوره ده ساله در این فاصله کاشت بیشتر است، رشد ارتفاعی کم، طول کم گرده‌بینه‌ها و نیز تعداد در هکتار ناچیز کاشت آن را به لحاظ اقتصادی به صرفه نمی‌سازد. در فواصل کاشت $0/5 \times 0/5$ و 1×1 متر بیوماس درختان در هکتار زیاد است، اما رقابت نوری و ریشه‌ای سبب شده درختان قد کشیده و کم‌قطر باشند. همچنین نتایج مطالعه حاضر نشان داد که در مدت ۱۰ سال تنها ۱۹ و ۳۰ درصد درختان قابل بهره‌برداری هستند و برای برداشت مناسب از این توده‌ها حد دست‌کم ۳۰ سال زمان نیاز است که علم صنوبرکاری نوین به هیچ وجه آن را نمی‌پذیرد. در صورتی که در فاصله کاشت 2×2 متر بیشتر درختان در طول ده سال هم قد کشیده (شکل ۲) و هم قطور (جدول ۴) و قابل بهره‌برداری هستند که از نظر اقتصادی بسیار به صرفه است و بازگشت سرمایه در زمان کوتاه را میسر می‌سازد. در این فاصله کاشت، علاوه بر ترسیب کربن به میزان ۶۰ تن در هکتار، درختان تولید شده در طی ده سال بیشترین درصد درختان قطور را به خود اختصاص داده‌اند و از نظر تولید در هکتار نیز با تولید ۲۴۱ تن چوب تر تولید مناسبی دارند. در نتیجه در بین چهار فاصله کاشت مورد بررسی در دوره برداشت کوتاه، کاشت با فواصل 2×2 متر دارای بهترین بازده از نظر تولید بهینه خواهد بود. همچنین فاصله کاشت کمتر (۱ در ۱ متر) در بلندمدت ارزش اقتصادی بیشتری دارد و مناسب‌تر است.

Fortier et al. (2010) پتانسیل پنج کلون هیبرید صنوبر را برای به دست آوردن زیتوده و حجم چوب در نواحی ساحلی و کنار رودخانه‌ای در چهار اکوسیستم کشاورزی در کبک کانادا برآورد کردند. پس از شش سال رشد، حجم زیتوده شاخ و برگ به مراتب کمتر از ساقه‌ها و شاخه‌های اصلی بود. ضمن اینکه حجم تنه چوبی نیز به $237/5$ متر مکعب در هکتار رسید. بیشترین بازده و محصول در حاصلخیزترین محل‌ها مشاهده شد.

درختان قطر برابر سینه بیشتری دارند، به بررسی میانگین ارتفاع درختان قطع شده پرداخته شد که نتایج نشان داد کمبود تولید درختان در فواصل کاشت $0/5 \times 0/5$ و 1×1 متر به دلیل کمتر بودن قطر درختان در این دو فاصله کاشت به واسطه ارتفاع بیشتر (به دلیل رقابت نوری) جبران شده است (مروری مهاجر، ۱۳۸۵). همچنین با برآورد تولید، وزن خشک درختان بر حسب تن در هکتار مشخص شد که میزان این شاخص در مورد فاصله کاشت 4×4 متر (۶۲۵ اصله در هکتار) در مقایسه با سه تراکم دیگر (۱۰۰۰۰، ۲۰۰۰۰ و ۲۵۰۰ اصله در هکتار) بسیار ناچیز (۲۹ تن در هکتار در مقابل ۵۶۵ و ۷۳۵ و ۲۴۱ تن در هکتار) است. همچنین به علت ارتفاع کم درختان و عدم هرس طبیعی در فاصله کاشت 4×4 متر، کاشت درختان با این فاصله کاشت از نظر اقتصادی به صرفه نخواهد بود (Largeron and Ento, 2003).

تولید در هکتار در دو فاصله کاشت $0/5 \times 0/5$ و 1×1 متر، به ترتیب $735/88$ و $565/58$ تن در هکتار است به عبارتی با افزایش تراکم درختان از ۱۰۰۰۰ اصله در هکتار به ۲۰۰۰۰ اصله در هکتار (دو برابر شدن تعداد درختان)، تنها ۲۳ درصد به تولید درختان بر حسب تن در هکتار افزوده شده است. همچنین در فاصله کاشت $0/5 \times 0/5$ متر پس از ۱۰ سال، ۱۹ درصد درختان در کلاسه‌های قطری بالای ۱۵ سانتی‌متر (مناسب برای قطع و بهره‌برداری) قرار دارند، اما در فاصله کاشت 1×1 متر و پس از ۱۰ سال ۳۲ درصد درختان در این کلاسه‌ها قرار دارند، که این نیز به علت رقابت شدید بین تاج درختان برای کسب نور و همچنین ریشه درختان برای کسب مواد غذایی در فواصل کاشت سنتی ($0/5 \times 0/5$) است (مروری مهاجر، ۱۳۸۵؛ Pandey and Narayan, 2002). با این توصیف می‌توان به این نتیجه رسید که فاصله کاشت $0/5 \times 0/5$ فاصله کاشت مناسبی برای این گونه در استان نیست. با توجه به نتایج، فاصله کاشت 4×4 متر در نگاه اول حذف می‌گردد. هر چند درختان قطور در

کارخانه‌های کشور از لحاظ فناوری و بازده تولید، کاشت کبوده با این فاصله کاشت و در کوتاه‌مدت (۱۰ سال) توجیه اقتصادی ندارد.

در فاصله کاشت ۴×۴ متر بیشترین پراکنش درختان در محدوده چوب‌های درجه ۱ (۲۰ درصد) است، اما با توجه به تولید در هکتار پایین و تولید بینه‌های کوتاه و پرشاخه این فاصله کاشت نیز توصیه نمی‌شود. در فاصله کاشت ۱×۱ متر طول‌گرده بینه‌های مورد بررسی مناسب است، اما از لحاظ قطری مجموعاً ۳۳ درصد درختان جزو کلاسه‌های قطری درجه ۲ و ۳ قرار می‌گیرند. فاصله کاشت ۲×۲ متر با تراکم ۲۵۰۰ اصله درخت در هکتار و با تولید گرده‌بینه‌هایی با طول و کیفیت مناسب، دارای بیشترین درخت در طبقه‌های قطری درجه ۲ و ۳ است و می‌توان آن را برای صنوبرکاری‌های با دوره برداشت کوتاه معرفی کرد.

بیات کشکولی و شریف پور (۱۳۹۳)، درجه بندی بصری گرده بینه‌های صنوبر را مورد بررسی قرار دادند که نتایج نشان داد که بیشتر گرده‌ها براساس قواعد درجه‌بندی ۱۲۷۵ ایران و سازمان جنگل‌داری آمریکا در درجه یک قرار داشتند و حجم و بازده استحصالی السوار درجه یک یا انتخابی آنها براساس قواعد درجه‌بندی ۸۰۷۳ ایران و ملی آمریکا بیشتر بود.

بیشترین کلاسه قطر مورد نیاز برای تیره‌های بزرگراه را گرده‌های کم‌قطر با قطرهای ۱۰ تا ۱۲/۵ سانتی‌متر و ۱۵ تا ۱۷/۵ سانتی‌متر تشکیل می‌دهند یعنی درجه ۳ و ۴ که بعد از ده سال بیشترین حضور درختان در این طبقات را در فاصله کاشت ۲×۲ و ۴×۴ متر شاهد هستیم، با این تفاوت که میانگین ارتفاع درختان در فاصله کاشت ۴×۴ متر کمتر از فاصله کاشت ۲×۲ متر است.

معمولاً قطر انتهای باریک بدون پوست گرده بینه‌ها برای مصارف روکشی را چوب‌های بزرگ‌تر از ۳۰ سانتی‌متر تشکیل می‌دهند که در محدوده گرده‌بینه‌های کم‌قطر که در این مطالعه مورد نظرند

همتی و مدیررحمتی (۱۳۸۴) در اراضی صنایع کاغذ غرب واقع در هرسین کرمانشاه مطالعه‌ای را درباره اثر فاصله کاشت بر تولید در هکتار ارقام مختلف صنوبر انجام دادند و نتیجه گرفتند که کلون‌های مختلف صنوبر در فاصله کاشت ۲×۱ متر بیشترین بازده تولید را دارند. این مطالعه نیز نشان می‌دهد که فاصله کاشت ۲×۲ متر بهترین بازده تولید در زمان را دارد.

تراکم کاشت بر افزایش بیوماس توده‌های گیاهی اثرگذار است (دانشور و مدیررحمتی، ۱۳۸۸)؛ به‌طوری که Fang et al. (2007) اعلام داشتند با افزایش تراکم کاشت در صنوبرکاری‌ها، بیوماس و متقابلاً ترسیب کربن در بیوماس و خاک بیشتر می‌شود. بدیهی است که اگر هدف از کاشت این گونه صرفاً کاهش گاز گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن باشد، کاشت این درختان با تراکم زیاد (۲۰۰۰۰ اصله) در هکتار مناسب‌تر خواهد بود اما با کاشت این گونه با فواصل ۲×۲ متر علاوه بر ترسیب ۶۰/۲۶۵ تن کربن در هکتار، از لحاظ تولید چوب نیز بازده بهتری خواهیم داشت (Fang et al., 2007).

صنوبرهای بررسی شده در محدوده قطری کمتر از ۳۰ سانتی‌متر قرار می‌گیرند که به اصطلاح آنها را گرده‌های کم‌قطر می‌نامند (Howard, 2001; Willits and Ross, 2004). به‌طور کلی درجه‌بندی و گروه‌بندی اقتصادی به ترتیب عبارت است از: درجه ۱ با قطرهای ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر، درجه ۲ با قطر ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر، درجه ۳ با قطر ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر و درجه ۴ با قطر ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر؛ بسته به کشور مصرف‌کننده در صورت پیشرفته بودن صنعت قطر ۳ تا ۱۰ سانتی‌متر نیز گروه اقتصادی با درجه ۵ محسوب می‌شود که نیاز به فناوری پیشرفته با سرعت و بازدهی زیاد دارد. (بیات کشکولی و همکاران، ۱۳۸۷). بنابراین تقسیم درختان در فاصله کاشت ۰/۵×۰/۵ که با توجه به جدول ۶ در طبقه قطری آخر قرار می‌گیرند، با توجه به مناسب نبودن وضعیت

بیات کشکولی، علی، مهدی فایزی پور، مجید عزیزی و حیدرقلی زاده، ۱۳۸۷. روند آینده شاخص بهای چوب و محصولات چوبی در ایران، پژوهش و سازندگی، ۲۰-۲۷: ۸۱.

پارساپور، محمد کاظم، هرمز سهرابی، علی سلطانی و یعقوب ایرانمنش، ۱۳۹۲. روابط آلومتریک به منظور برآورد زیتوده چهار گونه صنوبر در استان چهارمحال و بختیاری، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱ (۳): ۵۱۷-۵۲۸.

دانشور، حیدرعلی و علیرضا مدیررحمتی، ۱۳۸۸. مقایسه طول، قطر و حجم کلن‌های مختلف صنوبر در استان اصفهان، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۶ (۱): ۴۹-۶۰.

سهرابی، هرمز و انوشیروان شیروانی، ۱۳۹۱. معادلات آلومتریک برای برآورد بیوماس روی زمین بنه (*Pistacia atlantica*) در پارک ملی خجیر، مجله جنگل ایران، ۴ (۱): ۵۵-۶۴.

طالبی، محمود، علیرضا مدیررحمتی، حسن جهانبازی گوجانی و فرشاد حقیقیان، ۱۳۸۷. بررسی نهایی سازگاری کلن‌های مختلف صنوبر برای معرفی بهترین آن‌ها به بخش اجرایی، گزارش نهایی تحقیق، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، ۴۳ ص.

مروی مهاجر، محمدرضا، ۱۳۸۵. جنگلشناسی و پرورش جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۳۸۷ ص.

سعید، ارسطو، ۱۳۶۶. استفاده از خاک اره در صنایع مختلف، در: مجموعه مقالات اولین سمینار جنگل و صنعت، ۵-۷ آبان، تهران، ۱۳۳-۱۳۸.

مصدق، احمد، ۱۳۷۸. جنگلکاری و نهالستان‌های جنگلی، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۵۴۶ ص.

همتی، احمد و علیرضا مدیررحمتی، ۱۳۸۴. اثر فاصله کاشت بر تولید در هکتار ارقام مختلف صنوبر *Populus nigra*، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۳ (۳): ۳۴۳-۳۵۲.

Basuki, T.M., P.E. Van Laake, A.K. Skidmore, and Y.A. Hussin, 2009. Allometric equations for estimation the aboveground biomass in tropical lowland Dipterocarp forests, *Forest Ecology and Management*, 257: 1684-1694.

قرار نمی‌گیرند. برای مصارف چوب‌بری گرده‌بینه‌های با قطر بیش از ۱۲/۵ سانتی‌متر را استفاده می‌کنند. همچنین برای تیرها، قطر ۷/۵ تا ۱۲ سانتی‌متر کاربرد دارد که در این صورت نیز فاصله کاشت ۲×۲ مناسب‌ترین فاصله کاشت محسوب می‌شود.

برای تولید خمیر کاغذ قطرهای کم یعنی ۱۰ سانتی‌متر به بالا به کار می‌روند، اما برش گرده‌بینه‌های کمتر از ۱۵ سانتی‌متر عمومیت ندارد، زیرا نسبت عامل چوب اره شده به حجم گرده بینه اصلی خیلی کم است و هزینه عمل‌آوری گرده‌بینه‌های کم‌قطر خیلی زیاد است. در این صورت کاشت درختان با فواصل کاشت ۰/۵×۰/۵ متر برای برداشت در دوره‌های کوتاه‌مدت در استان، صرفه اقتصادی نخواهد داشت و سنتی غلط محسوب می‌شود که طول دوره برداشت را طولانی می‌کند و بازده تولید را کاهش می‌دهد. در این صورت در کوتاه‌مدت، مناسب‌ترین مورد مصرف این گونه در فواصل کاشت سنتی به دلیل تراکم زیاد و ارتفاع مناسب ایجاد بادشکن اطراف شهرها و مزارع خواهد بود. در مواردی نیز صرفاً هدف از کاشت این گونه تندرشد، تلطیف هوا یا تولید بیوماس است که در این صورت نیز فاصله کاشت مورد نظر توجیه‌پذیر است (سعید، ۱۳۶۶).

منابع

بختیاروند بختیاری، سیاوش و هرمز سهرابی، ۱۳۹۰. معادلات آلومتریک به منظور برآورد اندوخته رو و زیر زمین چهار گونه درختی پهن‌برگ و سوزنی‌برگ، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۰ (۳): ۴۸۱-۴۹۲.

بردبار، کاظم و مرتضی مرتضوی جهرمی، ۱۳۸۵. بررسی پتانسیل ذخیره کربن در جنگل‌کاری‌های اکالیپتوس و آکاسیا در مناطق غربی استان فارس، پژوهش و سازندگی، ۷۰ (۱): ۹۵-۱۰۳.

بیات کشکولی، علی و محمدرضا شریف‌پور، ۱۳۹۳. درجه‌بندی بصری گرده‌های کم‌قطر صنوبر برای مصارف چوب‌بری، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۷ (۴): ۶۸۹-۷۰۶.

- Cole, T.G., and J. Ewel, 2006. Allometric equations for four valuable tropical tree species, *Forest Ecology and Management*, 229: 351-360.
- Dewyer, J.M., R.J. Fensham, R.J. Fairfax, and Y.M. Buckley, 2010. Neighborhood effects influence drought-induced mortality of savanna trees in Australia, *Journal of Vegetation Science*, 21(3): 573-585.
- Fortier, J., D. Gagnon, B. Truax, and F. Lambert, 2010. Biomass and volume yield after 6 years in multiclinal hybrid poplar riparian buffer strips, *Biomass and Bioenergy*, 34: 1028-1040.
- Fang, S., X. Xu, S.H. Lu, And 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: 415-425.
- Fang, S., J. Xue, and L. Tang, 2007. Biomass production and carbon sequestration potential in poplar plantations with different management patterns, *Journal of Environmental Management*, 85(3): 672-679.
- Howard, J, 2001. Stemberg production, trade, consumption and price statistics 1965-1999. Pap.FPL-RP-595, Department of Agriculture, Forest Service, Forest Product Laboratory, Madison, WI. U.S.
- Hu, Y.L., D.H. Zeng, Z.P. Fan, G.S. Chen, Q. Zhao, and D. Pepper, 2008. Changes in ecosystem carbon stocks following grassland afforestation of semiarid sandy soil in t southeastern Keerqin Sandy Lands, China, *Journal of Arid Environments*, (72) 2193-2200.
- Largerion, L., and C. Ento, 2003. Prediction suffix trees for supervised classification of sequences, *Pattern Recognition Letters*, 24:3153-3164.
- Pandey, F., and D. Narayan, 2002. Global climate change and carbon management in multifunctional forests, *Current Science*, 83(5): 593-602.
- Pretzsch, H., 2005. An introduction to the functional diversity of temperate forest trees, *Forest Diversity and Function*, 34: 13-64.
- Snowdon, P., J. Raison, H. Keith, P. Ritson, P. Grierson, M. Adams, K. Montagu, H. Bi, W. Burrows, and D. Eamus, 2002. Protocol for sampling tree and stand biomass, Australian Greenhouse Office Publication, 67 pp.
- Willits, S., and, R. Ross, 2004. Veneer recovery from small diameter stands in south western Oregon, USDA forest service, *Pacific Northwest Research Station and Forest Products Laboratory*, WI, 39:172-185.
- Zianis, D., P. Muukkonen, R. Makipaa, and M. Mencuccini, 2005. Biomass and Stem Volume Equations for Tree Species in Europe, *Silva Fennica*, Monographs4, 63 pp.

Comparison of product, biomass and kinds of wood consumption of white poplar (*Populus alba* L.) in four plant spacing

A. Heidari Safari Koochi^{1*}, T. Rostami Shahraji², Y. Iranmanesh³, and F. Moradianfard¹

¹M.Sc. of Silviculture and Forest Ecology, University of Guilan, I. R. Iran

²Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Guilan, I. R. Iran

³ Assistant Prof., Research Division of Natural Resources, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, Iran

(Received: 26 August 2015; Accepted: 17 January 2016)

Abstract

Nowadays, wood farming with fast-growing species such as poplar species is inevitable. This study was performed to investigate the effect of different spacing on the production, biomass and the type of wood using of *Populus alba* in 10-year-old poplar plantations in fast-growing poplar research center of Boldaji city and Korran village of Farsan city, Chahar Mahal and Bakhtiari province. For this purpose, four one-hectare plantations with these species with four different plant spacing (0.5×0.5 , 1×1 , 2×2 and 4×4 m) were selected. Diameter and height of trees were measured and 10 trees in each region and totally 40 trees were selected. These trees were then felled down, cut and weighed in field by separating into trunks, branches, sub-branches and leaves. Several samples from different parts of felled trees were also obtained and transferred to the lab. After drying in 80 degrees centigrade, samples were weighed with digital scale with 0.001g accuracy and dry weight of each part was calculated by using proportionality. The results showed that 0.5×0.5 m spacing had the most production with 735.88 tons per hectare and 475.65 tons per hectare and 2×2 m spacing is the suitable plant spacing for this species with 241.126 and 162.521 tons per hectare production and biomass, respectively.

Keywords: Biomass, Chahar Mahal and Bakhtiari, Dry weight, Planting density, Short rotation.