

تأثیر سن درختان صنوبر دلتوئیدس بر خواص بیومتری، فیزیکی و شیمیایی چوب آن (مطالعه موردی در استان گلستان)

بهزاد کُرد^۱، بهروز کُرد^۲

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی تأثیر سن درختان صنوبر دلتوئیدس بر خواص بیومتری، فیزیکی و شیمیایی چوب آن انجام پذیرفت. برای این منظور تعداد ۳ اصله درخت سالم صنوبر در سنین مختلف ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ سال بطور تصادفی از جنگل آموزشی - پژوهشی (دکتر بهرام نیا) واقع در شصت کلاته گرگان قطع شد. ویژگی‌های آناتومیک، فیزیکی و شیمیایی در هریک از درختان اندازه‌گیری شدند. سپس داده‌های حاصل مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که تأثیر سنین مختلف درختان صنوبر دلتوئیدس بر ابعاد الیاف (طول الیاف، قطر الیاف و ضخامت دیواره سلولی)، خواص فیزیکی (دانسیته خشک، دانسیته بحرانی و همکشیدگی حجمی) و ترکیبات شیمیایی (سلولز، لیگنین، مواد استخراجی محلول در الکل - استن، مواد قابل حل در آبگرم، مواد قابل حل در سود سوزآور یک درصد و خاکستر) چوب آن در سطح اعتماد ۹۵٪ اختلاف معنی‌دار است. همچنین نتایج نشان داد که از دیدگاه چوب‌شناسی، پس از سن ۱۲ سالگی تفاوت معنی‌داری در ویژگی‌های آناتومیک، فیزیکی و شیمیایی درختان صنوبر دلتوئیدس وجود ندارد، زیرا در این محدوده سنی دوره جوان چوبی این درختان به اتمام رسیده است. در مجموع می‌توان گفت که مناسب‌ترین سن بهره‌برداری درختان صنوبر دلتوئیدس (کلن ۷۷/۵۱) در منطقه شصت کلاته استان گلستان، ۱۲ سالگی است.

واژه‌های کلیدی: صنوبر دلتوئیدس، ابعاد الیاف، خواص فیزیکی، ترکیبات شیمیایی، استان گلستان

1- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس. Email: Behzad_k8498@ yahoo.com

2- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر

مقدمه

باید اذعان کرد که توسعه جنگل‌ها به منظور تولید چوب و حتی ایجاد پارک‌های جنگلی و تفرجگاه‌های دست کاشت، هزینه‌های سنگینی در بر دارد. پس چه بهتر است که موجباتی فراهم آید تا بخش خصوصی واجد صلاحیت با حمایت‌های اعتباری، فنی و ترویجی دولت، بر حسب مورد به کاشت گونه‌های سریع‌الرشد سوزنی برگ، اکالیپتوس، صنوبر، بید و پالونیا اقدام نمایند و خود از نتایج آن بهره‌مند شود و همسو با آن بخشی از نیازهای چوبی کشور که به علت تولید ناکافی جنگل‌های طبیعی به اشکال گوناگون از خارج کشور تأمین می‌شود، پاسخ داده شود. از طرف دیگر با توجه به افزایش مصرف محصولات به دست آمده از چوب، دورنمای رو به کاهش صدور پروانه قطع سالیانه و تلاش برای حفاظت از جنگل‌ها موجب شده است که توجه مراکز تحقیقاتی، ادارات منابع طبیعی و کارخانجات صنایع چوب و کاغذ برای تأمین مواد اولیه مورد نیاز، به سوی کاشت گونه‌های سریع‌الرشد و سازگار که در کوتاه مدت قابل بهره‌برداری هستند جلب شود [5]. از بین این منابع صنوبرها با توجه به سریع‌الرشد بودن و سازگاری مناسب و پراکنش گسترده به عنوان یک ماده خام ارزشمند از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. لذا لازم است همزمان با کشت و جنگل‌کاری صنوبر به صورت وسیع و گسترده به عنوان یکی از منابع لیگنوسلولزی سریع‌الرشد، مطالعه‌ای در زمینه شناخت زمان بهره‌برداری گونه‌های صنوبر جهت استفاده در صنایع مختلف چوب و کاغذ انجام پذیرد.

فخریان و همکاران (1380) بررسی خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و آناتومیک صنوبر دلتوئیدیس کلن 77/51 را در سنین مختلف بهره‌برداری مطالعه نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که بین مقادیر اندازه‌گیری شده در سه سن بهره‌برداری 4، 6 و 12 ساله تقریباً به هم نزدیک بوده و با توجه به این که میزان برداشت چوب درخت با دور بهره‌برداری 4 ساله در هکتار بیشتر است (رحمانی و همی 1377) می‌توان از چوب این درخت به عنوان ماده اولیه لیگنوسلولزی مناسب در تولید انواع خمیر و کاغذ با کیفیت متوسط استفاده کرد [4]. رسولی (1381) نیز برای تهیه خمیر کاغذ CMP¹ از صنوبر اورامریکن، خواص اولیه چوب این گونه را به طور مختصر مورد بررسی قرار داد. وی میانگین رویش سالیانه درختان 8 و 18 ساله گونه اورامریکن رویشگاه صفرا بسته را به ترتیب 8/35 و 13/92 میلی‌متر اندازه‌گیری کرد و مقایسه بین نتایج میزان ترکیبات شیمیایی دو دوره رویش نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین این درختان وجود ندارد و استفاده از چوب صنوبر هشت ساله در مجموع نسبت به صنوبر 18 ساله ارجحیت دارد [3]. لامینگ و همکاران² (1971) گزارش نمودند که چوب جوان گونه‌های صنوبر شامل 8 تا 12 دایره رویش سالیانه بوده و این تعداد ممکن است فقط به دلیل بروز تغییراتی در رویشگاه و گونه کمی تغییر می‌کند. آنها بیان کردند که پس از سپری کردن مرحله جوان چوبی تفاوت معنی‌داری در خواص شیمیایی و کاغذسازی

¹- Chemi-Mechanical Pulp

²- Laming & et al

صنوبر به وجود نمی‌آید [12]. جمی و رلی¹ (1994) تأثیر سن چوب صنوبر را بر ترکیبات شیمیایی چوب و کیفیت خمیر کاغذ حاصل از آن مطالعه نمودند. در این مطالعه از سه پایه درخت صنوبر 17 ساله، 22 ساله و 43 ساله استفاده شد. نتایج حاصل نشان داد که بیشترین درصد شفافیت خمیر از درخت 17 ساله و کمترین درصد شفافیت خمیر از درخت 43 ساله به دست می‌آید. خواص استحکامی کاغذ رابطه منظمی با سن درخت نشان نداد و به نظر می‌رسد که تهیه خمیر کاغذ از صنوبر در سنین کمتر، مناسب‌تر باشد [9]. این تحقیق با هدف تأثیر سن درختان صنوبر دلتوئیدس بر خواص بیومتری، فیزیکی و شیمیایی چوب این گونه، در راستای افزایش سطح تولید، ایجاد ارزش افزوده و مصرف بهینه صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

جهت انجام این تحقیق تعداد 3 اصله درخت صنوبر دلتوئیدس² به طور تصادفی در سنین مختلف 4، 8، 12، 16 و 20 سال (در مجموع 15 اصله) از جنگل آموزشی - پژوهشی دکتر بهرام نیا (جنگل شصت کلاته) واقع در استان گلستان که در ارتفاع و شرایط اکولوژیکی یکسان قرار داشتند (کلن 77/51) انتخاب و قطع شدند. سپس از هر درخت دیسک‌هایی با ضخامت 30 سانتی‌متر از هر پایه و از ارتفاع برابر سینه بریده شد و جهات جغرافیایی بر روی آنها مشخص شد.

1- اندازه‌گیری ابعاد الیاف

برای این منظور، دیسک‌هایی به ضخامت 3 سانتی‌متر از دیسک برابر سینه تهیه شد، جهت اندازه‌گیری ابعاد الیاف از روش فرانکلین [8] استفاده شد. طبق این روش، ابتدا از هر دیسک از مغز به پوست تراشه‌هایی تهیه گردید، سپس تراشه‌ها را در لوله آزمایش قرار داده و مخلوط اسید استیک و آب اکسیژنه به نسبت مساوی (50 به 50) به آنها افزوده شد و به مدت 48 ساعت در داخل اتو و درجه حرارت 60 °C قرار گرفت. پس از این مدت نمونه‌ها از اتو خارج شده و با آب مقطر شستشو کردند، در نهایت طول الیاف، قطر الیاف و ضخامت دیواره سلولی هر فیبر به وسیله میکروسکوپ با 30 تکرار اندازه‌گیری شد.

2- اندازه‌گیری خواص فیزیکی

دیسک‌هایی به ضخامت 3 سانتی‌متر برای اندازه‌گیری دانسیته بحرانی و درصد همکشیدگی تهیه گردید. برای این منظور، در چهار جهت جغرافیایی نمونه‌های آزمون‌ی مکعبی به روش صلیبی و پشت سرهم به ابعاد اسمی 2x2x2 سانتی‌متر براساس استاندارد ISO - 3131 از هر دیسک قطع شدند [1]. جهت تعیین حجم اشباع، نمونه‌های تهیه شده مدت چند روز درون آب قرار گرفتند تا از آب اشباع شوند به طوری که دیگر افزایش وزن پیدا نکنند. سپس ابعاد و حجم هریک از نمونه‌ها توسط کولیس به دقت 0/01 ± میلی‌متر اندازه‌گیری شد. با تعیین حجم کاملاً اشباع، نمونه‌ها در داخل اتو و درجه حرارت 2 ± 103

³ - Jame & Reli

⁴ - Populus deltoides

سانتی‌گراد به مدت 48 ساعت قرار داده شدند تا کاملاً خشک گردند. در پایان نمونه‌ها از اتو خارج شده و جهت خنک شدن به مدت 30 دقیقه درون دسیکاتور قرار گرفتند و با یک ترازوی با دقت 0/01 گرم توزین شدند. با استفاده از روابط زیر دانسیته بحرانی محاسبه گردید.

$$Db = \frac{Mo}{Vh} \times 100$$

D_b = دانسیته بحرانی، M_o = جرم خشک نمونه، V_h = حجم کاملاً اشباع نمونه

$$D_o = \frac{M_o}{V_o} \times 100$$

D_o = دانسیته خشک، M_o = جرم خشک نمونه، V_o = حجم کاملاً خشک نمونه

$$B_v = \frac{Lh - L_o}{Lh} \times 100$$

B_v = میزان همکشیدگی حجمی، L_o = تغییر ابعاد نمونه در حالت خشک، L_h = تغییر ابعاد نمونه در حالت اشباع

3- اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی

جهت اندازه‌گیری درصد ترکیبات شیمیایی، دیسک‌هایی به ضخامت 5 سانتی‌متر تهیه گردید. سپس طبق استاندارد شماره T257 cm-85 آئین نام TAPPI جهت تهیه آرد چوب اقدام شد. بدین ترتیب که ابتدا چوب مورد نیاز با استفاده از رنده به تراشه یا پوشال و سپس این پوشال‌ها توسط آسیاب آزمایشگاهی به آرد چوب تبدیل شدند. آرد چوب تهیه شده با استفاده از دستگاه الک ارتعاشی¹ طبقه‌بندی شد. از آرد چوب باقی‌مانده بر روی الک 80 مش برای تعیین درصد سلولز و لیگنین و از آرد چوب باقی‌مانده روی الک 60 مش برای تعیین درصد مواد استخراجی و خاکستر استفاده شد.

جهت اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی از استانداردهای آیین نام TAPPI استفاده گردید [14]:

1- درصد سلولز: براساس استاندارد شماره T 264 om-88

2- درصد لیگنین: براساس استاندارد شماره T 222 om-88

3- درصد مواد استخراجی محلول در الک - استن: براساس استاندارد شماره T 204 cm-88

4- درصد مواد قابل حل در آب گرم: براساس استاندارد شماره T 207 cm-88

5- درصد مواد قابل حل در سود سوزآور یک درصد: براساس استاندارد شماره T 212 om-88

6- درصد خاکستر: براساس استاندارد شماره T 211 om-85

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری Spss در قالب طرح آنالیز واریانس یکطرفه انجام شد و در نهایت مقایسه و گروه‌بندی میانگین‌ها به کمک آزمون دانکن در سطح اطمینان 95% انجام گرفت.

⁵ - Shaker

نتایج

۱- مشخصات آناتومیک

نتایج آماری حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر سن درختان صنوبر دلتوئیدس بر ابعاد الیاف چوب آن شامل: طول الیاف، قطر الیاف و ضخامت دیواره سلولی در سطح اعتماد 95% معنی دار بوده است (جدول 1). مقادیر و گروه‌بندی میانگین‌های ابعاد الیاف چوب صنوبر دلتوئیدس در جدول 2 ارائه شده است، به طوری که ملاحظه می‌شود تغییرات طول الیاف، قطر الیاف و ضخامت دیواره سلولی با افزایش سن افزایش می‌یابد. همچنین گروه‌بندی میانگین‌ها نشان داد که در سطح اعتماد 95% از سن 12 سالگی به بعد تفاوت معنی‌داری در ابعاد الیاف سنین بالاتر درختان صنوبر دلتوئیدس وجود ندارد.

۲- خواص فیزیکی

نتایج آماری حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر سن درختان صنوبر دلتوئیدس بر خواص فیزیکی چوب آن شامل: دانسیته خشک، دانسیته بحرانی و همکشیدگی حجمی در سطح اعتماد 95% معنی دار بوده است (جدول 1). مقادیر و گروه‌بندی میانگین‌های خواص فیزیکی چوب صنوبر دلتوئیدس در جدول 2 ارائه شده است، به طوری که ملاحظه می‌شود تغییرات دانسیته خشک، دانسیته بحرانی و همکشیدگی حجمی با افزایش سن بهره‌برداری افزایش می‌یابد. همچنین گروه‌بندی میانگین‌ها نشان داد که در سطح اعتماد 95% از سن 12 سالگی به بعد تفاوت معنی‌داری در خواص فیزیکی سنین بالاتر درختان صنوبر دلتوئیدس وجود ندارد.

۳- ترکیبات شیمیایی

نتایج آماری حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر سن درختان صنوبر دلتوئیدس بر ترکیبات شیمیایی چوب آن شامل: سلولز، لیگنین، مواد استخراجی محلول در الکل - استن، مواد قابل حل در آب-گرم، مواد قابل حل در سود سوزآور یک درصد و خاکستر در سطح اعتماد 95% معنی دار بوده است (جدول 1). مقادیر و گروه‌بندی میانگین‌های ترکیبات شیمیایی چوب صنوبر دلتوئیدس در جدول 2 ارائه شده است، به طوری که ملاحظه می‌شود تغییرات سلولز، لیگنین، مواد استخراجی محلول در الکل - استن، مواد قابل حل در آب گرم، مواد قابل حل در سود سوزآور و خاکستر با افزایش سن افزایش می‌یابد. همچنین گروه‌بندی میانگین‌ها نشان داد که در سطح اعتماد 95% از سن 12 سالگی به بعد تفاوت معنی‌داری در ترکیبات شیمیایی سنین بالاتر درختان صنوبر دلتوئیدس وجود ندارد.

جدول 1- نتایج تجزیه و تحلیل آماری تأثیر سن بر خواص چوب صنوبر دلتوئیدس

مشخصات کمی	مقدار F	سطح معنی داری (P Value)	ضریب تغییرات (CV%)
طول الیاف (mm)	68/15*	0/001	3/7
قطر الیاف (μm)	26/05*	0/005	5/25
ضخامت دیواره سلولی (μm)	35/43*	0/032	4/33
دانسیتة خشک (gr/cm^3)	23/83*	0/019	7/81
دانسیتة بحرانی (gr/cm^3)	10/30*	0/028	8/43
همکشیدگی حجمی (%)	49/16*	0/006	11/6
سلولز (%)	6/48*	0/001	24/17
لیگنین (%)	5/53*	0/005	17/38
مواد استخراجی محلول در الکل - استن (%)	17/87*	0/028	4/19
مواد قابل حل در آب گرم (%)	64/20*	0/006	7/22
مواد قابل حل در سود یک درصد (%)	12/31*	0/001	15/04
خاکستر (%)	49/78*	0/005	2/52

* - معنی دار در سطح 5 درصد

جدول 2 - مقادیر و گروه بندی میانگین های خواص چوب صنوبر دلتوئیدس در سنین مختلف

مشخصات کمی	4 سال	8 سال	12 سال	16 سال	20 سال
طول الیاف (mm)	0/96 A	1/08 B	1/12 BC	1/16 C	1/23 C
قطر الیاف (μm)	23/89 A	25/17 B	27/50 C	28/14 C	28/67 C
ضخامت دیواره سلولی (μm)	4/75 A	5/81 B	6/13 BC	6/4 C	6/73 C
دانسیتة خشک (gr/cm^3)	0/39 A	0/40 A	0/41 AB	0/41 B	0/43 B
دانسیتة بحرانی (gr/cm^3)	0/35 A	0/36 A	0/36 AB	0/37 B	0/38 B
همکشیدگی حجمی (%)	8/23 A	9/42 B	10/56 BC	11/78 C	12/04 C
سلولز (%)	51 A	51/83 AB	52/5 AB	52/67 B	53 B
لیگنین (%)	22 A	22/33 AB	22/67 AB	23/17 B	23/5 B
مواد استخراجی محلول در الکل - استن (%)	2/67 A	2/83 AB	3 B	3/17 B	3/33 B
مواد قابل حل در آب گرم (%)	2/17 A	3 B	3/33 BC	3/83 C	4 C
مواد قابل حل در سود یک درصد (%)	20/17 A	20/67 B	21/33 BC	21/83 C	22 C
خاکستر (%)	0/73 A	0/97 A	1/17 AB	1/33 B	1/67 B

در هر سطر میانگین هایی که حداقل یک حرف مشابه داشته باشند اختلاف معنی دار ندارند (سطح احتمال 5 درصد)

بحث و نتیجه گیری

در این بررسی شناخت ویژگی‌های آناتومیکی، فیزیکی و شیمیایی چوب گونه صنوبر دلتوئیدس در سنین مختلف این درختان مورد بررسی قرار گرفت، که نتایج ذیل حاصل گردید:

1- ابعاد الیاف چوب صنوبر دلتوئیدس (طول الیاف، قطر الیاف و ضخامت دیواره سلولی) با افزایش سن، افزایش می‌یابد. زیرا چنین استنباط می‌شود که رشد پستکامبیومی الیاف در سنین پایین کمتر بوده و به تدریج در اثر فعالیت حلقه زاینده (کامبیوم) تقسیمات سلولی به همراه بالغ شدن و طویل شدن سلول‌های اولیه دوکی شکل، شدت می‌یابد [2 و 16].

2- خواص فیزیکی چوب صنوبر دلتوئیدس (دانسیته خشک، دانسیته بحرانی و همکشیدگی حجمی) با افزایش سن، افزایش می‌یابد. با توجه به این که تغییرات ویژگی‌های فیزیکی در گونه‌های چوبی با ضخامت دیواره سلول و درصد آن، تعداد آوندها، فیبرها و اشعه‌های چوبی ارتباط نزدیکی دارد، به نحوی که زیاد شدن فیبرها و اشعه‌های چوبی، ضخیم بودن دیواره‌های سلولی و نیز کم شدن تعداد آوندها به افزایش دانسیته و درصد همکشیدگی منجر می‌گردد. همچنین لازم به توضیح است که تغییرات ویژگی‌های فیزیکی در برخی از گونه‌های چوبی تحت تأثیر پهنای دوایر رویشی و نسبت چوب بهاره و تابستانه نیز قرار می‌گیرد، به طوری که افزایش پهنای دوایر رویشی دانسیته چوب پهن‌برگان بخش روزنه‌ای را افزایش و دانسیته چوب سوزنی‌برگان را کاهش می‌دهد [10، 13، 15 و 16]. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که به دلیل افزایش ضخامت دیواره سلولی و متراکم شدن بافت چوب در اثر افزایش سن بهره‌برداری، دانسیته خشک، دانسیته بحرانی و همکشیدگی حجمی افزایش می‌یابد.

3- ترکیبات شیمیایی چوب صنوبر دلتوئیدس (سلولز، لیگنین، مواد استخراجی محلول در الکل - استن، مواد قابل حل در آب گرم، مواد قابل حل در سود سوزآور یک درصد و خاکستر) با افزایش سن، افزایش می‌یابد. زیرا با افزایش سن درخت، مقدار درصد چوب بالغ، تشکیل درون چوب در اثر عمل چوب درونی شدن و تجمع ترکیبات معدنی بیشتری افزایش می‌یابد که به ترتیب موجب افزایش سلولز و لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر درخت می‌گردند [6، 7 و 11].

4- نتایج نشان داد که از دیدگاه چوب‌شناسی، پس از سن 12 سالگی تفاوت معنی‌داری در ویژگی‌های آناتومیک، فیزیکی و شیمیایی درختان صنوبر دلتوئیدس وجود ندارد. به عبارت دیگر می‌توان گفت که در این محدوده سنی دوره جوان‌چوبی این درختان به اتمام رسیده است. لامینگ (1971) نیز در مطالعه‌ای روی چوب گونه‌های صنوبر به نتایج مشابهی دست یافت [12]. در مجموع می‌توان گفت که مناسب‌ترین سن بهره‌برداری درختان صنوبر دلتوئیدس کلن 77/51 برای تهیه خمیر کاغذ و کاغذسازی در منطقه شصت کلاته استان گلستان، سن 12 سالگی است.

منابع

- 1- پارساپژوه، د.، 1373. تکنولوژی چوب. چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه تهران، 325 صفحه.
- 2- حسینی، س، ض.، 1379. مرفولوژی الیاف در چوب و خمیر کاغذ. انتشارات دانشگاه گرگان. 178 صفحه.
- 3- رسولی، اسماعیلی. 1381. بررسی امکان استفاده از چوب صنوبر به جای چوب راش در ترکیب با چوب ممرز برای تولید خمیر شیمیایی، مکانیکی جهت ساخت کاغذ روزنامه. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، 102 صفحه.
- 4- فخریان، ع، حسین زاده، ع.، گلبابایی، ف.، 1380. خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و آناتومیکی صنوبر دلتوئیدیس کلن 77/51. نشریه تحقیقات چوب و کاغذ ایران، شماره 15. انتشارات موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع. 45-31 صفحه.
- 5-About poplar and fast growing research division, www.rifr_ac.org.
- 6-Casey, P.J. 1980. Chemistry And Chemical Technology. Volume 3, Third Edition, 290pp.
- 7-Fengel, D .And G, Wegner. 1989. Wood Chemistry Ultrastructure Reaction. University of Munich, Institute for wood research, Germany, 486pp.
- 8-Franklin, C. L. 1964. A rapid method of softening wood for microime sectioning, Batone rouge, 134pp.
- 9-Jame,H. And Reli,C.1994. Chemical composition of poplar wood as related to tree age and position in tree, 18th Meeting of The American Chemical Society, Washington, 34-39pp.
- 10-Kollman,F.F.P. And W.A,Cote.1968. Principles of wood science and technology, Volume 1. Solid wood, Springer-Verlag, New York, 728pp.
- 11-Kouch, P. 1972. Utilization of SouthernPines, Volume1, US Departement of Agriculture Forest Service, 312pp.
- 12-Laming, P.B., Welle, B.J. And Griffien,J. 1971. Some remarks on the assurance of juvenile wood in Poplar trees, International Poplar Commite 14th session, Romania, 109-115pp.
- 13-Panshin,A.J. And C,Dezeeuw.1980. Text book of wood technology, 4th edition, Mc Graw Hill, New York, 208pp.
- 14-Tappi Test Method, 1999. Technical Association of pulp & paper industry, 135pp.
- 15-Tsoumis,G.1991. Science and technology of wood. Van Nostrand Reinhold, New York, 196pp.
- 16-Zobel,B.J. And Buijtenen,P.1989. Wood variation, Its causes and control, Spring-Verlag, 453pp.