

بررسی همبستگی ابعاد الیاف و جرم مخصوص با میزان  
رویش قطری و سن در چوب اکالیپتوس *E.camaldulensis* Dehnh.

سعید مهدوی<sup>۱</sup>، عبدالرحمن حسین زاده<sup>۱</sup>، مسعود رضا حبیبی<sup>۱</sup> و حسین فامیلیان<sup>۱</sup>

چکیده:

سه درخت ۱۷ ساله اکالیپتوس *camaldulensis* از ایستگاه تحقیقات پاسند واقع در نزدیکی بهشهر قطع شد. برای اندازه گیری ابعاد فیبر، میزان رویش قطری سالیانه، جرم مخصوص و ترکیب شیمیایی، از ارتفاع برابر سینه این درختان دیسکهای چوبی تهیه شد. اندازه گیری سه ویژگی اول، برای هر دو دایره سالیانه و از مغز درخت به طرف پوست انجام شد و همبستگی آنها با هم و نیز سن درخت مورد بررسی قرار گرفت. میانگین ابعاد فیبر درختان شامل طول و قطر فیبر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی به ترتیب ۷۵۸، ۱۵/۹۳، ۸/۶۳ و ۳/۶۵ میکرو متر محاسبه شد. میانگین جرم مخصوص خشک و بحرانی نیز به ترتیب ۰/۷۰۸ و ۰/۵۵۲ گرم بر سانتیمتر مکعب بدست آمد. میزان متوسط رویش قطری سالیانه درختان با فاصله کاشت ۵\*۵، ۱۱/۱ میلیمتر با تولید چوب خشک ۱۲/۳۸ متر مکعب در هکتار در سال تعیین شد. میانگین ترکیب شیمیایی شامل سلولز، لیگنین، خاکستر و مواد استخراجی محلول در استن به ترتیب ۴۷/۴۴، ۳۰/۸۷، ۰/۲۶ و ۶/۹۶ درصد محاسبه شدند.

نتایج این بررسی نشان داد که این گونه در میان پهن برگان از الیاف کوتاه تری برخوردار است و پراکنش طولی آنها کم است. ابعاد فیبر و جرم مخصوص چوب با افزایش سن درختان (از مغز به طرف پوست) از روند افزایشی با شیب ملایم برخوردار است. تغییرات ضخامت دیواره سلولی با جرم مخصوص چوب دارای همبستگی زیاد می باشد، در حالی که بین میزان رشد قطری و سایر خواص چوب (مثل جرم مخصوص و ابعاد فیبر) همبستگی معنی داری وجود ندارد.

در میان خصوصیات مختلف بررسی شده چوب اکالیپتوس *camaldulensis*، ضخامت دیواره سلولی و نیز طول فیبر بیشترین تغییرات را در میان درختان و نیز دوایر رویش سالیانه آنها داشتند.

واژه های کلیدی: اکالیپتوس *camaldulensis*، دایره رویش، ابعاد فیبر، جرم مخصوص، ترکیب شیمیایی

## مقدمه

کمبود روزافزون منابع لینی دنیا، لزوم کاشت درختان سریع‌الرشد پهن‌برگ را توسعه بخشیده است. جهت‌گیری جنگلداری نوین باید به سمت تولید چوب از درختان سریع‌الرشد با دوره‌های بهره‌برداری کوتاه سوق یابد.

زوبل<sup>۱</sup> (۱۹۸۱) در مورد افزایش محرز سهم کاشت درختان سریع‌الرشد پهن‌برگ و سوزنی‌برگ در ۲۵ سال آینده خیر داده است. بنابراین صنایع سلولزی باید نحوه استفاده از چوب این گونه‌ها را بیاموزند. از میان درختان سریع‌الرشد که می‌تواند نقش سازنده‌ای در ایجاد فضای سبز، حفاظت خاک، هوا و تولید قابل توجه چوب داشته باشد، اکالیپتوسها هستند. این درخت که قسمت بیشتر جنگلهای طبیعی استرالیا را تشکیل می‌دهد و بیش از ۷۰۰ گونه آن تا کنون شناخته شده است، در دهه اخیر مورد توجه زیاد قرار گرفته است (۹). گونه *camaldulensis* از جمله گونه‌های سریع‌الرشدی است که در شرایط مختلف اکولوژیکی ایران (شمال و جنوب کشور) رشد و سازگاری خوبی داشته است (۴). مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع با هدف دستیابی و معرفی گونه‌های مناسب اکالیپتوس، طرحهای تحقیقاتی مختلفی را در کشور به انجام رسانیده است و گونه *camaldulensis* به عنوان یکی از گونه‌های مناسب، توسعه یافته است.

تشکیل چوب پدیده‌ای فیزیولوژیک است و تغییر شرایط محیطی که درخت در آن رشد می‌کند، فیزیولوژی درخت را تحت تأثیر قرار می‌دهد و بنابر این ممکن است بر الگوی رشد و خواص چوب اثر بگذارد. سرعت رشد درخت معمولاً بر روی ابعاد عناصر سلولی (فیبر، آوند، اشعه چوبی، پارانشیم و ...)، جرم مخصوص و درصد رطوبت چوب تأثیر گذار است (۳۰). بهات<sup>۲</sup> (۱۹۹۰) سه مؤلفه کیفی مهم برای تولید خمیرکاغذ از چوب اکالیپتوس را شامل جرم مخصوص، درصد درون‌چوب و طول الیاف می‌داند. زوبل (۱۹۸۱) بسیاری از خواص جوان چوب شامل جرم مخصوص متوسط با تواتر کم، الیاف با دیواره سلولی نازک و مواد فنلی کمتر را برای تولید خمیرکاغذ نسبت به کامل چوب، ارجح تر می‌داند.

## الف - جرم مخصوص

زوبل (۱۹۷۳) تغییرات زیاد جرم مخصوص را در درختان سریع‌الرشد گزارش کرده است. وی ضمن اشاره به تأثیر محیط بر سرعت رشد درخت و جرم مخصوص آن، تولید چوب کاج با جرم مخصوص کم در محیط مناسب را به دلیل ایجاد حلقه‌های کاذب رویش مثال می‌زند.

جرم مخصوص چوب معیاری برای خصوصیات مقاومتی آن می‌باشد. برای حداکثر مقاومت فشاری چوب، جرم مخصوص زیاد مطلوب است. ویلسون<sup>۳</sup> (۱۹۶۴) مهمترین عامل تأثیرگذار بر مقاومت کششی چوب را جرم مخصوص می‌داند. جرم مخصوص چوب همبستگی چندانی با الاستیسیته و مقاومت به ضربه ندارد. جرم مخصوص زیاد چوب با دیواره سلولی ضخیم و درصد فیبر بیشتر توافق دارد. در غیاب سایر اطلاعات در باره خصوصیات چوب یک گونه مشخص، جرم مخصوص چوب در مورد راهنمایی برای کاربرد آن مطرح است. بان<sup>۱</sup> (۱۹۸۱) معتقد است که

---

1- Zobel  
2- Bhat  
3- Wilson  
1- Bunn

جرم مخصوص بحرانی چوب به عنوان مهمترین خصوصیت ذاتی آن می باشد، به ویژه وقتی که موضوع بهره برداری کوتاه مدت چوب مطرح است. بنابراین به وسیله جرم مخصوص چوب می توان مقدار و کاربرد آن را تعیین نمود که بر اهمیت سایر خواص چوب سایه می افکند.

افزایش یکنواخت جرم مخصوص به عنوان مشخصه ای ارزشمند از نظر خواص چوب مطرح است، زیرا موجب کنترل بهتر و نیز افزایش کارایی فرآیند در مراحل تولید خواهد شد. تغییرات جرم مخصوص در دو جهت طولی و عرضی تنه درخت بروز می کند. الگوی این تغییرات جرم مخصوص در سوزنی برگان و پهن برگان متفاوت است. در سوزنی برگان در یک ارتفاع مشخص تنه درخت، جرم مخصوص چوب از مغز به طرف پوست افزایش می یابد تا این که به حد ثابتی می رسد، ولی در پهن برگان این روند مشخص نیست. در اکالیپتوس دگلوپتا<sup>۲</sup> تغییرات جرم مخصوص در یک درخت از ۰/۳۵ تا ۰/۷۵ گرم بر سانتیمتر مکعب نوسان دارد. جرم مخصوص اکالیپتوس گراندیس در میان درختان و نیز یک درخت از این گونه تغییرات زیادی دارد. جرم مخصوص در درختان بالغ آن از مغز به طرف پوست به سرعت افزایش می یابد. لیکن در درختان جوان شیب این افزایش کمتر است. تغییرات زیاد جرم مخصوص در منطقه چوب آغاز و پایان این درخت امری متداول است. دامنه جرم مخصوص هواخشک این گونه از ۰/۳۴ تا ۰/۶۹ گرم بر سانتیمتر مکعب گزارش شده است. از این خصوصیت با توجه به همبستگی آن با خصوصیات خمیر و کاغذ می توان برای انتخاب گونه های مورد نظر اکالیپتوس استفاده کرد (۲۲).

جهان لتیاری و همکاران (۱۳۶۷) جرم مخصوص برون چوب، درون چوب و نزدیک مغز چوب اکالیپتوس *camaldulensis* را در استان فارس به ترتیب ۰/۵۳۸، ۰/۵۵۰ و ۰/۵۳۱ گرم بر سانتیمتر مکعب گزارش کرده اند. سپیده دم و همکاران (۱۳۷۶) نیز مقادیر میانگین جرم مخصوص خشک و بحرانی چوب این گونه را در شمال (زاغمرز) به ترتیب ۰/۷۲۲ و ۰/۵۸۲ گرم بر سانتیمتر مکعب و در جنوب (فارس) به ترتیب ۰/۷۸۰ و ۰/۶۹۷ گرم بر سانتیمتر مکعب، گزارش کرده اند. زیاد بودن جرم مخصوص در رویشگاه جنوب به دلیل ضخامت بیشتر دیواره سلولی گونه مزبور در این رویشگاه ذکر شده است.

تغییرات جرم ویژه نسبی با تغییر سن درختان نیز مورد مطالعه قرار گرفته است. جوان چوب دارای جرم ویژه نسبی کمتری نسبت به کامل چوب می باشد. در سوزنی برگان سریع الرشد، سهم بیشتر چوب بهاره که جرم ویژه نسبی کمتری دارد نسبت به سوزنی برگان با رشد کمتر، محسوس است. در پهن برگان بخش روزنه ای عکس این موضوع صادق است. لیکن در پهن برگان پراکنده آوند نظیر اکالیپتوسها چنین الگویی وجود ندارد (۲۷،۳۰).

در پهن برگان، جرم ویژه نسبی<sup>۳</sup> چوب با کاهش عرض جغرافیایی افزایش می یابد. هرچند همبستگی درجه حرارت سالیانه با جرم ویژه نسبی بیشتر است. علاوه بر این، جرم ویژه نسبی چوب با افزایش میزان بارندگی سالیانه به ویژه در مناطق حاره ای، افزایش می یابد. تغییرات جرم ویژه نسبی در میان گونه های یک رویشگاه بیشتر از تغییرات ایجاد شده در اثر نوسانهای درجه حرارت سالیانه است. محدوده جرم ویژه نسبی و انحراف از معیار آن افزایش زیادی را از مناطق معتدله به مناطق حاره ای نشان می دهد (۲۸).

---

2- *E.deglupta*

3- Specific gravity

## ب- ابعاد سلولها

اندازه و ابعاد سلولهای چوبی تأثیر به سزایی بر کیفیت فرآورده سلولزی و نوع استفاده از چوب دارند (کلارک<sup>۱</sup> ۱۹۶۲). گاهی اوقات طول سلولهای چوبی تأثیر مشخصی بر خواص چوب ماسیو، خمیر و کاغذ دارند. باور عمومی در مورد بروز کاستی هایی در خصوصیات کاغذ به سلولهای کوتاه نسبت داده می شود. در صورتی که ضخامت دیواره سلولی اغلب مشکل ساز است. طول سلولها در یک درخت و میان درختان یک گونه متفاوت است. لیکن به صورت ژنتیکی قویاً کنترل می شود. این ویژگی با تغییر الگوی رشد در جنگلداری نیز قابل تغییر است. الیاف پهن برگان کوتاه می باشد و اغلب برای ساخت کاغذ هایی با مقاومت به پاره شدن رضایت بخش، لازم است ۱۵ تا ۲۰ درصد الیاف بلند (تراکئید) به آنها افزوده شود.

هیگینز و پوری<sup>۲</sup> (۱۹۷۶) اظهار کرده اند که پیشرفت در فناوری تولید کاغذ موجب غلبه یافتن بر برخی محدودیتهای ایجاد شده مربوط به طول سلولها شده است. به عنوان مثال برای ساخت کاغذ های خوب که در قبل فقط از چوبهای سوزنی برگ با الیاف بلند استفاده می شد، امروزه برخی از گونه های اکالیپتوس نیز استفاده می شود. این فناوری موجب استفاده بهتر از پهن برگان با الیاف کوتاه و نیز افزایش سهم استفاده از آنها در کارخانه های تولیدکننده خمیرکاغذ شده است.

طول سلولها در کیفیت فرآورده های تهیه شده از چوب ماسیو نیز نقش عمده ای دارد. سلولهای طویل با فیبرلهایی که زاویه کمی دارند موجب مقاومت و ثبات بیشتر تخته های تهیه شده می شوند.

خصوصیات بافت چوبی و ابعاد سلول به ویژه در پهن برگان متفاوت و با اهمیت است. به عنوان مثال مگلین و کویرک<sup>۳</sup> (۱۹۸۴) طی تحقیقی که در باره چوب بلوط سفید و قرمز انجام دادند، دریافتند که نسبت وزنی فیبرها برای درختان سریع الرشد ۷۴٪ و کند رشد ۳۸٪ می باشد، در حالی که نسبت سلولهای اشعه چوبی به ترتیب ۲۴٪ و ۵۴٪ است.

قطر سلولها نیز می تواند اثر قابل توجهی بر کیفیت فرآورده های سلولزی بگذارد. در پهن برگان، قطر سلول به دلیل وجود عناصر آوندی نقش مهمی در خواص کیفی چوب ایفا می کند. اغلب عناصر آوندی در کاغذ دارای قطری برابر طول خود هستند و موقعی که تعداد آنها زیاد باشد اثر زیادی بر خواص آن دارند. از جمله این اثرات، بروز مشکل در برخی از سیستم های چاپ می باشد که در واقع آوندها از سطح کاغذ کنده می شوند. آوندها همچنین بر حجم<sup>۱</sup> کاغذ اثر می گذارند، به طوری که در یک وزن مشخص، کاغذ ضخامت بیشتری دارد.

به منظور ارزیابی بهتر توان بالقوه استفاده از چوب در تولید محصولات مختلف، نسبتهای ابعاد سلولهای چوبی می تواند مورد استفاده قرار گیرد. این نسبتها یا ضرایب به عنوان شاخص های تعیین چاپ پذیری و نیز مقاومتهای پاره شدن و کشش کاغذ مورد استفاده قرار می گیرند. برخی از ضرایب مانند مقاومت به پاره شدن<sup>۲</sup> از نظر برخی محققان مورد توجه است، در صورتی که برخی اهمیت چندانی برای آن قایل نیستند.

- 
- 1- Clark
  - 2-Higgins & Puri
  - 3- Maeglin & Quirk
  - 4-Bulk
  - 5- Runkel Co.

سپیده دم و همکاران (۱۳۷۷) میانگین طول فیبر اکالیپتوس *camaldulensis* را در سه ارتفاع از درختان مورد بررسی و برای دو رویشگاه شمال و جنوب کشور به ترتیب  $0/71$  و  $0/89$  میلیمتر و میانگین ضخامت دیواره سلولی را به ترتیب  $3/52$  و  $5/32$  میکرومتر گزارش کرده اند. زیاد بودن ضخامت دیواره سلولی و نیز ضریب در هم رفتگی الیاف رویشگاه جنوب علت بیشتر بودن مقاومت در برابر پاره شدن و ترکیدن کاغذ بدست آمده از این رویشگاه ذکر شده است.

حسین زاده و همکاران (۱۳۷۹) طی تحقیقی که در مورد پنج ارتفاع مختلف این درخت در فارس انجام دادند، میانگین کلی طول و قطر فیبر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی را به ترتیب  $0/975$  میلیمتر و  $14/67$ ،  $4/91$  و  $4/77$  میکرومتر برای درون چوب و  $1/098$  میلیمتر و  $16/10$ ،  $4/79$  و  $5/66$  میکرومتر برای برون چوب گزارش کرده اند.

## ب - ترکیب شیمیایی

در مقالات زیادی به ترکیب شیمیایی سلولهای چوبی و تأثیر آنها بر خواص محصولات مختلف پرداخته شده است. لیکن در مورد تغییرات و نیز توان تغییر این ترکیبها موارد کمی وجود دارد. همچنین در مطالعات کمی مستقیماً به ارتباط اختلافهای شیمیایی چوب درختان یک گونه با خصوصیات فرآورده نهایی اشاره شده است. هیلدبرانت<sup>۳</sup> (۱۹۸۰) بر اهمیت ترکیب شیمیایی و اثر آنها بر خواص شیمیایی چوب تأکید می کند. به عنوان مثال افزایش مقدار لیگنین چوب به افزایش شکنندگی و مقاومت به لهیدگی<sup>۴</sup> چوب منجر می شود، در حالی که مقاومت کششی و مقاومت به شکست و ضربه کاهش می یابد. این محقق مدعی است که هوای گرم برای تولید لیگنین مطلوب است، زیرا چوبهای مناطق حاره ای غنی از این ماده هستند.

بروز تغییراتی در مواد استخراجی و یا ته نشست مواد شیمیایی بر جرم مخصوص چوب و در نتیجه کاربرد چوب تأثیرگذار می باشد. از جمله پهن برگانی که دارای صمغ های مترشحه شامل مواد فنلی و رزین ها هستند، می توان اکالیپتوسها را مثال زد که استفاده از چوب آنها را محدود کرده، رنگبری و ساخت خمیر کاغذ از آنها را مشکل می سازد. از این نظر، تفاوت های زیادی میان گونه های مختلف اکالیپتوس وجود دارد. به عنوان مثال، گونه های گلوبولوس و ویمینالیس<sup>۱</sup> تولید کننده صمغ زیادی<sup>۲</sup> می باشند.

بوسیا<sup>۳</sup> (۱۹۸۰) بر اساس تحقیق خود میزان ترکیبهای شیمیایی گونه *camaldulensis* را در پرتغال شامل: پنتوزان ۱۷/۲٪، سلولز ۴۳٪، هولوسلولز ۷۰/۶٪، لیگنین ۲۹/۱٪، خاکستر ۰/۴ درصد، مواد استخراجی محلول در آب داغ ۴/۳٪، محلول در اتانل - بنزن ۱/۴٪ و محلول در اتر ۰/۳ درصد گزارش کرده است. جهان لتیاری و همکاران (۱۳۶۷) رنگ تیره خمیر کاغذ تهیه شده از چوب اکالیپتوس *camaldulensis* را به لحاظ زیاد بودن مواد استخراجی و به ویژه ترکیبهای فنلی ذکر کرده اند.

سپیده دم و همکاران (۱۳۷۷) میزان ترکیبهای شیمیایی گونه *camaldulensis* را برای رویشگاه شمال شامل: سلولز ۴۵/۴۲٪، لیگنین ۳۱/۳٪، مواد استخراجی محلول در الکل - بنزن ۱۱/۴۷٪ و خاکستر ۰/۳۳ درصد و برای رویشگاه جنوب شامل: سلولز ۴۷/۶۵٪، لیگنین ۲۹/۶۶٪، مواد استخراجی محلول در الکل - بنزن ۹/۱۸٪ و خاکستر ۰/۳۸ درصد اندازه گیری کرده اند.

حسین زاده و همکاران (۱۳۷۹) مقدار سلولز درون چوب و برون چوب درختان این گونه را در فارس به ترتیب ۴۷/۵٪ و ۴۷/۸۶٪، لیگنین ۲۹/۹۲٪ و ۲۹/۷۶٪، مواد استخراجی محلول در الکل - بنزن ۱۴/۱۹٪ و ۳/۹۴٪ و مقدار خاکستر ۰/۴۲ و ۰/۴۳ درصد گزارش کرده اند.

بوسیا و لورنزو (۱۹۶۵) ثبات فوق العاده ابعاد کاغذ چاپ و تحریر تهیه شده از چوب اکالیپتوس را به دلیل مقدار نسبتاً کم همی سلولز آن می دانند.

آریما و اریکسون<sup>۴</sup> (۱۹۷۴) افزایش در مقدار لیگنین و کاهش در مقدار هولوسلولز و آلفا سلولز را در اثر افزایش سرعت رشد این درخت اعلام کرده اند.

3-Hildebrandt

4-Crushing strength

1- *E.globulus* & *E.viminalis*

2-Gommosis

3-Bosia

4-Arima & Erickson

## ت- ارتباط بین خواص مختلف چوب

در پهن برگان ارتباط بین ابعاد مختلف سلولهای چوبی اغلب خیلی ضعیف و مستقل از یکدیگر گزارش شده است. این موضوع همیشه صادق نیست، به طوری که آموس<sup>۵</sup> (۱۹۵۰) و همکارانش رابطه‌ای منفی را بین طول و قطر سلولهای چوب اکالیپتوس پیدا کرده اند. این موضوع بدین مفهوم است که سلولهای طویل دارای جرم مخصوص بحرانی بیشتری هستند. در صنوبرها، جرم مخصوص بحرانی با طویل شدن سلولها افزایش می یابد. بسیاری از ابعاد سلولهای چوبی به طریقی با جرم مخصوص چوب مرتبط هستند. لیکن تعیین اثر انفرادی هریک از آنها کار بسیار دشواری است. ضخامت دیواره سلولی نقش اول را در کیفیت هر چوب داراست. اما از آنجایی که همبستگی زیادی با جرم مخصوص چوب دارد، معمولاً اثر آن در قالب جرم مخصوص چوب بحث می شود. اگر چه ضخامت دیواره سلولی در داخل و میان گونه ها و نیز در داخل یک درخت اهمیت قابل توجهی در خواص کیفی چوب و کاغذ داراست، لیکن هر تلاشی برای تغییر یا بهبود آن به صورت خودکار موقعی که جرم مخصوص مورد نظر تأمین می شود، تحقق می یابد. معمولاً قطر سلولها در جهت مماسی و در تمام پهنای دایره سالیانه ثابت می باشد. لیکن در جهت شعاعی و طی فصل رشد تغییرات زیادی دارد، به طوری که برای چوب آغاز و پایان به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را دارد. تغییرات جرم مخصوص در پهن برگان از مغز به طرف پوست درخت دارای الگوی متفاوتی می باشد. در برخی از درختان مثل اکالیپتوسها افزایش کمی از مغز به طرف پوست درخت ملاحظه شده است.

تیلور<sup>۱</sup> (۱۹۷۳) برای ۵ سال اول رشد گونه گرانندیس روند کاهشی و بعد از آن روند افزایشی در جرم مخصوص چوب در ارتفاع برابر سینه گزارش کرده است. این در حالی است که برای برخی از درختان پهن برگ مانند افرای قندی و صنوبر لرزان در مرکز درخت جرم مخصوص بیشتری گزارش شده است (یانچوک<sup>۲</sup> ۱۹۸۳). در پهن برگان پراکنده آوند با جرم مخصوص متوسط تا زیاد، چوب نزدیک به مغز معمولاً دارای جرم مخصوص کمتری در مقایسه با چوب نزدیک به پوست می باشد و شیب این افزایش کم است. گزارشهای مختلف حاکی از روند افزایشی طول لیاف درختان پهن برگ از مغز به طرف پوست است. گاهی اوقات تفاوت طول لیاف قابل توجه است (یک تا دو میلیمتر)، اما معمولاً این تغییرات زیاد نیست (۳۰).

کنینگ و کلتزبرگ<sup>۳</sup> (۱۹۶۵) افزایش سریعی را در طول سلولهای چوبی پهن برگان طی ۱۰ تا ۲۰ سال اول رشد، گزارش کرده اند. این ویژگی در صنوبر، اکالیپتوس، لاله و کاریا<sup>۴</sup> وجود دارد. در جنس های دیگر پهن برگان مانند بلوط، راش و زبان گنجشک بسته به نوع گونه، افزایش طول لیاف از ۴۰ تا ۱۰۰ سالگی وجود دارد. افزایش طول آوندها نیز از مغز به طرف پوست روی می دهد. تعیین الگو برای تغییرات خواص مختلف چوب هر گونه در هر رویشگاه اهمیت دارد. لیکن این الگو نیز ممکن است تغییر کند. ثابت ترین الگو عبارت است از افزایش طول لیاف از مغز چوب به طرف پوست (افزایش سن درخت).

بر اساس بررسی انجام شده توسط سپیده دم و همکاران (۱۳۷۷) تفاوت‌های معنی داری در خواص مختلف چوب اکالیپتوس *camaldulensis* در دو رویشگاه شمال و جنوب وجود دارد.

---

5-Amos  
1-Taylor  
2-Yanchuk  
3-Knigge & koltzenburg  
4-Carya

## مواد و روشها

چوب مورد نیاز در این بررسی از درختان اکالیپتوس *camaldulensis* ایستگاه تحقیقات پاسند واقع در نزدیکی بهشهر تهیه شد. طول و عرض جغرافیایی آن به ترتیب ۵۳ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و ۳۶ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی است. پس از ثبت جهات جغرافیایی بر روی تنه درختان، سه درخت به صورت تصادفی از توده ای که فاصله کاشت آن ۵×۵ متر بود قطع شد و مشخصات درختان اندازه گیری و حجم چوب آنها محاسبه شد. برای اندازه گیری میزان رویش قطری سالیانه، ابعاد فیبر، جرم مخصوص و میزان ترکیبهای شیمیایی درختان، از هر پایه درخت دیسکی به ضخامت ۳۰ سانتیمتر از ارتفاع برابر سینه بریده شد.

### - اندازه گیری خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و ابعاد فیبر

از سه دیسک ارتفاع برابر سینه درختان، دیسکهایی به ضخامت پنج سانتیمتر بریده شد و سطح آنها به منظور وضوح بهتر دواير سالیانه سنباده زنی شد. پهنای دواير رویش سالیانه به وسیله خط کش مدرج در چهار جهت جغرافیایی اندازه گیری شد و میانگین رویش سالیانه (قطری) درختان محاسبه گردید.

برای تعیین جرم مخصوص خشک و بحرانی چوب اکالیپتوس، نمونه های مکعب شکل از هر دو دایره سالیانه متوالی تهیه شد و پس از اندازه گیری جرم خشک آنها، حجم نمونه ها در حالت خشک و اشباع به روش ارشمیدس اندازه گیری شد.

اندازه گیری ابعاد فیبر هر درخت برای هر دو دایره سالیانه متوالی و با ۳۰ تکرار انجام گرفت. چوبها به روش فرانکلین در مخلوط اسید استیک و آب اکسیژنه (به نسبت مساوی) در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد قرار گرفت و الیاف آنها به وسیله تکان شدید لوله آزمایش، از یکدیگر جدا و به وسیله میکروسکوپ با صفحه مدرج، اندازه گیری چهار ویژگی شامل طول و قطر فیبر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی انجام شد.

برای اندازه گیری ترکیبهای شیمیایی چوب اکالیپتوس، از باقیمانده دیسکها، پوشال و بعد آرد چوب تهیه شد که بر اساس روش آزمون تاپی<sup>۱</sup> (T264 om-88) از آرد چوب با مش ۶۰-۴۰ برای اندازه گیری مواد استخراجی و نیز خاکستر و از آرد با مش ۸۰-۴۰ برای اندازه گیری سلولز و لیگنین استفاده شد. شماره روشهای آزمون مورد استفاده به شرح ذیل بودند:

T204 cm-97 برای اندازه گیری مواد استخراجی محلول در استن

T211 om-93 برای اندازه گیری خاکستر

T222 om-98 برای اندازه گیری لیگنین

روش کروشنر<sup>۲</sup> برای اندازه گیری سلولز به نقل از کتاب فنگل (۱۹۸۹) عنوان کرده است که در این روش سلولز مستقیماً جداسازی می شود. ۲ گرم آرد چوب با مخلوط اتانل و اسید نیتریک (به ترتیب به نسبت دو به یک) در بالن متصل به یک مبرد قرار می گیرد. استفاده از محلول پتاس (۲۵٪) قبل از نیتراسیون الکلی می تواند مدت زمان تجزیه و تحلیل را تا یک ساعت کاهش دهد. سلولز بدست آمده نسبتاً خالص است.

---

1-Tappi (Technical association pulp and paper institute)

2-Crusher



## آزمون آماری

برای مقایسه ابعاد فیبر در سه درخت مورد بررسی و نیز دایره سالیانه آنها از آزمون F استفاده شد و گروه بندی میانگین ها بر اساس آزمون دانکن انجام گرفت. به منظور تعیین میزان همبستگی ویژگیهای مختلف چوب با یکدیگر نیز از مدل رگرسیون خطی استفاده شد، لیکن آزمون عدم برازش نیز به منظور اطمینان از همبستگی خطی این ویژگیها انجام گرفت. تجزیه و تحلیل آماری اطلاعات به شرح فوق بوسیله نرم افزار SAS انجام شد.

## نتایج

مشخصات مربوط به درختان و نیز حجم چوب تولید شده برای هر درخت به شرح جدول یک می باشد.

جدول شماره ۱- مشخصات درختان اکالیپتوس *camaldulensis*

شماره درخت	سن درخت (سال)	فاصله کاشت (متر)	ارتفاع درخت (متر)	قطر با پوست برابر سینه (متر)	حجم چوب هوا خشک (متر مکعب)
۱	۱۷	۵*۵	۲۳/۵۵	۰/۲۴	۰/۵۳۳
۲	⊙	⊙	۲۳/۱۰	۰/۲۷	۰/۶۶۱
۳	⊙	⊙	۱۹/۳۵	۰/۲۲۵	۰/۳۸۵
میانگین			۲۲	۰/۲۴۵	۰/۵۲۶

## - ابعاد فیبر

تجزیه واریانس یک طرفه ابعاد فیبر در سه درخت مورد بررسی و نیز بین هر دو دایره سالیانه متوالی آنها (جدول شماره ۲) را نشان می دهد. اختلاف میان طول فیبرها و ضخامت دیواره سلولی آنها در میان درختان و نیز دایره رویش سالیانه آنها در سطح احتمال ۱٪ معنی دار است. مقایسه آماری قطر فیبرها نشان می دهد که این ویژگی در میان درختان اختلاف معنی داری ندارد، ولی بین دایره سالیانه دارای اختلاف معنی داری است. اختلاف بین قطر حفره سلولی فیبرها نیز معنی دار نیست.

جدول شماره ۲- تجزیه واریانس یک طرفه ابعاد فیبر درختان اکالیپتوس و دواير رویش سالیانه آنها

ابعاد فیبر معنی داری	منبع تغییر	درجه آزادی	جمع مربعات	میانگین مربعات	F محاسبه	احتمال
طول فیبر	درخت	۲	۱/۷۳	۰/۸۶	۳۷/۶۳	۰/۰۰۰۱**
	دایره سالیانه	۷	۲/۴	۰/۳۴	۱۴/۹۴	۰/۰۰۰۱**
قطر فیبر	درخت	۲	۴۷/۰۳	۲۳/۵۲	۲/۹۲	۰/۰۰۰۱**
	دایره سالیانه	۷	۳۱۳/۶۷	۴۴/۸۱	۵/۵۷	۰/۰۰۰۱**
قطر حفره سلولی	درخت	۲	۱۵/۳۴	۷/۶۷	۱/۲۲	۰/۲۹ n.s.
	دایره سالیانه	۷	۷۰/۸۳	۱۰/۱۲	۱/۶۱	۰/۱۳ n.s.
ضخامت دیواره سلولی	درخت	۲	۱۱/۵۵	۵/۷۷	۸/۲۳	۰/۰۰۰۳**
	دایره سالیانه	۷	۲۸/۲۰	۴/۰۳	۵/۷۴	۰/۰۰۰۱**

\*\* اختلافها در سطح ۱٪ معنی دار است. n.s. اختلافها معنی دار نیست.

مقایسه میانگین طول فیبر و نیز ضخامت دیواره سلولی آنها در سه درخت به روش دانکن حاکی از این است که درخت سوم بیشترین مقادیر را از این نظر داراست و به لحاظ طول فیبر در یک گروه مستقل قرار گرفته است، یعنی با دو درخت دیگر دارای اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۱٪ است. لیکن میانگین ضخامت دیواره سلولی درخت سوم با درخت اول اختلاف معنی داری ندارد.

آزمون دانکن نشان داد که در سطح احتمال ۱٪ میان میانگین های طول فیبر از سن ۱۰ سال به بعد درختان (دواير سالیانه ۱۰ و ۹) اختلاف معنی داری بین سنین بالاتر وجود ندارد. در مورد قطر فیبر و ضخامت دیواره سلولی به رغم وجود اختلافهای معنی داری میان میانگین آنها در دواير مختلف سالیانه، با توجه به گروه بندی میانگینها نمی توان در مورد سن مشخصی نظر قطعی ابراز نمود، چون دامنه این نوسانها زیاد بوده و تابع شرایط آب و هوایی است.

شکلهای شماره یک تا چهار روند تغییرات ابعاد فیبر در سه درخت اکالیپتوس و نیز میانگین این ابعاد را در دواير سالیانه مختلف از مغز به طرف پوست درختان نشان می دهد. مقایسه این شکلها نشان می دهد که میانگین ابعاد فیبر درختان مورد بررسی از مغز به طرف پوست، یعنی با افزایش سن درختان، روندی رو به افزایش دارد و بیشترین نوسانها به ضخامت دیواره سلولی (شکل چهار) مربوط می باشد.

میانگین کلی ابعاد فیبر درختان اکالیپتوس شامل طول و قطر فیبر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی به ترتیب ۷۵۸، ۱۵/۹۳، ۸/۶۳ و ۳/۶۵ میکرومتر محاسبه شد. دامنه ابعاد فیبر به ترتیب ۸۱۳-۶۴۷، ۱۷/۰۶-۱۴/۷۸، ۹/۲۱-۸/۱۳ و ۳/۹۳-۳/۳۳ بوده است.

- جرم مخصوص

تجزیه واریانس جرم مخصوص خشک و بحرانی چوب اکالیپتوس در جدول شماره سه آورده شده است. میان سه درخت مورد بررسی اختلاف معنی داری از نظر جرم مخصوص وجود ندارد. در حالی که اختلاف میان دواير رویش سالیانه در سطح احتمال ۱٪ معنی دار می باشد.

جدول شماره ۳- تجزیه واریانس یک طرفه جرم مخصوص درختان اکالیپتوس و دواير رویش سالیانه آنها

جرم مخصوص	منبع	درجه آزادی	جمع مربعات	میانگین مربعات	F محاسبه شده	احتمال معنی دار بودن
خشک	درخت	۲	۰/۰۱۳	۰/۰۰۷	۱/۸۶	۰/۱۷۹ n.s.
	دایره سالیانه	۷	۰/۰۶۳	۰/۰۰۹	۵/۷۹	۰/۰۰۲ **
بحرانی	درخت	۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۶۲	n.s.
	دایره سالیانه	۷	۰/۰۲۵	۰/۰۰۴	۱۲/۲۹	۰/۰۰۰ **

\*\* اختلافها در سطح ۱٪ معنی دار است. n.s. اختلافها معنی دار نیست.

مقایسه میانگین ها به روش دانکن نشان داد که تنوع گروه بندی این میانگین ها در جرم مخصوص بحرانی نسبت به جرم مخصوص خشک بیشتر است. میانگین جرم مخصوص خشک سه درخت در سن ۱۶-۱۵ سال حداکثر  $(0/776 \text{ g/cm}^3)$  و در سن ۲-۱ سال حداقل  $(0/610 \text{ g/cm}^3)$  است و در این سنین در دو گروه مختلف آماری قرار می گیرند. برای جرم مخصوص بحرانی، حداکثر مقدار جرم مخصوص در سن ۱۲-۱۱ به میزان  $0/603 \text{ g/cm}^3$  و حداقل آن در سن ۲-۱ سال به میزان  $0/494 \text{ g/cm}^3$  وجود دارد و از این نظر در دو گروه مختلف قرار گرفته اند. میانگین کلی جرم مخصوص خشک و بحرانی درختان به ترتیب  $0/708$  و  $0/552$  گرم بر سانتیمتر مکعب تعیین شد. شکل شماره پنج تغییرات جرم مخصوص خشک و بحرانی درختان را در دواير سالیانه مختلف از مغز به طرف پوست یعنی با افزایش سن درختان نمایش می دهد. روند تغییرات میانگین این دو ویژگی نشان می دهد که به استثناء سنین ۱۰-۹ و ۱۴-۱۳ سال، هر دو جرم مخصوص با افزایش سن درختان افزایش می یابند. مقایسه انحراف از معیار نمونه های مربوط به جرم مخصوص نشان می دهد که تغییرات جرم مخصوص بحرانی درختان کمتر می باشد.

- میزان رویش سالیانه (قطری)

در جدول شماره چهار تجزیه واریانس میزان رویش سالیانه درختان اکالیپتوس برای سه درخت مورد بررسی و نیز دواير رویش سالیانه آنها آورده شده است.

جدول ۴- تجزیه واریانس یک طرفه رویش سالیانه (قطری) درختان اکالیپتوس و دواير رویش سالیانه آنها

جرم مخصوص	منبع	درجه آزادی	جمع مربعات	میانگین مربعات	F محاسبه شده	احتمال معنی دار بودن
رویش سالیانه	درخت	۲	۲۲/۷۷	۱۱/۳۸	۱/۰۵	۰/۳۶ n.s.
	دایره سالیانه	۷	۱۳۵/۳۳	۱۹/۳۳	۲/۶۹	۰/۰۴۸ *

\* اختلافها در سطح ۵٪ معنی دار است. n.s. اختلافها معنی دار نیست.

همان طور که ملاحظه می شود اختلاف میان سه درخت از نظر میانگین رویش سالیانه معنی دار نمی باشد، ولی اختلاف میان دواير رویش سالیانه آنها معنی دار است. مقایسه میانگین ها نشان داد که فقط در سن ۴-۳ سال میان میزان رویش درختان اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۰.۵٪ وجود دارد. شکل شماره ۶ نشان می دهد که میانگین رشد سالیانه درختان اکالیپتوس تا سن چهار سال سرعت زیادی دارد و پس از آن افت زیادی نشان می دهد. میانگین کلی رویش سالیانه درختان اکالیپتوس ۱۱/۱ میلیتر و دامنه آن ۱۶/۱۶-۹/۲ می باشد.

#### - ترکیب شیمیایی

در شکل شماره ۷ میانگین ترکیب شیمیایی چوب سه درخت اکالیپتوس *lensiscamaldu* آورده شده است و میانگین مقدار این ترکیبها شامل سلولز، لیگنین، خاکستر و مواد استخراجی محلول در استن به ترتیب ۴۷/۴۴، ۳۰/۸۷، ۰/۲۶ و ۶/۹۶ درصد محاسبه شد.

#### - همبستگی بین خواص مختلف چوب

بررسی همبستگی ابعاد فیبر، جرم مخصوص و میزان رویش سالیانه درختان مورد بررسی با افزایش سن آنها نشان داد که فقط ابعاد فیبر و جرم مخصوص خشک دارای همبستگی مثبت زیادی با سن درختان می باشند ( $P > 0.01$  و  $R > 0.84$ ). ضریب همبستگی و سطح معنی دار بودن ارتباط ابعاد فیبر با یکدیگر نشان می دهد که همبستگی طول با قطر فیبر بیشتر از طول فیبر با ضخامت دیواره سلولی است. همچنین ضریب همبستگی میان ضخامت دیواره سلولی با جرم مخصوص خشک و بحرانی به ترتیب ۰/۷۹ و ۰/۷۱ بدست آمد که در سطح ۱٪ و ۵٪ معنی دار است، اما همبستگی بین طول فیبر فقط با جرم مخصوص خشک در سطح احتمال ۰.۵٪ معنی دار است. میان میزان رویش سالیانه درختان با سایر خواص اندازه گیری شده همبستگی وجود ندارد.

#### بحث

میانگین طول فیبر درختان مورد بررسی و نیز دامنه آن از مغز به طرف پوست نشان می دهد که اکالیپتوس *camaldulensis* در میان پهن برگان از الیاف کوتاه تری برخوردار می باشد و لزوم افزودن الیاف بلند برای ساخت کاغذهایی با مقاومت های مناسب، پیش بینی می شود. مقایسه طول فیبر و ضخامت دیواره سلولی بدست آمده با سایر منابع (۳) نشان می دهد که قرابت زیادی میان این نتایج وجود دارد و اختلاف ناچیز موجود نیز به دلیل تفاوت در نحوه نمونه برداری و نیز رویشگاه (زاغمرز) در دو بررسی است. همچنین مقایسه این نتایج با نتایج بدست آمده در رویشگاه جنوب (فارس) که توسط سایر محققان گزارش شده است (۲) گویای مقادیر بیشتر این دو ویژگی در رویشگاه جنوب است. ملاحظه شکل های شماره ۴-۱ نشان می دهد که روند افزایشی ابعاد فیبر درختان از مغز به طرف پوست و با افزایش سن درختان از شیب ملایمی برخوردار است و به عبارت دیگر پراکنش ابعاد فیبرها زیاد نمی باشد و فیبرها شباهت زیادی با هم دارند. این موارد موجب ایجاد بهترین ماتی کاغذ و نیز شکل گیری و توزیع یکنواخت منافذ سطحی کاغذ می شود و کیفیت چاپ پذیری کاغذ را ارتقاء می بخشد. روند تغییرات جرم مخصوص در شکل شماره چهار دارای الگوی نامنظمی است، لیکن این تغییرات به ویژه برای جرم مخصوص بحرانی در سه درخت نزدیک به هم می باشد و از این لحاظ اختلاف معنی داری میان درختان وجود ندارد. تغییرات جرم مخصوص این گونه در مقایسه با سایر گونه های ذکر شده در منابع (مانند *E. grandis*) از مغز به طرف پوست کمتر است و از

این نظر استفاده از چوب این گونه ارجحیت دارد. مقایسه میانگین کلی جرم مخصوص خشک و بحرانی بدست آمده با بررسی انجام شده توسط سپیده دم و همکاران (۱۳۷۶) نیز قرابت خوبی را نشان می دهد.

افزایش شدید رویش قطری سالیانه از سنین ۲-۱ تا ۴-۳ سال درختان را می توان به فعالیت شدید کامبیوم طی سالهای اولیه رشد نسبت داد. مقایسه میزان ترکیب شیمیایی بدست آمده با بررسیهای قبلی (۳ و ۲) تفاوتی ناچیزی را در مقدار سلولز، لیگنین و خاکستر نشان می دهد، لیکن اختلاف میان میزان مواد استخراجی این بررسیها زیاد است که ناشی از نوع حلال مورد استفاده می باشد. مقدار سلولز کمتر و لیگنین و مواد استخراجی بیشتر این درخت در مقایسه با سایر پهن برگان پراکنده آوند مانند صنوبرها (مهدوی، ۱۳۸۱) مؤید نامطلوب بودن چوب آن به لحاظ رنگبری و تولید خمیرکاغذ می باشد.

روند تغییرات ابعاد الیاف و جرم مخصوص چوب اکالیپتوس با موارد ذکر شده در خصوص پهن برگان پراکنده آوند با جرم مخصوص متوسط تا زیاد (زوبل، ۱۹۸۹) مطابقت دارد. لیکن همبستگی بین طول و قطر فیبر و نیز طول فیبر با ضخامت دیواره سلولی با موارد ذکر شده توسط این محقق مطابقت ندارد. البته باید متذکر شد که طول الیاف یک ویژگی ذاتی است که وابستگی شدیدی به سن سلولهای کامبیومی دارد، ولی ابعاد دیگر الیاف مانند ضخامت دیواره سلولی و قطر الیاف بیشتر تابع شرایط آب و هوایی و نیز پهنای رویش سالیانه هستند. همبستگی زیاد میان ضخامت دیواره سلولی و جرم مخصوص خشک و بحرانی حاکی از این است که هر تلاشی (عملیات اصلاح ژنتیکی) برای تغییر یا بهبود ضخامت دیواره سلولی در راستای اصلاح جرم مخصوص این چوب تحقق خواهد یافت. عدم ارتباط نزدیک و نیز معنی دار نبودن همبستگی میان میزان رویش سالیانه درختان مورد مطالعه با سایر خواص چوب، مؤید امکان افزایش سرعت رشد درخت بدون تغییر قابل ملاحظه ای در ابعاد الیاف و نیز جرم مخصوص می باشد که در عملیات اصلاحی این گونه طی دوره های کوتاه بهره برداری، سودمند است. عدم وجود همبستگی معنی دار بین جرم مخصوص و میزان رویش سالیانه این گونه، حاکی از عدم تأثیر معنی دار افزایش سهم چوب بهاره بر روی جرم مخصوص چوب است که با منابع تحقیقاتی (۳۰) توافق دارد. به طور کلی می توان گفت که با افزایش سن درختان مورد بررسی، پهنای رویش سالیانه کم، و طول فیبر بیشتر می شود.

## منابع مورد استفاده

۱. جهان لیتباری، ا.، فخریان، ع.، و ا. حسین زاده، ع.، ۱۳۶۷. بررسی خصوصیات کاغذ سازی چوب اکالیپتوس *camaldulensis*. موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، شماره ۷۰-۱۳۶۹.
۲. حسین زاده، ع.، فخریان، ع.، گلبابائی، ف. و صدرایی، ن.، ۱۳۷۹. ویژگیهای فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی چوب گونه های موفق اکالیپتوس در مرحله اول سازگاری، گزارش اول، گونه *E.camaldulensis* در جنوب کشور، تحقیقات چوب و کاغذ ایران، نشریه شماره ۱۰، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع .
۳. سپیده دم، ج.، ۱۳۷۷. بررسی ویژگیهای خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از چوب اکالیپتوس *camaldulensis* دو رویشگاه زاغمرز و فارس. تحقیقات چوب و کاغذ ایران، نشریه شماره ۵، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع.
۴. مرتضوی جهرمی، م.، ۱۳۷۳. معرفی گونه های سازگار اکالیپتوس در مناطق غربی استان فارس، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع ۹۹-۱۳۷۳.
۵. مهدوی، س.، ۱۳۸۱. بررسی استفاده از چوب صنوبر و اکالیپتوس در تولید کاغذ روزنامه و چاپ مکانیکی، پایان نامه دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
6. Amos, G.L., Bisset I.J., and Dadswell, H.E. 1950. Wood structure in relation to growth in *Eucalyptus gigantea*. Aust. J. Sci. Res. 3:393- 413.
7. Arima T. and Erickson H.D., 1974. Douglas-Fir wood quality studies. Part II: Effects of age and simulated growth on fibril angle and chemical constituents. Wood science technical, 8: 255-265.
8. Bhat, K.M., 1990. Wood quality improvement on eucalypts in India, Division of wood science, Kerala Forest Research Institute, Peechi 680 653, Kerala, India.
9. Bosia, A., 1980. Pulping & Papermaking Properties of Fast Growing plantation wood species, The FAO technical papers, Vol. 1.
10. Bosia, A., Lorenzo, C., 1965. Papermaking properties of six further species of eucalypts, Cellulosa Carta, 16.no.9:7-27.
11. Chudnoff, M., Tischler, K., 1963. Fiber morphology of *E.camaldulensis*, Dehn. suppl. no.1., pp.23,30 ref.
12. Clark, J., 1962. Effect of fiber coarseness and length. I. Bulk, burst, tear, fold, and tensile tests. Tappi 45:628-634.
13. Debell, D., Singleton, R. and Harrington, C.A., 2002. Wood density and fiber length in young populus stems: Relation to clone, age, growth rate and pruning, Wood and Fiber Science, Vol. 34(4).
14. Fengel, D., and Wegener, G., 1989. Wood, Chemistry, Ultrastructure, Reactions, Walter de Gruyter & Co., Berlin.
15. Ferreira, M. and Santos, P.E., 1995. Eucalypts wood traits for species/provenances/plus trees and clones planted in Brazil- A review applied to genetic improvement for pulp production, Departement of Forest Sciences, University of Saopaulo.
16. G. Gones, T., and Richardson, D., 1998. Relationships between wood and chemimechanical pulping properties of newzland,
17. Higgins, H.G. and Puri, V., 1976. Chemithermomechanical pulp from young eucalypts, 1st Latin Am. Congr. on Pulp and Paper, Buenos Aires, Argentina.
18. Hildebrandt, G. 1980. The effect of growth conditions on the structure and properties of wood. 5<sup>th</sup> world for Congr. Seattle, Washington, 12 pp. papermakers .pp. 23-31.

19. Clark, J., 1962. Effect of fiber coarseness and length. I. Bulk, burst, tear, fold, and tensile tests. *Tappi* 45:628-634.
20. Knigge, W., Koltzenburg, C., 1965. The influence of timber qualities and ecological conditions on the cell sizes and on the proportions of types of cell in hardwoods in the temperate zones. *IUFRO Sect 41 Comm Fiber Char Melbourne, Australia, Vol. 2*, 51 pp.
21. Maeglin, R. and Quirk J.T., 1984. Tissue proportions and cell divisions for red and white oak groups, *Canadian Journal for Resources* 14:101-106.
22. Malan, F.S. and Arbuthnot, A.L., 1995. The Inter-relationships between density and fiber properties of south africa grown *E. grandis*, Division of Forest service and Technology, CSIR, P.O.Box 395, Pretoria, 0001, South Africa.
23. Martines, A., 2001. The eucalyptus effect, *Pulp and paper Europe*.
24. McNabb, K., 1994. Silvicultural techniques for short rotation Eucalyptus plantations in Brazil, Intensive culture forestry conference, Auburn university, Alabama.
25. Muneri, A., Leggate, W., Palmer, G. and Ryan, P., 1999. The influence of age and site on wood properties of plantation grown *Eucalyptus cloeziana* and the implications for utilization, Queensland Forestry Research Institute, Gpo Box 631, Indooroopilly qld 4068.
26. Sesbou, A., Nepveu, G., 1990. pulp yield and fiber length of *E. camaldulensis*-*Forestiers*, 43, pp 201-208, ref.
27. Shrivastava, M.B., 1997. Wood technology, Departement of forestry, The papua new Guinea University of Technology, Lae.
28. Wiemann, L. and Williamson, F., 2002. Variation in wood specific gravity, *Wood and Fiber Science*, Vol. 34(1).
29. Taylor, F.W., 1973 Variation in the anatomical properties of South Africa grown *Eucalytus grandis*, *Appita* 27:171-178.
30. Zobel, B.g. & Buijtenen, p., 1989. Wood variation, Its causes and control, Springer-Verlag.
31. Zobel, B.g., 1998. Juvenile wood in forest trees, Springer in wood series.

## Investigation on relation of fiber dimension and wood density with age and ring width in *E.camaldulensis* Dehnh.

S.Mahdavi<sup>1</sup> A.Hosseinzadeh<sup>2</sup> H.Familian<sup>3</sup> M.Habibi<sup>4</sup>

Cross sectional disks were cut at breast height from three 17-years-old trees of *E.camaldulensis* grown in Pasand research station in Mazandaran province. Ring width, wood density, and fiber dimension were measured for each two rings from pith to the bark. Overall average disks, fiber length, fiber width, lumen diameter, and cell wall thickness were measured at 758, 15.93, 8.63, and 3.65 micrometer respectively. Mean values for the oven dry and basic density were 0.708 g/cm<sup>3</sup> and 0.552 g/cm<sup>3</sup>. Cross sectional growth rate and wood production for the trees were measured at 11.1 mm and 12.3 m<sup>3</sup>/ha./year respectively. Chemical compositions of the wood consist of cellulose, lignin, extractives (in acetone soluble) and ash were measured at 47.44%, 30.87%, 6.96%, and 0.27% respectively.

The result showed that *E.camaldulensis* is classified as short fiber hardwood with low frequency. Fiber dimensions and density slightly increased from pith to the bark. There was high significant correlation between cell wall thickness and density, while; there was no significant correlation between ring width and the others.

Among the properties studied, cell wall thickness and fiber length showed the most variations.

**Keywords:** *E.camaldulensis*, ring width, fiber dimension, density, chemical composition

---

1-Asst. Professor, Research Institute of Forest and Rangelands

2-Professor, Research Institute of Forest and Rangelands

3-M.Sc., Research Institute of Forest and Rangelands

4-Scientific member, Research Institute of Forest and Rangelands