بررسي روند تغييرات ابعاد الياف گونه كاج الداريكا

مسعودرضا حبيبي- عبدالرحمن حسين‌زاده- حسين فاميليان- حسين حسين‌خاني

مؤسسه تحقيقات جنگلها و مراتع
بخش تحقيقات علوم چوب و كاغذ

چكيده:

اين تحقيق بر روی گردبينه كاج الداريكا صورت گرفت. ابتدا ميانگين رويش سالیانه و درصد پوست آن تعيين شد. سپس ابعاد الياف آن اندازه‌گيری گرديد. ميانگين رويش سالیانه گونهٔ فوق ٤/٩٥ ميليمتر و درصد پوست آن ١٢/١٥ تعيين گرديد. ميانگين رويش سالیانه گونهٔ فوق ٤/٩٥ ميليمتر و درصد پوست آن ١٢/١٥ تعيين گرديد. ميانگين طول فيبر، قطر فيبر، قطر حفرهٔ سلولی و ضخامت ديوارهٔ سلولی به‌ترتيب ٢/٢٦ ميليمتر، ٣٩/٣٩ ميكرون، ٢٩/٥٣ ميكرون و ٥/٢٨ ميكرون اندازه‌گيری شد. ضريب درهم رفتگی ٥٨/٥٩، ضريب مقاومت مقاومت به پارگی ٣٦/٢٨ درصد و ضريب انعطاف‌پذيری ١٨/١٢ درصد برای گونه مزبور تعيين شد.

با بررسی روند تغييرات طول الياف چوب بهاره و تابستانه با افزايش ارتفاع از سطح زمين مشخص شد كه طول الياف با افزايش ارتفاع افزايش يافت و همچنين ويژگی فوق از مغز درخت تا دايرهٔ رويش دهم، افزايش يافته و از دايرهٔ دهم رويش به سمت پوست كاهش می‌يابد. ميانگين ضخامت ديوارهٔ سلولی چوب بهاره و تابستانه با افزايش ارتفاع (تا ٢ متر) كاهش و پس از آن با افزايش ارتفاع (تا ٥ متر) افزايش يافته و به حداكثر می‌رسد. تغييرات ميانگين ضخامت ديوارهٔ سلولی چوب بهاره و تابستانه در اثر فاصله از مغز به سمت پوست نشان می‌دهد كه ضخامت ديوارهٔ سلولی از دايره رويشی ٥ تا ١٥ (از مغز به سمت پوست) كاهش يافته است.

مقدمه:

چوب که در طبیعت با دخالت و یا بدون دخالت انسان تولید می‌گردد، از دیرباز در زندگی بشر نقش داشته و اهمیت آن هر روزه افزون گشته است. تحقیقات باستان‌شناسی حاکی از آن است که حدود ٦ هزار سال پیش در مناطق زاگرس که مرکز تکوین تمدنهای متفاوتی بود، از چوب برای احداث ساختمان و واحدهای مسکونی استفاده بعمل می‌آمد. امروزه بدلیل نقش با اهمیت چوب و فرآورده‌های چوبی در زندگی انسان اهمیت صنعتی و تجارتی آن دوچندان گشته و با صنعتی شدن آن و ایجاد کارخانجات متعدد کوچک و بزرگ در اقصی نقاط جهان علاوه بر اشتغال‌زایی در بعضی از کشورها از عوامل مهم تأمین ارز بشمار می‌آید.

به جرأت می‌توان عنوان کرد که در حال حاضر بیش از چهارهزار و پانصد محصول مختلف از چوب ساخته شده و به بازار عرضه می‌گردد که محصولاتی نظیر ابریشم مصنوعی، فیلمهای نسوز، چرم مصنوعی، شیشه نشکن، مواد محترقه و کودهای شیمیایی از جمله آنان خواهد بود. کاغذ از محصولات عمده، مهم و استراتژیک تولید شده از چوب بوده و امروزه مصرف آن یکی از معیارهای سنجش رشد فرهنگ و پیشرفت تمدن هر ملت است. به اهمیت کاغذ در رشد و شکوفایی ملت‌ها، از یک طرف مصرف آن در حال افزایش بوده و از طرف دیگر،ماده اولیه آن در دنیا محدود است و با روند فعلی تخریب جنگلها این محدودیت شدیدتر نیز خواهد شد. به این دلیل در چند دهه اخیر اغلب کشورها سعی در کشت برخی از گونه‌های سازگار سوزنی برگ داشته‌اند،زیرا درختان سوزنی برگ در مقایسه با پهن برگان از رشد بیشتری برخوردار بوده و عموماً چوب آنها دارای الیاف مناسب‌تری جهت استفاده در صنایع کاغذسازی می‌باشد. از چوب سوزنی برگان در جعبه‌سازی، خانه‌سازی، هواپیماسازی، وسایل موسیقی و قالب بتون نیز استفاده می‌شود.

یکی از گونه‌های سوزنی برگ که در اقصی نقاط ایران وجود داشته و سازگاری خوبی از خود نشان داده است کاج الداریکا می‌باشد که جنگلکاری وسیعی از این گونه صورت گرفته است.

لذا ضروریست تا ویژگیهای مختلف آن جهت کاربرد مناسب آن مشخص گردد. به همین منظور در این بررسی روند تغییرات ویژگیهای الیاف ارزیابی می‌گردد.

Dadswell و Nicholls (1959)، طی تحقیقات وسیعی که بر روی برخی سوزنی‌برگان داشتند، به این نتیجه رسیدند که طول تراکئید بر روی خصوصیات خمشی و مقاومت محصولات تأثیر بسزایی داشته و تراکئیدهای طویل برای بسیاری از اهداف مطلوبتر از تراکئیدهای کوتاه هستند. آنها طی بررسی طول تراکئید برخی از درختان کاج ۳۰ ساله، میانگین طول تراکئید کاج تدا، کاج برگ بلند، کاج برگ کوتاه و کاج الیوتی را ٤ میلیمتر و میانگین طول تراکئید Pinus rigida، P. serotina، P. pungens و P. virginiana را ۳/۵ میلیمتر اعلام کردند.

Zobel (1976) اعلام کرد در طول تراکئیدهای درختان مختلف یک گونه نیز تغییراتی مشاهده شده است به‌طوری که مقادیر متوسط طول تراکئید یک درخت به سن آن ارتباط دارد. طباطبایی و ترور (۱۳٤۹) طی بررسی بر روی کاج الداریکا موجود در کرج اظهار داشتند که میانگین قطر تراکئیدهای چوب بهاره در جهت شعاعی و میانگین قطر تراکئیدهای چوب بهاره در جهت مماسی به‌ترتیب ۳۵ و ۳۰ میکرون می‌باشد و میانگین قطر تراکئیدهای چوب تابستانه در جهت شعاعی و مماسی به‌ترتیب ۲۱ و ۲۳ میکرون است. آنها میانگین ضخامت جدار تراکئیدهای بهاره و تابستانه را به‌ترتیب ۲/۵ و ۲/۹ میکرون و میانگین طول تراکئیدها را ۱/٤٤ میلیمتر گزارش کردند.

Jackson (1959)، عنوان نمود که طول تراکئیدهای تند کاج تدا از مغز به طرف پوست افزایش می‌یابد و این افزایش به یک مقدار حداکثر در سن ۲۰ تا ٦۰ سالگی می‌رسد، به‌علاوه طول تراکئیدها از قسمت پایین تنه به طرف بالا افزایش و پس از رسیدن به یک مقدار حداکثر، با افزایش ارتفاع تاحدودی کاهش می‌یابد. وی همچنین از دو درخت ۲٤ ساله کاج تدا در آتن و جورجیا نمونه‌برداری کرده و مشاهده نمود که در تمام ارتفاعات در طول یک درخت، طول تراکئید در اکثر دوایر بیرونی حداکثر بوده و در هر رویش سالیانه طول تراکئید به طرف بالا تا ارتفاع معینی افزایش یافته و سپس کاهش می‌یابد.

Zobel (1976) طی تحقیقات خود به این نتیجه رسید که اکثر تغییرات در طـول تراکئیـد، از تفاوت بین قسمت درونی چوب یا چوب جوان کـه از دهمـین تـا چهـاردهمین دایـره از مغـز وجود دارد و قسمت بیرونی چوب یا چوب بالغ، ناشی می‌شود.

Green (1966) طی تحقیقات خود به این نتیجه رسید که اکثر تغییرات در طـول تراکئیـد، از تفاوت بین قسمت درونی چوب یا چوب جوان کـه از دهمـین تـا چهـاردهمین دایـره از مغـز وجود دارد و قسمت بیرونی چوب یا چوب بالغ، ناشی می‌شود.

Green (1966) طول تراکئید چوب بهاره در ارتفاع برابر سینه در پایه کاج تدا در جورجیا را اندازه‌گیری کرد و مشاهده نمود که کوتاه‌ترین تراکئید به طول ۲–۱/۵ میلیمتـر در اولـین دایـره وجود داشته و طول تراکئیدها به سرعت تا حـدود ۳/۵ میلیمتـر از دایـره رویشـی ۱۵ افـزایش می‌یابد. این افزایش به کندی تا حدود ٤/۲ میلیمتر در چهل و پنجمین دایره افزایش داشته ولی به حداکثر نمی‌رسد.

Mc.Milla (1968) طی تحقیقاتی نتیجه می‌گیرد کـه میـانگین طـول تراکئیـد بـدون درنظـر گرفتن جرم مخصوص و میزان رویش با افزایش تعداد دوایر از مغز افزایش می‌یابد. بـه‌طـوری که از مغز تا حلقهٔ رویشی دهم میانگین طول تراکئید چوب تابستانه و بهاره بـه‌ترتیـب ۳/۷۹ و ۳/۵۲ میکرون و از حلقهٔ روشی یازدهم تا بیستم طول تراکئید چوب تابستانه و بهاره بـه‌ترتیـب ٤/۱۳ و ۳/۹۱ میکرون و از حلقهٔ بیست و یکم تا سیم میانگین طول تراکئید چـوب تابسـتانه و بهاره به ترتیب ۲۱،٤ و ٤ میکرون بود.

Koch (1972) به نقل از محققین مختلف اعـلام کـرد مطالعـه روی ۱۵ نمونـه کـاج الیـوتی مشخص کرد که متوسط طول تراکئید در هشتمین و نهمین حلقه رویشی در ارتفاع برابـر سـینه از ۲ میلیمتر در یک درخت تا ۱/٤ میلیمتر در درخت دیگر تغییر داشـته اسـت. نتـایج بررسـی روی ۱٦ نمونه کاج تدا در ویرجینیا، کالیفرنیای شـمالی و جورجیـا نشـان مـی‌دهـد کـه طـول تراکئید چوب بهاره و تابستانه با فاصله از مغز افزایش می‌یابد به طوری‌که متوسط طول تراکئید در چوب بهاره و چوب تابستانهٔ چوب درون به ترتیب ۳/۱۵ و ۳/٤٤ میلیمتـر و متوسـط طـول تراکئید در چوب بهـاره و تابسـتانه در چـوب بـرون بـه‌ترتیـب ٤/۲۳ و ٤/۳۷ میلیمتـر اسـت.

اطلاعات این بررسی مؤید تأثیر عوامل محیطی و ژنتیکی بر طول تراکئید می‌باشد و در پایه‌های همسن گونهٔ P. glabra، آنهایی که رشد سریعتری دارند دارای تراکئیدهای طویلتر می‌باشند. همچنین بررسیها بر روی کاجهای برگ‌بلند نشان داد که الیاف چوب تابستانه از الیاف چوب بهاره کوتاهتر بوده است.

Jane (1970) به نقل از محققین اعلام کرد که ضخامت دیواره تراکئید در چوب بهاره کاج الیوتی بدون توجه به سن ثابت می‌مان و قطر تراکئید و حفره سلولی در جهت مماس تا سن حدود ۱۲ سالگی سریعاً افزایش یافته و سپس از سرعت افزایشی آن کاسته می‌گردد. ضخامت دیواره سلولی چوب تابستانه در اولین دوره ۱۰ ساله به سرعت افزایش یافته و سپس سرعت افزایشی، کاهش دارد و سرانجام در ۲۲ سالگی متوقف می‌شود. قطر تراکئیدها در جهت مماسی کم و بیش تا حدود سن ۲۸ سالگی افزایش یافته و سپس ثابت مانده است. قطر حفره سلولی در چوب تابستانه در جهت مماسی از مغز به‌طرف پوست نسبتاً ثابت ماند.

Wadrop (1965) عنوان کرد تحقیقات نشان داده است که در کاج برگ کوتاه ۳٦ ساله در میسوری ضخامت دیواره سلولهای چوب تابستانه نزدیک مغز حدود ٦ میکرون بوده و ضخامت دیواره تا حد ثابتی در حدود ۷ میکرون تا ۱۵ سالگی افزایش یافته است و ضخامت دیواره سلولهای چوب بهاره نزدیک مغز ۳/۵ میکرون بوده و ضخامت دیواره‌ها تا حدود ٤ میکرون در سن ۸ سالگی افزایش یافته است.

مواد و روشها

نمونه‌برداری از جنگلکاریهای دست‌کاشت منطقه چاتان و کریستان که در استان گلستان قرار دارد انجام گرفت. جنگلکاری این منطقه در سال ۱۳۵۱ انجام گرفت و هدف از جنگلکاری تأمین چوب صنایع کاغذ، تیرهای چوبی و حفاظت و تثبیت خاک بود. ارتفاع از سطح دریا و میزان بارندگی سالیانه منطقه فوق به‌ترتیب ۲۲۰ متر و ۳۵۰ میلمتر می‌باشد. به‌منظور تهیهٔ نمونه‌های آزمایشی دو اصله درخت با سن تقریبی ۱۳ و ۱۷ سال به قطر یقه به ترتیب ۱۲/۷۵

و ۱۸/۸۵ سانتیمتر و ارتفاع به‌ترتیب ۸/۳۳ و ۸/۷۰ متر انتخاب و قطع گردیدند. از هر پایه درخت اولین دیسک از محل یقه درخت و دیسکهای بعدی در فواصل یک متری بریده شد.

جهت تعیین میانگین رویش سالیانه ابتدا قطر هر دیسک در دو جهت عمود بر هم اندازه‌گیری و میانگین آن محاسبه شد. سپس تعداد دوایر سالیانه هر دیسک شمارش و آنگاه ضخامت هر یک از دوایر سالیانه از مغز به طرف پوست در چهار جهت عمود بر هم اندازه‌گیری شد. حاصل تقسیم مجموع ضخامت دوایر سالیانه در هر جهت، بر تعداد دوایر سالیانه همان جهت به‌عنوان میانگین رویش سالیانه در آن جهت محاسبه گردید. میانگین اعداد به‌دست آمده از چهار جهت فوق، معرف میانگین رویش سالیانه هر دیسک بود.

جهت تعیین درصد پوست نیز ابتدا پوست و چوب نمونه هر یک از دیسکها جدا شده و توسط ترازویی با دقت ۰/۱ گرم توزین شد سپس پوست و چوب هر نمونه در هاون به‌مدت ٢٤ ساعت در حرارت ۲+۱۰۳ درجه سانتیگراد قرار گرفت و پس از خشک شدن در دسیکاتور محتوی مواد جاذب رطوبت وزن خشک پوست و چوب تعیین گردید. سپس براساس رابطه ذیل درصد پوست محاسبه شد.

B= ????

B= درصد پوست

Mb= وزن خشک پوست (گرم)

Mw= وزن خشک چوب و پوست (گرم)

جهت اندازه‌گیری ابعاد الیاف شامل طول، قطر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی از روش فرانکلین استفاده شد. به همین منظور ابتدا نمونه‌ها به‌طور جداگانه از چوب بهاره و تابستانه دوایر سالیانه ۵، ۱۰ و ۱۵ از مغز به طرف پوست هر دیسک تهیه و در لوله آزمایش قرار گرفتند. بر روی نمونه‌ها مخلوط آب اکسیژنه و اسیداستیک به نسبت مساوی افزوده شد و لوله آزمایش به مدت ٤٨ ساعت در حرارت ٦٠ درجه سانتیگراد قرار گرفت. پس از آن الیاف نمونه از یکدیگر جدا شده و با میکروسکوپ پروژکسیون‌دار ابعاد ۳۰ عدد الیاف از هر نمونه اندازه‌گیری شد و سپس ضریب لاغری یا درهم رفتگی که نسبت طول به قطر الیاف است و

ضریب مقامت به پارگی که نسبت دوبرابر ضخامت دیواره سلولی به قطر حفره سلولی است و ضریب انعطاف‌پذیری که نسبت قطر حفره سلولی به قطر الیاف است محاسبه گردید.

نتایج و بحث

دوائر رویشی

پس از بررسی و اندازه‌گیری ویژگیهای ظاهری دیسکهای مختلف، مشخص شد که گونهٔ کاج الداریکا دارای میانگین رویش سالیانه ٤/٩٥٠ میلیمتر و میزان پوست ١٢/١٥ درصد می‌باشد. میزان درصد پوست از پایین تنه به طرف بالا کاهش می‌یابد و همچنین میزان آن در درخت مسن‌تر بیشتر است (جدول ١ و ٢). این وضعیت در جداول مربوط به درخت اول و دوم کاملاً مشاهده می‌شود.

جدول شماره ١- ویژگیهای دیسکهای درخت اول

ارتفاع دیسک از زمین (m)	قطر دیسک (cm)	تعداد دوایر رویشی	میانگین رویش سالیانه (mm)	درصد پوست
٠/١٥	١٢/٧٥	١٣	٥/٠٨	٢٥/٧٥
١	١١/٦	١٢	٤/٧٨	١٣/٢٨
٢	١٠/٣٥	١١	٤/٧١	٨/١١
٣	٨/٥	٩	٤/٣١	٧/٧٤
٤	٦/٩٥	٨	٤/١٩	٦/٣
٥	٥/٨٥	٦	٤/٥٤	٥/٨٨
میانگین			٤/٦٢	١١/١٩

جدول شماره ۲- ویژگیهای ظاهری دیسکهای درخت دوم

ارتفاع دیسک از زمین (m)	قطر دیسک (cm)	تعداد دوایر رویشی	میانگین رویش سالیانه (mm)	درصد پوست
۰/۱۵	۱۸/۸۵	۱۷	۵/٤۸	۲۸/۹۱
۱	۱۸/۳	۱٤	٦/۰۷	۱۸/۷۵
۲	۱۳/۷۵	۱۱	۵/۹۹	۱۰/۵۳
۳	۱۰/۸۵	۱۰	۵/۲	۷/٦۹
٤	۸/٦	۹	٤/٦۵	٦/۷۸
۵	٦/۷	۸	٤/۳۲	۵/۹۲
میانگین			۵/۲۸	۱۳/۱

ولی در درخت دوم در دومین دیسک یک افزایش میانگین رویشی سالیانه مشاهده می‌گردد این وضعیت به این دلیل است که درخت دوم از مغز تا دوایر رویشی چهاردهم دارای یافزایش صعودی میانگین رویشی سالیانه بود به‌طوری که ضخامت دوایر رویشی از مغز تا دایره چهاردهم افزایش یافت ولی از دایره چهاردهم تا دایره هفدهم پوست به تدریج از میزان رویش سالیانه کاسته شد به عبارت دیگر ضخامت دوایر رویشی از دایره چهاردهم به طرف پوست کم شد.

مورفولوژی الیاف

یکی از خصوصیات مهم کاربردی چوب در صنایع کاغذ، ابعاد الیاف و به‌خصوص طول آن می‌باشد. با توجه به این خاصیت، کاربرد بعضی از چوبها مخوصوصاً پهن برگان در صنایع کاغذ محدود شده است. در مقابل استفاده از چوبهای سوزنی برگان که اغلب معروف به الیاف بلند می‌باشند بسیار گسترده بوده و ترجیح داده می‌شود. علت اصلی این علاقمندی بالاتر بودن میزان درهم رفتگی الیاف بوده که در نتیجه کاغذ حاصله از مقاومت بالاتری برخوردار خواهد

بود. از طرف دیگر هرچه الیاف، طویلتر باشد به هنگـام تشـکیل ورقـه کاغـذ بـر روی ماشـین کاغذ، آب آسان‌تر از الیاف جدا می‌گردد و بدین‌ترتیب ظرفیت تولید بالا خواهد رفت.

جدول شماره ۳- صفات الیاف درخت اول

			بهاره			تابستانه			
ارتفاع	دایره	طول	قطر	قطـــر حفره	ضخامت دیواره	طول	قطر	قطـــر حفره	ضـــخامت دیواره
۰/۲	۵	۱/۹۶	٤۰/۰۸	۲۹/۷٤	۵/۱۷	۱/۹۳	۳٦/۸٤	۲٦/۰۷	۵/۳۹
	۱۰	۲/۱۹	۳۹/۲۳	۲۷/۵۲	۵/۸۵	۲/۰۷	۳۷/۵۲	۲۵/٤۷	۵/۹٤
۱	۵	۲/۱۵	٤۱/۱۹	۳۰/٤۲	۵/۳۹	۱/۹۸	۳۸/۳۷	۲۸/۲۹	۵/۰۹
	۱۰	۲/٤٦	٤۰/۷۷	۳۰/٤۳	۵/۳	۲/۱۸	۳۸/۲۹	۲٦/۸٤	۵/۷۳
۲	۵	۲/۱٤	۳۸/۱۲	۲۸/۰۳	۵/۰۰	۲/۰۰	۳۷/۰۹	۲٦/۲٤	۵/٤۳
	۱۰	۲/۲۲	٤۰/۵۱	۳۲/۵٦	٤/۳٦	۲/۲۵	۳۷/٤۳	۲۸/۱۲	٤/٦٦
۳	۵	۲/۲	۳۷/۸٦	۲۷/۱۸	۵/۳٤	۲/۰۲	۳۱/۷۹	۲۰/٦۸	۵/۵٦
٤	۵	۲/۱۷	٤۲/٤۸	۳۱/۲۸	۵/٦۸	۲/۰۷	۳۵/۹۸	۲٤/۰۲	۵/۹۸
۵	۵	۲/۲۲	٤۳/٤۲	۳۱/٦۲	۵/۹	۲/۱۱	۳۷/۳۵	۲۵/۱۳	٦/۲٤

جدول شماره ٤- صفات الیاف درخت دوم

			بهاره			تابستانه			
ارتفاع	دایره	طول	قطر	قطـــر حفره	ضخامت دیواره	طول	قطر	قطـــر حفره	ضخامت دیواره
	۵	۱/۸۳	۳۷/۰۹	۲۷/۰۹	۵/۲۱	۱/۸۲	۳۳/٤۲	۲۲/۳۹	۵/۵۱
۰/۲	۱۰	½	٤٤/۸۵	۳۵/۱۹	٤/۸۳	۲/۳۱	۳۷/۳۵	۲۷/۰۹	۵/۱۳
	۱۵	۲/۱٦	۳٦/۷۵	۲۷/۳۵	٤/۷	۲/۳۰	۳۲/۱۲	۲۲/۳۱	٤/۹
	۵	۲/۱۹	٤۳/٦۷	۳۳/٦۷	۵/۰۰	۲/۳۳	٤۱/۱۹	۳۰/۲۵	۵/٤۷
۱	۱۰	۲/۳۹	٤۳/٤۲	۳٤/۱	٤/٦٦	۲/۵۳	٤۱/۵٤	۳۰/۹٤	۵/۳
	۵	۲/۱۸	۳۷/۹٤	۲۷/۹۵	٤/۸۳	۲/٤۹	۳۵/۸۱	۲۵/٤۷	۵/۱۷
۲	۱۰	۲/۹	٤۵/۹۸	۳٤/۸٦	۵/۵٦	۲/۸۵	٤۵/۳۸	۳٤/۱	۵/٦٤

	٥	٢/١٧	٤٠/٢٥	٣٠/١٧	٥/٠٤	٢/٦	٣٧/٠٩	٢٦/٤١	٥/٣٤
٣	١٠	٢/٥٤	٤٢/٩	٣٢/٣٩	٥/٢٦	٢/٧	٣٩/٨٢	٢٩/٢٢	٥/٢٨
٤	٥	٢/٥٤	٤١/٥٤	٣١/٧١	٤/٩١	٢/٤٨	٤٠/٣٤	٢٩/٢٣	٥/٥٦
٥	٥	٢/٨١	٥١/٥٤	٤٢/١	٤/٧	٢/٦٦	٤٤/٧	٣٣/٩٢	٥/٣٨

در این بررسی طول، قطر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی ۱۱۷۰ سلول تراکئید چوب بهاره و تابستانه به‌طور جداگانه اندازه‌گیری شد و مشخص شد که میانگین طول، قطر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی در کاج الداریکا به‌ترتیب ۲/۲٦ میلیمتر، ۳۹/۳۹ میکرومتر، ۲۹/۵۳ میکرومتر و ۵/۲۸ میکرومتر است. کلیهٔ اندازه‌گیری‌های مربوط به ویژگیهای الیاف درخت‌های اول و دوم در جداول ۳ و ٤ درج شده است.

اندازه‌گیریها نشان می‌دهد که گونه فوق در مقایسه با سایر سوزنی‌برگان دارای الیاف کوتاهتری می‌باشد ولی در عین‌حال در مقایسه با پهن‌برگانی که هم‌اکنون جهت تهیه خمیر کاغذ مورد استفاده قرار می‌گیرند از الیاف بلندتری برخوردارند. اندازه‌گیریهایی که توسط طباطبایی و ترور (۱۳٤۹) و نقدی و فاروق (۱۳٤۲) در رابطه با طول الیاف کاج الداریکا صورت گرفت، متوسط طول الیاف را به ترتیب ۱/۳٤ و ۲/۰۹ میلیمتر گزارش کرده‌اند که در مقایسه با ارقام به‌دست آمده در این تحقیقات طول کوتاه‌تری را نشان می‌دهد، شاید علت اصلی این اختلاف، رویشگاه باشد، زیرا نمونه‌برداری طباطبایی و ترور از منطقه کرج انجام گرفت که در مقایسه با منطقه گرگان از رطوبت و میزان بارندگی کمتری برخوردار است.

اندازه‌گیری تغییرات طول الیاف چوب بهاره در اثر ارتفاع از سطح زمین نشان می‌دهد که کوتاه‌ترین الیاف در نزدیکی سطح زمین قرار داشته و با افزایش ارتفاع از سطح زمین، طول الیاف افزایش یافته است. بر این اساس یک رابطه خطی بین طول الیاف و ارتفاعع از سطح زمین وجود دارد و ضریب همبستگی ۰/۸٦ با معادله رگرسیون $Y=۰/۰۷x + ۲/۱۳ = x+$ نشاندهنده وابستگی افزایش طول الیاف بهاره با افزایش ارتفاع از سطح زمین می‌باشد. تغییرات طول الیاف چوب بهاره از مغز به طرف پوست نیز پس از اندازه‌گیری مشخص شد. در این مورد طول الیاف از دایره رویشی ۵ تا ۱۰ افزایش و از دایره ۱۰ تا ۱۵ کاهش یافته است و

بلندترین الیاف در دایره رویشی ۱۰ قرار دارند و معادله رگرسیون Y=-۰/۰۰۵x+۲/۳ رابطه بین طول الیاف و فاصله از مغز را نشان می‌دهد که طول الیاف از مغز به‌طرف پوست اندکی کاهش یافته و ضریب همبستگی آن ۰/۲۱- می‌باشد.

در رابطه با تغییرات طول الیاف چوب تابستانه در اثر ارتفاع از سطح زمین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کوتاهترین الیاف در نزدیک سطح زمین قرار داشته و با افزایش ارتفاع از سطح زمین طول الیاف افزایش می‌یابد. در این مورد ضریب همبستگی بین طول الیاف و ارتفاع از سطح زمین ۰/٦۹ و معادله رگرسیون Y=۰/۰٤x+۲/۱۹ می‌باشد. اگرچه این همبستتگی به شدت ضریب همبستگی در چوب بهاره نمی‌باشد ولی بیانگر ارتباط افزایش طول الیاف با افزایش ارتفاع از سطح زمین می‌باشد. ذکر این نکته ضروری است که باتوجه به شیب ضریب همبستگی کمتر، در مقایسه با چوب بهاره، می‌توان عنوان کرد که سرعت افزایشی طول الیاف چوب تابستانه در اثر افزایش ارتفاع، کمتر از سرعت افزایشی طول الیاف چوب بهاره در اثر افزایش ارتفاع از سطح زمین می‌باشد.

تغییرات طول الیاف چوب تابستانه در اثر فاصله از مغز نیز مور ارزیابی قرار گرفت. در این مورد طول الیاف از دایره رویشی ۵ تا ۱۰ افزایش و از دایره رویشی ۱۰ تا ۱۵ کاهش یافته است و بلندترین الیاف در دایره رویشی ۱۰ وجود دارند و خط رگرسیون رابطه بین طول الیاف و فاصله از مغز نشان می‌دهد که طول الیاف از مغز به طرف پوست اندکی افزایش یافت و ضریب همبستگی آن ۰/٦ و معادله رگرسیون آن Y=۰/۰۱x+۲/۲ می‌باشد.

تغییرات میانگین طول الیاف چوب تابستانه و بهاره در اثر ارتفاع از سطح زمین (شکل یک) نیز مورد مطالعه قرار گرفت.

بر این اساس باتوجه به معادله رگرسیون Y=۰/۰٦x+۲/۱٦ می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کوتاهترین الیاف در نزدیک سطح زمین قرار داشته و با افزایش ارتفاع از سطح زمین طول الیاف افزایش می‌یابد. این تغییرات دارای ضریب همبستگی ۰/۸ می‌باشد. و همچنین با تعیین تغییرات میانگین طول الیاف چوب بهاره و تابستانه در اثر فاصله از مغز (شکل ۲) می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که کوتاهترین الیاف در دایره رویشی ۵ قرار داشته و از دایره رویشی ۵

تا ۱۰ طول الیاف افزایش یافته و از دایره رویشی ۱۰ تا ۱۵ طول الیاف اندکی کاهش می‌یابد. به دلیل این تغییرات ضریب همبستگی مربوط کاهش داشته و تا ۰/۱۱ نزول می‌کند و معادله خط رگرسیون این تغییرات ۲۵
$Y=۰/۰۰۲X+۲/۲۵$ می‌باشد.

دومین صفتی که طی این بررسیها تغییرات مشخصی را نشان داد ضخامت دیواره سلولی الیاف بود که میانگین آن در چوب بهاره ۵/۱۳ و در چوب تابستانه ٥/٤٤ بود.

تغییرات ضخامت دیواره سلولی الیاف چوب بهاره در اثر ارتفاع از سطح زمین نشان می‌دهد که ضخامت دیواره سلولی تا ارتفاع ۲ متر از سطح زمین کاهش یافته و به حداقل خود می‌رسد و پس از آن ضخامت دیواره سلولی تا ارتفاع ۵ متری از سطح زمین افزایش می‌یابد و به حداکثر ضخامت می‌رسد. تغییرات ضخامت دیواره سلولی الیاف چوب بهاره در اثر ارتفاع دارای ضریب همبستگی ۰/٦٤ است که نشان‌دهنده وابستگی افزایشی ضخامت دیواره سلولی الیاف در ارتفاعهای مختلف درخت می‌باشد و معادله رگرسیون آن $Y=۰/۰۵X+۵/۰۵$ است.

تغییرات ضخامت دیواره سلولی الیاف چوب بهاره در اثر فاصله از مغز اندازه‌گیری شد و نتایج حاصله نشان داد که ضخامت دیواره سلولی الیاف از مغز به طرف پوست کاهش می‌یابد و ضریب همبستگی این کاهش ۰/۹۲- بود و معادلهٔ رگرسیون آن نیز $Y=-۰/۰۵X+۵/٤۸$ است.

نتایج بررسی تغییرات ضخامت دیواره سلولی الیاف چوب تابستانه در اثر ارتفاع از سطح زمین حاکی از آن است که ضخامت دیواره سلولی الیاف در نزدیک سطح زمین تا ارتفاع یک متر از سطح زمین تا حدودی افزایش یافته و پس از آن ضخامت دیواره سلولی تا ارتفاع ۲ متر از سطح زمین کاهش می‌یابد. سپس ضخامت دیواره سلولی تا ارتفاع ۵ متری زمین افزایش یافته و به مقدار حداکثر ضخامت می‌رسد. ضریب همبستگی ۰/۸ نشان‌دهنده وابستگی افزایش ضخامت دیواره سلولی الیاف چوب تابستانه با افزایش ارتفاع از سطح زمین می‌باشد و معادلهٔ رگرسیون آن
$Y=۰/۱X+۰/۲۵$ است.

تغییرات ضخامت دیواره سلولی الیاف چوب تابستانه از مغز به طرف پوست نیز تعیین شد. بر این اساس ضضخامت دیواره سلولی الیاف از دایره رویشی ۵ تا ۱۵ کاهش یافته است و خط رگرسیون رابطه بین ضخامت دیواره سلولی و فاصله از ممغز به معادلهٔ Y=-۰/۰٦+۵/۸۸ نشان می‌دهد که ضخامت دیواره سلولی الیاف از مغز به طرف پوست کاهش یافته و ضریب همبستگی آن ۰/۹٤- می‌باشد.

تغییرات میانگین ضخامت دیواره سلولی الیاف چوب بهاره و تابستانه در اثر ارتفاع از سطح زمین (شکل شماره ۳) پس از بررسی نشان داد که حداقل ضخامت دیواره سلولی الیاف در اثر ارتفاع ۲ متر از سطح زمین قرا ر داشته و پس از آن ضخامت دیواره سلولی الیاف تا ارتفاع ۵ متری زمین افزایش یافته و به مقدار حداکثر ضخامت می‌رسد. ضریب همبستگی ۰/۷٦ نشان‌دهنده وابستگی افزایش میانگین ضخامت دیواره سلولی الیاف چوب بهاره و تابستانه با افزایش ارتفاع از سطح زمین می‌باشد. این تغییرات دارای معادلهٔ رگرسیون Y=۰/۰۷x+۵/۱۵ است.

تغییرات میانگین ضخامت دیواره سلولی الیاف چوب بهاره و تابستانه در اثر فاصله از مغز (شکل شماره ٤) نیز نشان می‌دهد که ضخامت دیواره سلولی الیاف از دایره رویشی ۵ تا ۱۵ کاهش یافته است و ضریب همبستگی این کاهش ۰/۹۳- می‌باشد. معادلهٔ خخط رگرسیون این تغییرات Y=-۰+۰۵+۵/٦۷ است.

شکل شماره ۸- تغییرات میانگین طول الیاف (چوب تابستانه و بهاره) با توجه به ارتفاع از سطح زمین

شکل شماره ۹- تغییرات میانگین طول الیاف (چوب تابستانه و بهاره) با توجه به فاصله از مغز

شکل شماره ۱۵- تغییرات میانگین ضخامت دیواره سلولی (چوب تابستانه و بهاره) با توجه به فاصله از مغز

شکل شماره ١٤- تغییرات میانگین ضخامت دیواره سلولی (چوب تابستانه و بهاره) با توجه به ارتفاع از سطح زمین

ازجمله تحقیقاتی که در رابطه با تغییرات ضخامت دیواره تراکئیدها با توجه به فاصله از مغز صورت گرفته است می‌توان به مطالعاتی که توسط Jane (1970) در رابطه با کاج برگ کوتاه انجام گرفته است، اشاره کرد. وی طی مطالعاتش دریافت که ضخامت دیواره سلولهای چوب تابستانه نزدیک مغز در حدود ٦ میکرون بوده و ضخامت دیواره‌ها تا ۱۵ سالگی به حدود ۷ میکرون می‌رسد و همچنین ضخامت دیواره سلولهای چوب بهاره نزدیک مغز در حدود ۳/۵ میکرون و ضخامت دیواره‌ها تا ۸ سالگی به حدود ٤ میکرون می‌رسد. از جمله تحقیقات دیگر می‌توان به مطالعه Koch (1972) اشاره کرد. وی طی مطالعاتش تغییراتی را در ضخامت دیواره تراکئید کاج الیوتی با توجه به فاصله از مغز در ارتفاع برابر سینه مشاهده نمود و دریافت که ضخامت دیواره ترکئیدهای چوب بهاره بدون توجه به سن ثابت مانده است و ضخامت دیواره تراکئیدهای چوب تابستانه در اولین دوره ۱۰ ساله به سرعت افزایش یافته و سپس سرعت افزایش، کاهش داشته و سرانجام در سن ۲۲ سالگی متوقف شده است.

ضرایب کاغذسازی که شامل ضـریب درهـم رفتگـی، ضـریب مقاومـت بـه پـارگی و ضـریب انعطاف‌پذیری است ضرایبی هستند که به‌وسیلهٔ آنها قبل از ساختن کاغـذ مـی‌تـوان ویژگیهـای احتمالی آن را براساس صفات الیاف پیش‌بینی کرد و با توجه به اینکه برای صـنایع کاغذسـازی هرچند انتخاب که در شرایط حاضر مشکل است ولی با این وجود توانـایی انتخـاب در طـول گردبینه آسان‌تر می‌باشد، لذا ضریب کاغذسازی در طول گردبینه کاج الداریکا محاسبه شد و در جدول شماره ۵ درج گردید. با توجه بـه جـدول شـماره ۵ مشـخص مـی‌شـود کـه ضـرایب کاغذسازی در فاصلهٔ ۲ تا ٤ متری از سطح زمین در شـرایط بهتـری بودنـد و کـلاً گونـهٔ فـوق دارای ضـریب درهـم رفتگـی ۵۸/۵۹، ضـریب مقاومـت بـه پـارگی ۳٦/۲٤ درصـد و ضـریب انعطاف‌پذیری ۱۸/۱۲ درصد بود.

جدول شماره ۵- ضرایب ککاغذسازی در طول درخت کاج الداریکا

ارتفاع (m)	ضریب لاغری یا درهـم رفتگی b	ضریب مقاومت به پـارگی 2p/c.100	ضـریب انعطـاف‌پـذیری c/d.100
۰/۲	٥٤//۹۰	۳۸/۹۳	۱۹/٤۷
۱	۵۵/۲۹	۳٤/۲۳	۱۷/۱۱
۲	٦۷/۵۲	۳٤/۲٤	۱۷/۱۲
۳	٦۰/۵۹	۳۸/۳۸	۱۹/۱۹
٤	۵۷/۸۷	۳۸/۱۰	۱۹/۰۵
۵	۵۵/۳۷	۳۳/۵۵	۱٦/۷۸
میانگین	۵۸/۵۹	۳٦/۲٤	۱۸/۱۲

باتوجه به نتایج حاصله مشخص شد که در گونه کاج الداریکا میزان درصد پوسـت نسـبت بـه چوب از پایین به بالا کاهش می‌یابد و تا سن ۱٤ سالگی با توجه بـه افـزایش ضـخامت دوایـر سالانه به نظر می‌رسد میزان تولید چوب افزایش یابد. همانگونه که انتظار مـی‌رفـت علـی‌رغـم اینکه در این گونه انتقال چوب بهاره به تابستانه کاملاً تدریجی اسـت ولـی قطـر تراکئیـدها در

چوب بهاره از تابستانه بیشتر بوده و برعکس ضخامت دیواره سلولی تراکئیدها در چوب تابستانه از چوب بهاره بیشتر است.

منابع مورد استفاده

۱- سرائیان، احمدرضا. ۱۳٦۸، بررسی امکان جایگزینی خمیر الیاف بلند وارداتی با خمیر کاغذ تدا، پایان‌نامه فوق لیسانس- تهران- دانشگاه ترتبیت مدرس- دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی.

۲- سردابی، حسین- ۱۳٦۸- بررسی سازگارهای گونه‌های مختلف اوکالیپتوس و کاج در شرق ساحل دریای خزر- پایان‌نامه فوق‌لیسانس- دانشگاه تهران- دانشکده منابع طبیعی.

۳- طایی، علی‌اصغر- ۱۳٦۹- چوب و کاغذ- از سری انتشارات بررسیهای کالایی شماره ۱۱.

٤- طباطبایی و ترور- ۱۳٤۹- بررسی مقایسه‌ای دو گونه کاج در ایران- نشریه دانشگاه تهران- شماره ۱۷- دانشکده جنگلداری.

۵- نقدی و فاورق- ۱۳٤۲- بررسی آماری طول تراکئیدهای کاج الداریکا (پایان‌نامه فوق لیسانس)- دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی.

٦- یعقوب زاده، ناصر- ۱۳۵۵- بررسی مهمترین منابع گیلوسلولزی ایران و ارزشیابی فنی آنها جهت خمیر کاغذ و مقوا، نشریه دانشکده منابع طبیعی شماره ۳۳.

7- Dadswell, H. E. and Nicholls, J. W. P. (1959). Assessment of wood qualities for tree breading. 1- In pinus elliottii C. S. I. RO. Australia Div. of for. Prod. Tech. Paper No. 4.

8- Franklin, G. L. (1946). A rapid method of softening wood for … trop woods 88, 35-6

9- Jackson, A. B. and Dallimore, W. (1948). A Hand book of coniferae.

10- Jane, F. W. (1970). The structure of wood . A Black second Edition. Lonndon.

11- Koch, P.. (1972). Utilization of the southern pines. Agri culture Handbook No. 420. U.S. Dep. Of Agriewlture Forest servise.

12- Mc.Millan, W. B. (1925). A study in the comparative lengths of tracheids of red spruce grown under free and suppressed conditions. J. for. 23, 34-42.

13- Wardrep, A. B. (1965). The formation and structure of the cell wall in fibres and tracheids. J. Exp. Bot. 16, 356-71.
14- Zobel, B. J. (1976). Wood properties as affected by changes in the wood supply of southern pines. Tappi: 59 (4): 126-128.

Investigation on trend of fiber variation of P. eldarica pine wood (p. eld).

In this study, annual growth bark content fiher dimensions of pine wood (P. eldarica) measuned. Annual ring thickness and barlc content 4.95 mm, 12.15 are determined respeetively. Fibor length, fiber diameter, Luemen cell diameter, cell wall thiclcness were determined 2.26 mm, 39.39 mm, 29.53 mm, 5.28 mm respectively. Also felting coefficent 58.59, tear coefficient 36.28% and flexihility Gefficient 18.12% were measured.

Trend of variations of fiber dimensions indicated that fibers longth increased with increasing tree height from butt to crown. Also this property increased from pi?? To teenth annued ring then decreased to ward of hark. Cell wall thickness decreased thenn increeds. Also cell wall thickness decreased from pitch toward bark.