



در

منابع طبیعی شماره ۷۸، بهار ۱۳۸۷



## ناهمگنی خواص فیزیکی چوب در درختان نوئل (*Picea abies*) حاوی چوب فشاری

### • اصغر طارمیان

دانشجوی دکتری رشته علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران،

### • مهدی فائزی پور

استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

### • علی نقی کریمی

دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

### • داوود پارسا پزوه

استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران  
تاریخ دریافت: مرداد ماه ۱۳۸۵ تاریخ پذیرش: دی ماه ۱۳۸۵

Email: tarmian@ut.ac.ir

### چکیده

در این تحقیق، خواص فیزیکی چوب فشاری، چوب نرمال و چوب مقابل نوئل (*Picea abies*) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که از لحاظ رطوبت سرپا تفاوت معنی داری بین چوب فشاری و چوب نرمال وجود نداشته ولی چوب مقابل با این دو چوب تفاوت معنی داری دارد. کمترین و بیشترین رطوبت سرپا به ترتیب در چوب فشاری (۴۵٪) و چوب مقابل (۱۱۸٪) مشاهده شد. مقادیر دانسیته سبز و خشک در چوب فشاری بیشتر از دو نوع چوب دیگر بود. اختلاف معنی داری در مقدار جذب آب چوب نرمال (۱۰۹٪) و چوب مقابل (۱۲۲/۵٪) مشاهده نشد ولی چوب فشاری نسبت به دو چوب دیگر جذب آب کمتری داشت (۵۳/۲٪). نتایج همچنین نشان داد که همکشیدگی و واکشیدگی حداکثر چوب فشاری نوئل در جهت طولی (۳٪) بیشتر از چوب‌های نرمال و مقابل آن است (نزدیک به صفر). در مقابل، همکشیدگی و واکشیدگی مماسی و شعاعی حداکثر چوب‌های نرمال و مقابل بیشتر از چوب فشاری بود. چوب فشاری همکشیدگی و واکشیدگی حجمی حداکثر کمتری را نسبت به دو چوب دیگر نشان داد. طبق نتایج بدست آمده در این مطالعه، در شرایط رطوبت نسبی و دمای یکسان، چوب فشاری در مقایسه با چوب‌های نرمال و مقابل دیرتر به رطوبت تعادل محیط می رسد و رطوبت تعادل کمتری دارد.

کلمات کلیدی: چوب فشاری، چوب نرمال، چوب مقابل، خواص فیزیکی، نوئل

Pajouhesh & Sazandegi No:78 pp: 158-166

### The heterogeneity in physical properties of wood in spruce trees (*Picea abies*) containing compression wood

By: A. Tarmian., Ph.D. Student, Faculty of Natural Resources, University of Tehran., M. Faezipour., Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran., A.N. Karimi., Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran., D. Parsapajouh., Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

This paper was conducted to investigate the physical properties of compression wood, normal wood, and opposite wood of spruce (*Picea abies*). In the case of stand moisture content, there was no significant difference between the normal wood and compression wood, whereas the opposite wood was significantly different from the woods. The highest and the least stand moisture content values were observed in the compression wood (~45%) and opposite wood (~118%), respectively. The green and dry densities of the compression wood were higher than those of the other woods. There was no significant difference in the water absorption content of the normal wood (109%) and opposite wood (112.5%), whereas water absorption content of the compression wood (53.2%) was lower than that of the woods. The results also indicated that the maximum longitudinal shrinkage and swelling values of the compression wood (~3%) were higher than those of the normal and opposite woods (about 0%). In contrast, maximum radial and tangential swelling and shrinkage values of the normal wood and opposite wood were higher than those of the compression wood. Compression wood had lower maximum volumetric shrinkage and swelling compared to the other woods. Based on the findings of this study, in the same relative humidity and temperature conditions, compression wood had lower equilibrium moisture content in comparison with the normal and opposite woods.

**Keywords:** Compression wood, Normal wood, Opposite wood, Physical properties, Spruce

#### مقدمه

شیمیائی، فیزیکی و مکانیکی چوب فشاری و چوب مقابل آن وجود دارد (۱۸، ۱۶، ۹، ۳).

نتایج تحقیقات حاکی از آن است که چوب مقابل کاج رادیاتا با چوب نرمال آن تفاوتی ندارد و فقط دانسیته آن اندکی کمتر از چوب نرمال آن است (۴، ۱۱). مطالعات همچنین نشان می دهد که دانسیته سبز چوب

در بعضی از رویشگاهها که درختان در زمینهای شیبدار یا در معرض بادهای غالب و برف قرار می گیرند، احتمال خمیدگی و بروز چوب واکنشی<sup>۱</sup> در آنها وجود دارد (۱۰). چوب واکنشی، چوب غیرنرمالی است که در درختان پهن برگ تحت عنوان چوب کششی<sup>۲</sup> معمولاً در قسمت فوقانی تنه یا شاخه خمیده و در درختان سوزنی برگ تحت عنوان چوب فشاری<sup>۳</sup> معمولاً در قسمت تحتانی تنه یا شاخه خمیده تشکیل می شود (۱۰، ۱۸). در یک دیسک بریده شده از یک گرده بینه نوئل حاوی چوب فشاری (شکل ۱) می توان سه ناحیه را از هم تمیز داد، ناحیه (۱): چوب مقابل<sup>۴</sup> که در قسمت فوقانی مغز (قسمت فوقانی تنه خمیده) قرار دارد، ناحیه (۲): چوب نرمال<sup>۵</sup> که بین مغز و چوب فشاری تشکیل می شود و ناحیه (۳): چوب فشاری که در قسمت تحتانی مغز قرار دارد (۱۹). در بعضی از درختان سوزنی برگ حاوی چوب فشاری فقط چوب فشاری و چوب مقابل تشکیل می شود. نمونه ای از این حالت در مقطع عرضی گونه *Pinus resinosa* مشاهده شده است (شکل ۲) Timell، (۱۷). چوبی را که در سمت مقابل چوب فشاری تشکیل می شود، نمی توان جزء چوب نرمال به حساب آورد (۵). تحقیقات نشان می دهد که تفاوت قابل توجهی بین خواص آناتومی،

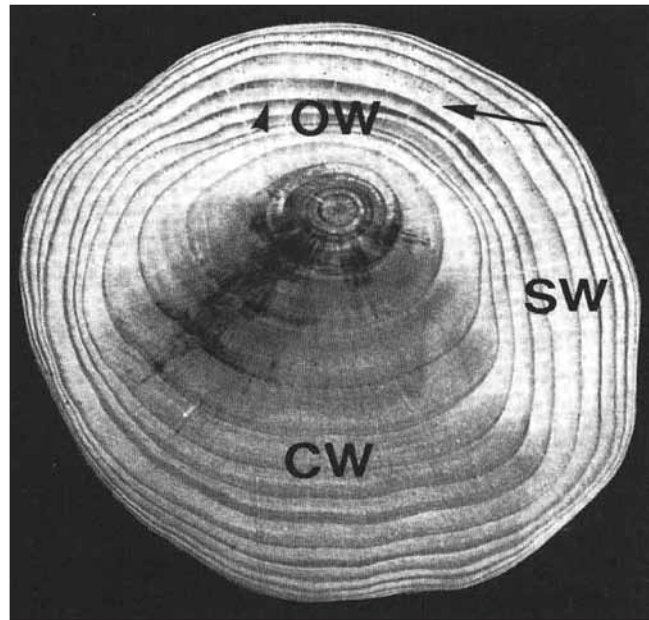


شکل ۱- چوب فشاری، چوب نرمال و چوب مقابل

در یک دیسک بریده شده

از گرده بینه نوئل (*Picea abies*) مورد مطالعه

شکل ۲- دیسک بریده شده گونه *Pinus resinosa* حاوی چوب فشاری و چوب مقابل، بدون تشکیل چوب نرمال، OW: چوب مقابل، CW: چوب فشاری، SW: چوب جانبی (Timell) و (۱۷).



و زاویه میکروفیبریل لایه S<sub>2</sub> در چوب فشاری و چوب نرمال گونه سرو سیمین پرداخته است. نتایج تحقیقات وی نشان می دهد که متوسط طول تراکنید و زاویه میکروفیبریل در چوب فشاری بیشتر بوده و در هر دو نوع چوب با دور شدن از مغز طول تراکنید افزایش و زاویه میکروفیبریل کاهش می یابد.

با توجه به اهمیت خواص فیزیکی چوب مانند دانسیته، رطوبت سرپا و پایداری ابعاد آن در بسیاری از کاربردهای چوب، در این تحقیق، خواص فیزیکی مهم چوب نرمال، چوب فشاری و چوب مقابل نوتل (*Picea abies*) به صورت همزمان در یک دیسک گرده بینه مورد مطالعه و مقایسه قرار گرفت. خواص فیزیکی مورد مطالعه عبارت بودند از: مقادیر رطوبت سرپا، دانسیته سبز و دانسیته خشک، جذب آب، واکنشیدگی و همکشیدگی حداکثر حجمی، واکنشیدگی و همکشیدگی حداکثر در سه جهت طولی، شعاعی و مماسی و رطوبت تعادل.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه و محل نمونه برداری

محل نمونه برداری، جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود کنار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، بخش پاتم، پارسل ۱۱۴ بود. ارتفاع رویشگاه مورد مطالعه، ۶۱۰-۷۹۰ متر و شیب آن ۳۰-۴۰٪ بود. در این منطقه، در سال ۱۳۶۰ به مساحت ۱/۲ هکتار در تیپ راشستان، درختان نوتل (*Picea abies*) جنگلکاری شده‌اند. اکثر درختان نوتل این منطقه تحت تاثیر بادهای غالب خمیده شده و حاوی چوب فشاری بودند.

#### روش نمونه برداری و خواص مورد مطالعه

در فروردین ماه ۱۳۸۵، از منطقه مذکور، چهار درخت نوتل دست کاشت که در اثر وزش باد غالب و وزن برف دچار خمیدگی شده و به شدت حاوی چوب فشاری بودند، قطع شد. پس از قطع، در محل خمیدگی، گرده بینه‌های کوتاه به طول حدود ۱۲۰ سانتی‌متر با قطر میانگین حدود ۵/۱۲ سانتی‌متر بریده شد. برای جلوگیری از کاهش رطوبت گرده بینه‌ها، مقاطع آنها با پارافین آغشته شد. قبل از تهیه نمونه‌های چوبی مورد آزمایش، برای حذف خطای ناشی از دفع طولی رطوبت از مقاطع گرده بینه‌ها، از دو طرف مقطع گرده بینه‌ها، قطعاتی به طول حدود ۲۵ سانتی‌متر به‌عنوان دورریز بریده شد. خواص ظاهری هر یک از گرده بینه‌ها (درصد برون مرکزی و نامنظمی سطح مقطع) اندازه‌گیری شد.

سپس از هر گرده بینه باقیمانده، پس از شناسایی چوب فشاری (چوب فشاری به رنگ قهوه ای روشن تا تیره است و براحتی در مقطع گرده بینه به صورت ماکروسکوپی قابل شناسایی است)، از هر سه ناحیه یعنی ناحیه چوب فشاری، چوب نرمال و چوب مقابل، نمونه‌های آزمونی به ابعاد ۲×۲ سانتی‌متر برای مطالعه دانسیته سبز، دانسیته خشک، رطوبت سرپا، جذب آب پس از ۲۴ ساعت غوطه وری، مقادیر واکنشیدگی

مقابل کمتر از چوب نرمال ولی رطوبت سرپای آن بیشتر از آن است (۴). مطالعات Zingg و Jonson (۶) بر روی اندازه گیری رطوبت سرپا در چوب فشاری و چوب نرمال گونه *Abies amabilis* نشان می‌دهد که رطوبت سرپا در چوب فشاری این گونه (۱۲۰٪) کمتر از چوب نرمال آن (۱۶۲٪) است. مطالعات انجام شده بر روی چندین گونه سوزنی برگ آمریکا نشان می دهد که دانسیته چوب فشاری حدود ۴۰٪ بیشتر از چوب نرمال است (۶).

طبق اظهار نظر Hartig (۴) میزان همکشیدگی شعاعی و مماسی چوب نرمال ممکن است حداکثر دوبرابر مقدار آن در چوب فشاری باشد. چوب فشاری در جهت طولی بیشتر از چوب نرمال دچار همکشیدگی می‌شود (۱۴). تحقیقات نشان می دهد که در اثر خشک کردن چوب فشاری کاج جنوبی از رطوبت سبزی تا رطوبت صفر، در جهت طولی ۲٪ دچار همکشیدگی می‌شود (۱۲). بر اساس تحقیقات انجام شده بر روی گونه *Araucaria angustifolia*، حداکثر همکشیدگی طولی چوب نرمال و چوب فشاری آن به ترتیب ۲۷٪ و ۳۴٪ اندازه‌گیری شد (۱۵).

همچنین نتایج بررسی‌ها، حداکثر همکشیدگی حجمی چوب نرمال و چوب فشاری گونه نراد بالزام (*Abies balsamea*) را به ترتیب ۱۳/۹ و ۸/۹٪ نشان داد (۱۳). متوسط همکشیدگی حداکثر طولی چوب نرمال و چوب فشاری این گونه به ترتیب ۱۹٪ و ۱۴٪ بدست آمد (۱۳).

در اکثر تحقیقات انجام شده، خواص فیزیکی چوب فشاری با چوب مقابل و چوب نرمال به صورت مجزا مورد مقایسه و مطالعه قرار گرفته است و خواص فیزیکی این سه نوع چوب کمتر به صورت همزمان در یک گونه مشخص مطالعه شده است. از طرفی، بسیاری از محققین فقط به مطالعه دانسیته، رطوبت سرپا و همکشیدگی این سه نوع چوب پرداخته‌اند و به بعضی از خواص فیزیکی آنها مانند: جذب آب، واکنشیدگی حداکثر و مقدار رطوبت تعادل کمتر توجه شده است. در ایران، تحقیقات اندکی در ارتباط با خواص چوب فشاری انجام شده است. در یکی از این معدود تحقیقات، اولادی (۲) به مطالعه روند تغییرات و رابطه بین طول تراکنید

### رطوبت سرپا (رطوبت سبز)

رطوبت سرپا در بین گونه‌های مختلف از ۳۰ تا ۴۰٪ متغیر است. اطلاع از مقدار رطوبت سرپای چوب از جنبه‌های طراحی تجهیزات برداشت و حمل و نقل کرده بینه‌ها و خرید چوب به صورت وزنی (به عنوان مثال چوب گرد کاغذ سازی) یا در مواقعی که حمل و نقل چوب سبز ضروری باشد، حائز اهمیت است. از طرفی، با توجه به تاثیر رطوبت سبز چوب در سرعت خشک شدن آن، اطلاع از مقادیر رطوبت سبز چوب آلات قبل از خشک کردن ضروری است.

شکل ۳ مقادیر رطوبت سرپا (به عبارت بهتر، رطوبت سبز) را در چوب فشاری، چوب نرمال و چوب مقابل نوئل اروپا (نوئل نروژ) نشان می‌دهد. نتایج آزمون دانکن نشان می‌دهد که چوب مقابل از لحاظ مقدار رطوبت سرپا اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ با چوب فشاری و چوب نرمال دارد. اختلاف معنی داری بین رطوبت سرپا در چوب نرمال و چوب فشاری درختان نوئل مورد مطالعه مشاهده نشد.

رطوبت سبز در درختان نوئل مورد مطالعه در دامنه ۱۱۸ تا ۴۵٪ بود. بیشترین مقدار رطوبت سبز در چوب مقابل (حدود ۱۱۸٪) و کمترین مقدار آن در چوب فشاری (حدود ۴۵٪) مشاهده شد. رطوبت سرپا در چوب مقابل به ترتیب حدود ۱۶۲٪ و ۹۰٪ بیشتر از چوب فشاری و چوب نرمال بود.

### دانسیته

دانسیته چوب را می‌توان مهمترین خاصیت فیزیکی چوب بر شمرده، به دلیل اینکه بسیاری از خواص مهم چوب مانند مقاومت‌های مکانیکی، سرعت خشک شدن و خواص کاربردی آن در تهیه فرآورده‌های مرکب چوب مانند تخته خرده چوب تحت تاثیر دانسیته قرار دارند. اطلاع از دانسیته چوب در محاسبه وزن چوب‌ها و تعیین موارد استعمال آن حائز اهمیت است.

همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده است، در مقطع عرضی گرده بینه‌های درختان نوئل حاوی چوب فشاری، نوسانات دانسیته قابل توجهی وجود دارد.

نتایج آزمون دانکن و مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که بین مقادیر دانسیته سبز و دانسیته خشک چوب نرمال و چوب مقابل درختان نوئل مورد مطالعه، در سطح ۵٪ تفاوت معنی داری وجود ندارد ولی دانسیته چوب فشاری با دانسیته چوب‌های مذکور در سطح ۵٪ تفاوت معنی داری

و همکشیدگی حداکثر (تغییر ابعاد چوب در دامنه رطوبت صفر تا رطوبت FSP<sup>۶</sup> در سه جهت شعاعی، مماسی و طولی)، همکشیدگی و واکشیدگی حجمی حداکثر (تغییر حجم چوب در دامنه رطوبت صفر تا رطوبت FSP) و رطوبت تعادل تهیه شد. رطوبت تعادل نمونه‌ها پس از ۴، ۸، ۲۰ ساعت و یک هفته در شرایط رطوبت نسبی ثابت ۷۰٪ و دمای ثابت ۲۶ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری شد.

### طرح آماری و روش تجزیه و تحلیل نتایج

طرح آماری مورد مطالعه، طرح کاملاً تصادفی مشتمل بر سه تیمار (چوب فشاری، چوب نرمال و چوب مقابل) و چهار تکرار (چهار درخت) بود. با استفاده از نرم افزار SAS، جدول تجزیه واریانس برای معنی‌دار بودن یا معنی‌دار نبودن اختلاف بین تیمارها تهیه شده و برای مقایسه میانگین‌ها به صورت دو به دو از آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۵ درصد استفاده می‌شود. بر روی هریک از نمودارها انحراف معیار نتایج نیز ارائه شد.

### نتایج و مشاهدات

#### خواص ظاهری گرده بینه‌ها

ابعاد گرده بینه‌های مورد مطالعه و خواص ظاهری آنها در جدول ۱ ارائه شده است. برای اندازه‌گیری نامنظمی سطح مقطع (بیضوی) و برون مرکزی از روابط ۱ و ۲ استفاده شد (۷):

$$GE = \frac{R1 - R2}{D2} \times 100 \quad \text{رابطه ۱-}$$

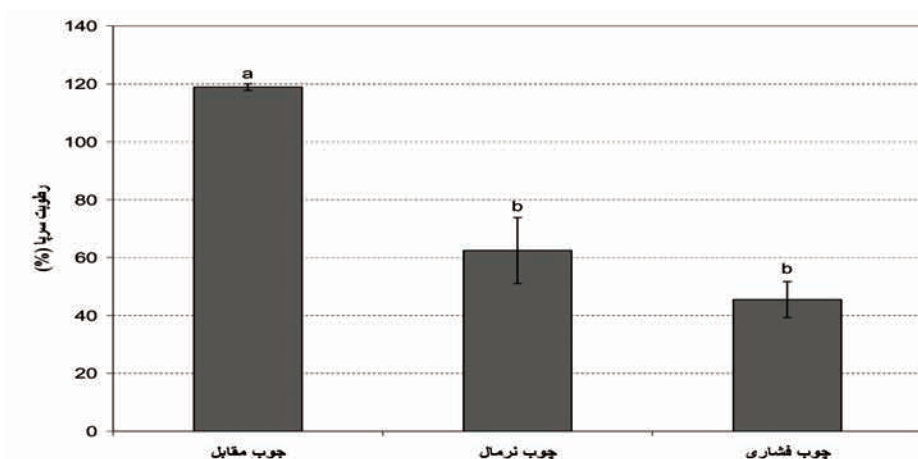
$$RD = \frac{|D2 - D1|}{D2} \times 100 \quad \text{رابطه ۲-}$$

RD<sup>۷</sup>: نامنظمی سطح مقطع (بیضوی)، GE<sup>۸</sup>: برون مرکزی، D<sub>۱</sub>: قطر کوچک گرده بینه، D<sub>۲</sub>: قطر بزرگ گرده بینه، R<sub>۱</sub>: شعاع بزرگ گرده بینه، R<sub>۲</sub>: شعاع کوچک گرده بینه

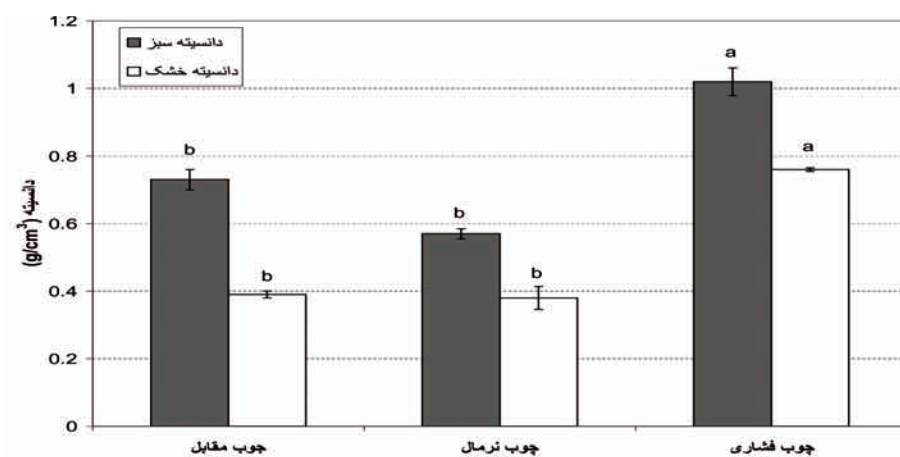
نتایج نشان می‌داد که گرده بینه‌های مورد مطالعه به علت تشکیل چوب فشاری و پهنای بیشتر دواپر سالیانه در این ناحیه، دارای برون مرکزی نسبتاً بالایی (۲۴/۵٪) بودند.

جدول ۱- ابعاد و خواص ظاهری گرده بینه‌های مورد مطالعه

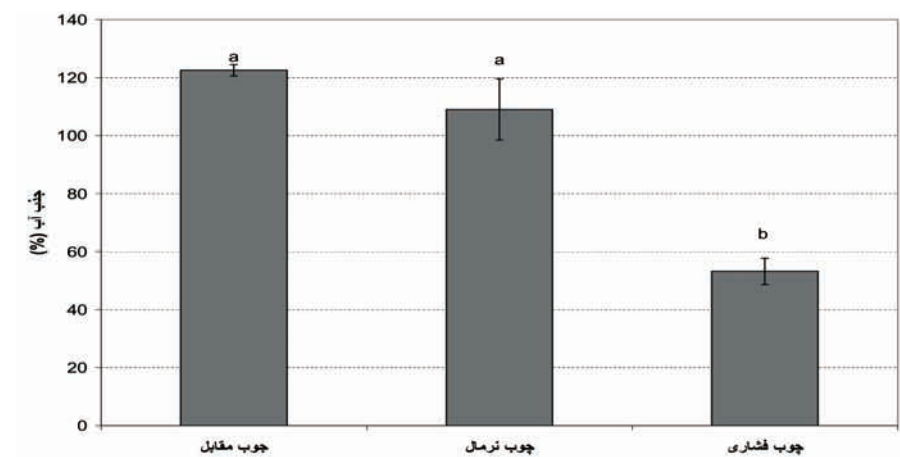
تکرار	قطر بزرگ (cm)	قطر کوچک (cm)	برون مرکزی (%)	بیضوی (%)
۱	۱۴	۱۰/۵	۲۸/۵۷	۲۵
۲	۱۳	۱۰	۲۳/۰۷	۲۳/۰۷
۳	۱۴	۱۱/۵	۲۱/۴۲	۱۷/۸۵
۴	۱۴	۱۲/۵	۲۵	۱۰/۷۱
میانگین	۱۳/۷۵	۱۱/۱۲	۲۴/۵۱	۱۹/۱۵
انحراف معیار	۰/۵	۱/۱۰	۳/۰۷	۶/۳۹



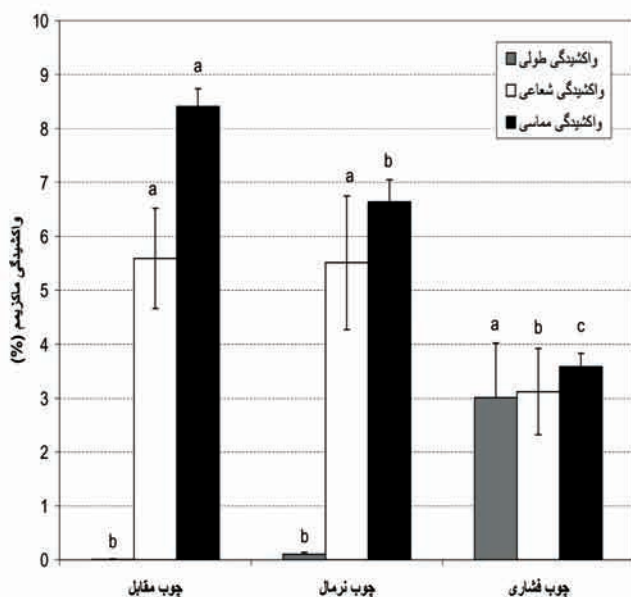
شکل ۳- مقادیر رطوبت سریا در چوب فشاری، چوب نرمال و چوب مقابل نوتل (*Picea abies*)



شکل ۴- مقادیر دانسیته سبز و دانسیته خشک چوب مقابل، چوب نرمال و چوب فشاری نوتل (*Picea abies*)



شکل ۵- مقادیر جذب آب چوب مقابل، چوب نرمال و چوب فشاری نوتل (*Picea abies*) پس از ۲۴ ساعت غوطه وری در آب



شکل ۶- مقادیر واکسیدگی

→ حداکثر چوب مقابل، چوب نرمال و چوب فشاری

نوئل (*Picea abies*) در سه جهت طولی، شعاعی و مماسی

دارد. مقدار دانسیته سبز و دانسیته خشک در مقطع عرضی این درختان به ترتیب در دامنه  $0.73$  تا  $1.02 \text{ g/cm}^3$  و  $0.38$  تا  $0.76 \text{ g/cm}^3$  در نوسان بود. بیشترین مقدار دانسیته سبز و دانسیته خشک در چوب فشاری به ترتیب برابر با  $1.02 \text{ g/cm}^3$  و  $0.76 \text{ g/cm}^3$  مشاهده شد. دانسیته سبز و دانسیته خشک چوب فشاری به ترتیب حدود  $78/9$  و  $100$ ٪ بیشتر از دانسیته سبز و دانسیته خشک چوب نرمال اندازه گیری شد. همچنین مقادیر دانسیته سبز و دانسیته خشک چوب فشاری به ترتیب حدود  $39/7$  و  $94/8$ ٪ بیشتر از چوب مقابل بود.

### جذب آب

اطلاع از مقادیر جذب آب چوب‌ها به ویژه از لحاظ کاربرد آنها در شرایط خارج از ساختمان و تحت تاثیر شرایط محیط بسیار حائز اهمیت است. شکل ۵ مقدار جذب آب چوب فشاری، نرمال و مقابل نوئل را پس از ۲۴ ساعت غوطه وری در آب نشان می دهد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که از لحاظ مقدار جذب آب بین چوب مقابل و چوب نرمال نوئل تفاوت معنی داری در سطح  $5$ ٪ وجود ندارد. مقدار جذب آب چوب فشاری با مقادیر جذب آب چوب نرمال و چوب مقابل تفاوت معنی داری در سطح  $5$ ٪ نشان داد. مقدار جذب آب چوب فشاری ( $53/2$ ٪) در مقایسه با چوب نرمال ( $109$ ٪) و چوب مقابل ( $122/5$ ٪) بسیار کمتر بود.

### واکسیدگی حداکثر

مقادیر واکسیدگی چوب همانند جذب آب از اهمیت ویژه ای برای مصارف خارج از ساختمان چوب و در شرایط مرطوب برخوردار است. شکل ۶ مقادیر واکسیدگی حداکثر (مقدار واکسیدگی از رطوبت صفر تا رطوبت FSP) چوبهای نرمال، فشاری و مقابل نوئل را در سه جهت طولی، شعاعی و مماسی نشان می دهد. نتایج آزمون دانکن نشان می دهد که واکسیدگی حداکثر چوب فشاری در هر سه جهت طولی، شعاعی و مماسی با واکسیدگی حداکثر چوب مقابل و چوب نرمال اختلاف معنی داری در سطح  $5$ ٪ دارد. واکسیدگی طولی و شعاعی چوب نرمال و چوب مقابل اختلاف معنی داری را نشان نداد ولی مقادیر واکسیدگی مماسی این دو نوع چوب در سطح  $5$ ٪ اختلاف معنی داری داشتند. واکسیدگی مماسی چوب مقابل ( $8/4$ ٪) بیشتر از واکسیدگی مماسی چوب نرمال ( $6/64$ ٪) بود. واکسیدگی طولی چوب فشاری ( $3/01$ ٪) در حدود  $3$  برابر واکسیدگی طولی چوبهای نرمال و مقابل (نزدیک به صفر) بود.

نتایج همچنین نشان می دهد که واکسیدگی مماسی و شعاعی چوب فشاری کمتر از واکسیدگی مماسی و شعاعی چوبهای نرمال و مقابل است. مقدار واکسیدگی مماسی چوب مقابل نوئل بیش از دو برابر واکسیدگی مماسی چوب فشاری آن اندازه گیری شد. نتایج همچنین حاکی از آن است که روابط واکسیدگی مماسی، طولی و شعاعی در چوب فشاری

متفاوت از چوبهای نرمال و مقابل است. در چوب نرمال و چوب مقابل مقدار واکسیدگی طولی بسیار کمتر از واکسیدگی مماسی و شعاعی است در حالیکه در چوب فشاری، تفاوت چندانی بین واکسیدگی در سه جهت اصلی چوب دیده نمی شود.

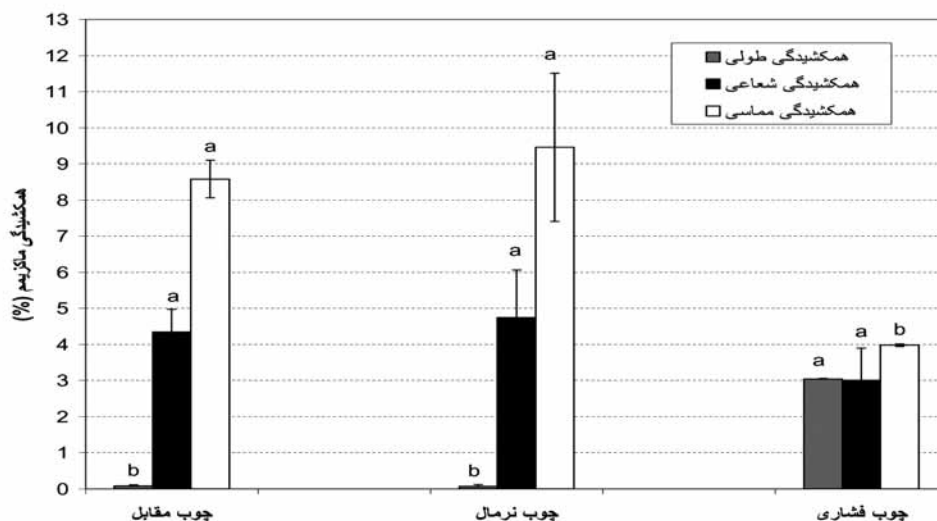
نتایج آزمون دانکن نشان می دهد که اختلاف معنی داری در سطح  $5$ ٪ بین واکسیدگی حجمی حداکثر چوب فشاری با چوب نرمال و چوب مقابل وجود دارد. واکسیدگی حجمی حداکثر چوب فشاری ( $9/7$ ٪) کمتر از واکسیدگی حجمی چوب نرمال و چوب مقابل (به ترتیب:  $12/2$  و  $14$ ٪) اندازه گیری شد.

### همکشیدگی حداکثر

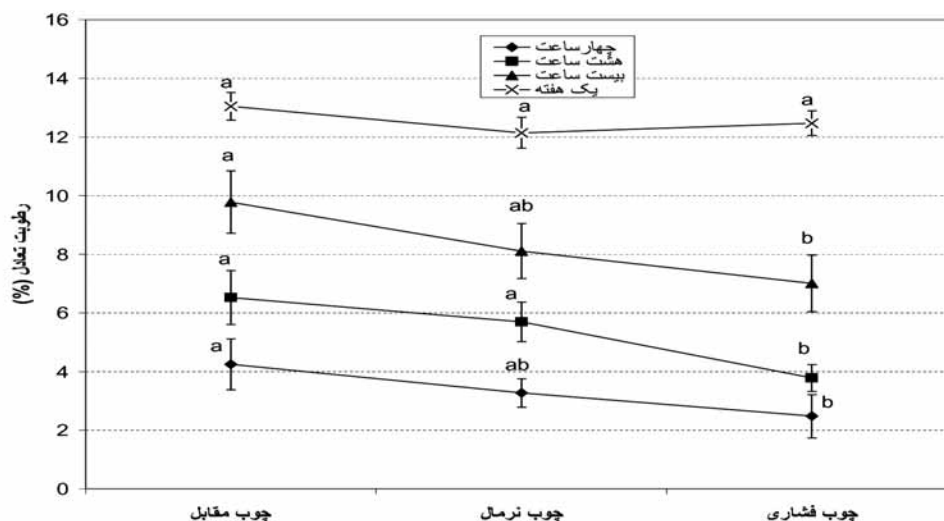
مطالعه همکشیدگی چوب از این جهت که منجر به بروز معایبی مانند تاب خوردگی و شکاف و ترک خوردگی در چوب می شود، حائز اهمیت است. همچنین اطلاع از میزان همکشیدگی چوب‌ها، در هنگام تبدیل گرده بینه به الوار جهت دستیابی به ابعاد دقیق ضروری است. شکل ۷ مقادیر همکشیدگی حداکثر (کاهش ابعاد چوب از رطوبت FSP به رطوبت صفر) چوبهای فشاری، مقابل و نرمال نوئل را در سه جهت طولی، شعاعی و مماسی نشان می دهد.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان می دهد که از لحاظ همکشیدگی طولی و مماسی بین چوب فشاری و چوبهای نرمال و مقابل تفاوت معنی داری در سطح  $5$ ٪ وجود دارد. نتایج حاکی از آن است که میزان همکشیدگی طولی چوب فشاری ( $3/04$ ٪) بسیار بیشتر از همکشیدگی طولی چوب نرمال و چوب مقابل (نزدیک به صفر) است. برخلاف همکشیدگی طولی، همکشیدگی مماسی چوب فشاری ( $3/98$ ٪) کمتر از همکشیدگی مماسی چوب نرمال ( $9/46$ ٪) و چوب مقابل ( $8/58$ ٪) بود.

مقادیر همکشیدگی شعاعی چوبهای فشاری، نرمال و مقابل نوئل تفاوت معنی داری را در سطح  $5$ ٪ نشان ندادند.



شکل ۷- همکشیدگی حداکثر چوب مقابل، چوب نرمال و چوب فشاری نوتل (*Picea abies*) در سه جهت طولی، شعاعی و مماسی



شکل ۸- مقادیر رطوبت تعادل چوب فشاری، چوب نرمال و چوب مقابل نوتل (*Picea abies*) پس از ۴، ۸، ۲۰ ساعت و یک هفته

### رطوبت تعادل

برای کاربرد چوب در شرایط سرویس و داخل ساختمان‌ها با رطوبت نسبی و دمای مشخص، لازم است چوب متناسب با رطوبت تعادل محیط مصرف خشک شود. شکل ۸ مقادیر رطوبت تعادل چوب فشاری، چوب نرمال و چوب مقابل نوتل را پس از ۴، ۸، ۲۰ ساعت و یک هفته در شرایط ثابت دمای ۲۶ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۷۰٪ نشان می‌دهد. نتایج آزمون دانکن نشان می‌دهد که بین رطوبت تعادل چوب نرمال و چوب مقابل در همه فواصل زمانی مورد مطالعه در سطح ۵٪ اختلاف معنی وجود ندارد. در حالیکه بین چوب فشاری و چوب نرمال در همه فواصل زمانی مورد مطالعه به استثنای فاصله زمانی یک هفته تفاوت معنی داری در سطح ۵٪ مشاهده شد. مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن است که بین رطوبت تعادل

نتایج همچنین حاکی از آن است که از لحاظ همکشیدگی طولی، شعاعی و مماسی، بین چوب نرمال و چوب مقابل نوتل تفاوت معنی داری در سطح ۵٪ وجود ندارد. همانند واکنشیدگی حداکثر، روابط همکشیدگی در سه جهت اصلی، در چوب فشاری با چوبهای نرمال و مقابل بسیار متفاوت است.

برخلاف چوب نرمال و چوب مقابل که میزان همکشیدگی مماسی در آنها اختلاف نسبتاً زیادی با مقادیر همکشیدگی طولی و شعاعی دارد، بین مقادیر همکشیدگی شعاعی، مماسی و طولی چوب فشاری تفاوت چندانی مشاهده نشد. نتایج مشاهدات همچنین حاکی از آن است که حداکثر همکشیدگی حجمی چوب فشاری نوتل (۱۰٪) کمتر از حداکثر همکشیدگی حجمی چوبهای نرمال و مقابل آن (به ترتیب: ۱۴/۲، ۱۳٪) است.

همکشیدگی طولی بیشتر چوب فشاری در مقایسه با چوب مقابل و چوب نرمال، ناشی از بزرگ بودن زاویه میکروفیبریل‌ها در لایه ۵۲ دیواره ثانویه تراکئیدهای طولی است.

توصیه می‌شود با توجه به همکشیدگی نسبتاً بالای چوب فشاری، در هنگام تبدیل گرده بینه‌های سبز حاوی چوب فشاری، برای دستیابی به ابعاد دقیق در چوب آلات بریده شده، ضریب بالای همکشیدگی طولی چوب فشاری در نظر گرفته شود.

چوب فشاری همکشیدگی مماسی و شعاعی کمتری را در مقایسه با چوب نرمال و چوب مقابل نشان داد. همچنین با وجود دانسیته بیشتر چوب فشاری، مقادیر همکشیدگی و واکشیدگی حجمی حداکثر در این چوب کمتر از دو نوع چوب دیگر بود. بنابراین به نظر می‌رسد که اظهارنظر Kollmann و Cote (۸) در ارتباط با وجود همبستگی مستقیم بین دانسیته چوب و همکشیدگی حجمی آن، فقط در مورد چوبهای نرمال صادق باشد. روابط موجود بین همکشیدگی و واکشیدگی چوب در سه جهت اصلی چوب، در چوب فشاری متفاوت از چوب مقابل و نرمال بود. در چوب نرمال و چوب مقابل تغییر ابعاد چوب در جهت مماسی بیشتر از جهت شعاعی و به ویژه جهت طولی اندازه‌گیری شد، در حالیکه در چوب فشاری تفاوت چندانی بین تغییر ابعاد چوب در سه جهت ارتوتروپیک آن مشاهده نشد.

پیشنهاد می‌شود برای مقاصدی که ضریب تغییر ابعاد چوب آلات در اثر جذب و دفع رطوبت حائز اهمیت است، به‌عنوان مثال در ساخت و نصب پارک‌های چوبی، چوب فشاری در کنار چوب نرمال و چوب مقابل مورد استفاده قرار نگیرد تا ضرائب همکشیدگی و واکشیدگی متفاوت این چوب‌ها باعث بروز تاب خوردگی و ترک خوردگی چوب در شرایط سرویس نشود. نتایج همچنین حاکی از آن بود که چوب فشاری نوئل در مقایسه با چوبهای مقابل و نرمال آن در شرایط یکسان، رطوبت تعادل کمتری دارد و دیرتر به رطوبت تعادل می‌رسد. به نظر می‌رسد علت کم بودن رطوبت تعادل چوب فشاری نسبت به چوب نرمال و چوب مقابل ناشی از دانسیته بیشتر این چوب است.

با توجه به اینکه چوب آلات می‌بایستی متناسب با رطوبت تعادل محیط مصرف خشک شوند، در نتیجه در هنگام خشک کردن چوب آلات حاوی چوب فشاری به این مسئله باید توجه شود.

بطور کلی، از لحاظ خواص فیزیکی، بین چوب نرمال و چوب مقابل درختان نوئل مورد مطالعه تفاوت چندانی مشاهده نشد ولی خواص فیزیکی چوب فشاری با این دو نوع چوب تفاوت فاحشی داشت.

### تقدیر و تشکر

منابع مالی این تحقیق، از محل اعتبارات معاونت پژوهشی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران تأمین گردیده است.

### پاورقی‌ها

- 1 - Reaction wood
- 2 - Tension wood
- 3 - Compression wood
- 4 - Opposite wood
- 5 - Normal wood

چوب فشاری و چوب مقابل فقط در فاصله زمانی ۸ ساعت در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری وجود دارد.

افزایش مقادیر رطوبت تعادل در سه نوع چوب در فواصل زمانی مختلف به شرح زیر اندازه‌گیری شد:

چوب فشاری:	چوب نرمال:	چوب مقابل:
۱/۳٪	۲/۴۳٪	۲/۲۸٪
۳/۲۳٪	۲/۴۱٪	۳/۲۵٪
۵/۴۷٪	۴/۰۴٪	۳/۲۷٪

همانطور که نتایج نشان می‌دهد در هر سه نوع چوب، رطوبت تعادل در فواصل زمانی اولیه با سرعت بیشتری افزایش یافته و سپس با گذشت زمان از سرعت آن کاهش می‌یابد.

نتایج همچنین حاکی از آن است که رطوبت تعادل چوب فشاری در فواصل زمانی اولیه با سرعت کمتری در مقایسه با چوب مقابل و به ویژه چوب نرمال افزایش یافته ولی با گذشت زمان، رطوبت تعادل آن نسبت به دو چوب دیگر با سرعت بیشتری افزایش می‌یابد.

طبق نتایج بدست آمده، در شرایط یکسان، چوب فشاری نوئل در مقایسه با چوب نرمال و چوب مقابل آن دیرتر به رطوبت تعادل محیط می‌رسد و در فواصل زمانی مشابه، رطوبت تعادل کمتری دارد.

### بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که تفاوت معنی داری در سطح ۵٪ بین رطوبت سرپا در چوب مقابل نوئل نروژ (*Picea abies*) با چوب فشاری و چوب نرمال آن وجود دارد. کمترین و بیشترین رطوبت سرپا به ترتیب در چوب فشاری (۴۵٪) و چوب مقابل (۱۱۸٪) مشاهده شد. در رطوبت سرپا، دیواره‌های سلولی و حفرات سلولی کاملاً اشباع از آب هستند. وزن مخصوص چوب معیاری از میزان رطوبت سرپا در آن است. با افزایش وزن مخصوص چوب، میزان حفرات سلولی (لومن) کاهش یافته، در نتیجه با کاهش میزان آب آزاد، میزان رطوبت سرپا نیز کاهش می‌یابد. بنابراین به نظر می‌رسد که کمتر بودن رطوبت سرپا در چوب فشاری ناشی از دانسیته سبزی بالای این چوب ( $1/02 \text{ g/cm}^3$ ) در مقایسه با چوب نرمال ( $0/57 \text{ g/cm}^3$ ) و چوب مقابل ( $0/57 \text{ g/cm}^3$ ) باشد. دانسیته سبزی و دانسیته خشک چوب مقابل و چوب نرمال تفاوت معنی داری نشان نداد. دانسیته بالاتر چوب فشاری در مقایسه با چوب مقابل آن ناشی از پهنای بیشتر دواپر سالیانه و درصد چوب پائیزه بالاتر و ضخامت بیشتر دیواره تراکئیدها در چوب فشاری است (۱۹).

نتایج همچنین نشان داد که چوب فشاری مقاومت به جذب آب مطلوبتری (۵۳/۲٪) نسبت به چوب نرمال (۱۰۹٪) و چوب مقابل (۱۲۲/۵٪) دارد. به نظر می‌رسد که جذب آب کم چوب فشاری در مقایسه با چوب نرمال و چوب مقابل ناشی از دانسیته بالا و تخلخل کم آن نسبت به چوبهای مذکور باشد. برای مقاصدی که مقاومت به جذب آب چوب حائز اهمیت باشد، کاربرد چوب فشاری بجای چوب نرمال و به ویژه چوب مقابل مطلوب‌تر به نظر می‌رسد.

نتایج این مطالعه حاکی از آن بود که چوب فشاری، همکشیدگی و واکشیدگی حداکثر طولی (۳٪) غیر نرمالی دارد. از لحاظ پایداری ابعاد، اختلاف معنی داری بین چوب نرمال و چوب مقابل مشاهده نشد.



10- Onnerud, H., 2003; Lignin structures in normal and compression wood. Evaluation by thioacidolysis using ethanethiol and methanethiol, *Holzforshung* 57: 377-384.

11-Paul, B.H., 1938; Reducing bowing and crooking of lumber cut from second-growth southern yellow pine, *south lumberm* 156: 48-50

12- Perem, E., 1965; The structure and properties of reaction wood formed in trees infested by balsam woolly aphid. *Can For Serv OP-X-3*, 28pp.

13- Pillow, M.Y., 1951; Some characteristics of Brazilian parana pine affecting its use for millwork. *For Prod Res Soc* 5: 297-302.

14. Rikala, J., 2003; Spruce and pine on drained peatlands-wood quality and suitability for the sawmill industry. Doctoral thesis, University of Helsinki, Department of Forest Resource Management, 147 pp.

15- Sedighi-Gilani, M., Sunderland, H. and Navi, P., 2005; Microfibril angle non-uniformities within normal and compression wood tracheids. *Wood Science and Technology* 39: 419-430.

16- Singh, AP. and Donaldson, LA., 1999; Ultrastructure of tracheid cell walls in radiata pine (*Pinus radiata*) mild compression wood. *Can. J. Bot*, 77: 32-40.

17- Timell, T.E., 1986; Compression wood in gymnosperms. Springer-Verlag, Berlin, Vol.3, 1340-2150.

18- Tsoumis, G., 1968; Wood as raw material. Aristotelian University, Pergamon Press Inc., Greece. 276p.

19- Warensjo, M., 2003; Compression wood in scots pine and Norway spruce –Distribution in relation to external geometry and the impact on dimensional stability in sawn wood. Doctoral thesis, department of forest products and markets, Swedish University of Agriculture Science.

6 - Fiber saturation point

7 -Roundness deviation

8 - Growth eccentricity

### منابع مورد استفاده

۱ - امیری، س. ۱۳۸۰؛ جزوه درسی استاندارد و درجه بندی چوب، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۲ - اولادی، ر. ۱۳۸۳؛ بررسی روند تغییرات و رابطه بین طول تراکتید و زاویه میکروفیبریل لایه S۲ در چوب فشاری و نرمال سرو سیمین، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۹۴ صفحه.

3- Gindl, W., 2002; Comparing mechanical properties of normal and compression wood in Norway spruce: The role of lignin in compression parallel to the grain. *Holzforshung*, 56: 395-401.

4- Hartig, R., 1901; *Holzuntersuchungen. Altes und Neues.* Springer, Berlin, 99pp.

5- Haygeen, J.G. and Bowyer, J.L., 1982; *Forest products and wood science*, Iowa State University Press, 495p.

6- Jonson, N.E. and Zingg, JG., 1968; The balsam woolly aphid on young Pacific silver fir in Washington. *Weyerhaeuser For Res Center For Pap* 13, 10pp.

7- Kang W. and Lee, N.H., 2004; Relationship between radial variations in shrinkage and drying defects of tree disks. *J Wood Sci* 50: 209-216.

8- Kollmann, F.F.P. and Cote, W.A., 1968; *Principles of Wood Science and Technology*, I. Berlin, New York, Springer Verlag, 529p.

9-Nicholls, J.P.W., 1982; Wind action, leaning trees and compression wood in *Pinus radiata* D Don. *Aust. For. Res.*, 12: 75-91.

