

اثر خیس چوب و باختگی آبی (*Ceratocystis spp.*) بر سرعت خشک شدن و ضرایب انتقال سیال چوب صنوبر (*P. nigra*)

زینب فروزان^۱، اصغر طارمیان^{۲*}، رضا قمری^۳ و حامد متینی بهزاد^۴

۱- کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲- نویسنده مسئول، دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، پست الکترونیک: tarmian@ut.ac.ir

۳- کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۴- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه منابع طبیعی و کشاورزی گرگان

تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۳

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۲

چکیده

در این تحقیق، اثر خیس چوب و باختگی آبی بر سرعت خشک شدن و ضرایب انتقال سیال گونه صنوبر (*P. nigra*) مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور از الوارهای تازه بریده شده آلوده به باختگی آبی و حاوی خیس چوب در منطقه طالقان، از سه ناحیه خیس چوب، چوب نرمال و چوب آلوده به باختگی آبی، به طور مجزا پنج تخته به ابعاد ۱۵۰×۳۵×۴۵ میلی متر بریده شد و بعد در یک خشک کن آزمایشگاهی با دمای خشک ۵۰ درجه سانتی گراد، رطوبت نسبی ۶۰ درصد و سرعت جریان هوای ۱ m/s تا میانگین رطوبت نهایی ۸ درصد خشک شدند. به طور متوسط، عملیات خشک کردن ۱۲۰ ساعت به طول انجامید. پس از خشک شدن نمونه‌ها، ضرایب نفوذپذیری و انتشار عرضی آنها اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که خیس چوب اثر کاهشی بر سرعت خشک شدن (میانگین خروج رطوبت در واحد زمان) صنوبر ندارد، ولی به علت رطوبت سبز بالاتر، دیرتر به رطوبت نهایی می رسد. همچنین، خیس چوب تأثیر معنی داری بر ضریب نفوذپذیری عرضی صنوبر نداشت، ولی موجب کاهش ضریب انتشار عرضی آن شد. برخلاف اثرات خیس چوب، باختگی آبی موجب افزایش سرعت خشک شدن چوب صنوبر و نیز افزایش ضریب انتشار و نفوذپذیری آن شد.

واژه‌های کلیدی: صنوبر، خیس چوب، باختگی آبی، ضرایب انتقال سیال، خشک شدن.

مقدمه

کاهش کیفیت چوب می شود (Keey et al., 2000)؛ بنابراین ضرورت دارد که در تحقیقات صنوبر به کاهش و کنترل این عیب نیز پرداخته شود. اصطلاح "خیس چوب" برای نخستین بار در سوئد در دهه ۱۹۳۰ برای توصیف نوعی تغییر رنگ همراه با رطوبت بالا در گونه‌های کاج و نئل مطرح شد (Keey et al., 2000). در سایر گونه‌ها مانند صنوبرها و بیدها نیز این نوع تغییر رنگ که نوعی تغییر رنگ باکتریایی است، رخ می دهد. اغلب خیس چوب در اثر آلودگی درختان به باکتری‌های هوازی و بی‌هوازی در درون چوب درختان سرپا ایجاد می شود (Kabir et al., 2006). بر اساس

امروزه گونه‌های مختلف صنوبر به دلیل تند رشد بودن و سازگاری با شرایط مختلف رویشگاهی به عنوان یکی از گونه‌های موفق برای زراعت چوب در سطح دنیا شناخته می شوند. با وجود این، صنوبر یکی از گونه‌های حساس به وقوع برخی از معایب طبیعی و رویشی مانند چوب کشتی و خیس چوب^۱ است (Tarmian et al., 2009; Keey et al., 2000). خیس چوب در صنایع چوب خشک کنی و حفاظت و اشباع چوب به عنوان یک عیب شناخته شده و موجب

Ward (2000) (۱۹۸۶) سرعت خشک شدن و ضریب نفوذپذیری چوب برون، چوب درون و خیس چوب دو گونه نراد سفید (*Abies concolor*) و صنوبر (*P. grandidentata*) را بررسی کرد. نتایج تحقیقات وی نشان داد که در بین سه نوع چوب (چوب برون، چوب درون و خیس چوب)، کمترین سرعت خشک شدن مربوط به خیس چوب است ولی نفوذپذیری آن در مقایسه با چوب درون بیشتر بود. وی کمتر بودن سرعت خشک شدن و نفوذپذیری طولی خیس چوب را به بروز پدیده مکش منفذی در خیس-چوب نراد و تشکیل تیل در خیس چوب صنوبر نسبت داد. نتایج تحقیقات Cai (۲۰۰۵) نیز نشان داد که ضریب انتشار چوب نرال نراد بیشتر از خیس چوب این گونه است.

در کنار خیس چوب، باختگی آبی به عنوان یکی از تغییر رنگ‌های قارچی معمولاً در چوب برون گونه‌های مختلف ایجاد می‌شود. این قارچ‌ها به ترکیبات اصلی دیوار سلولی حمله نمی‌کنند بلکه منبع اصلی تغذیه آنها کربوهیدرات‌ها، قندهای ساده و نشاسته موجود در سلول‌های پارانشیمی است. تأثیر اقتصادی عمده قارچ‌های باختگی آبی به علت تغییر رنگ ایجاد شده در سطح چوب است که موجب کاهش ارزش چوب خام برای مصارفی که رنگ و ظاهر چوب مهم است (برای مثال تولید مبلمان خود رنگ) می‌شود. علاوه بر باختگی سطحی، برخی از قارچ‌ها ممکن است موجب باختگی عمیق شوند و در نتیجه حتی با رنده کردن چوب نیز نتوان این نوع تغییر رنگ‌های نامطلوب را برطرف کرد. همانند خیس چوب، وقوع باختگی آبی ممکن است رفتار خشک شدن و اشباع پذیری چوب را با مواد حفاظتی تحت تأثیر قرار دهد. نتایج تحقیقات Cai و Oliveira (۲۰۰۸) نشان داد که در اثر باختگی آبی ضرایب نفوذپذیری و انتشار چوب کاج (*Pinus contorta var. latifolia*) در هر دو جهت شعاعی و مماسی افزایش می‌یابد. نتایج تحقیقات Thaler و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان داد که پیش‌تیمار چوب نوئل (*P. abies*) با قارچ عامل باختگی آبی (*Sclerophoma pithyophila*) موجب افزایش نفوذ مواد حفاظتی می‌شود. Lehringer (۲۰۱۱) با استفاده از شیارزنی بیولوژیکی به کمک قارچ عامل پوسیدگی سفید (*Physisporinus vitreus*) توانست نفوذپذیری چوب نوئل را به دلیل تخریب انتخابی غشای منافذ هاله‌دار توسط این قارچ افزایش دهد. در تحقیق حاضر تأثیر خیس چوب و فعالیت

تحقیقات انجام شده، باکتری‌های *Clostridium*، *Erwinia*، *Edwardsiella*، *Klebsiella*، *Bacteroides* و *Lactobacillus* در خیس چوب گونه‌های *Populus* و *eieltoides* (Schink et al., 1981) و *Ulmus Americana* و باکتری‌های *Acineto*، *Agrobacterium*، *Xanthomonas* و *bacter*، *Corynebacterium*، *Erwinia*، *Tiedeman* et al. (1977). خیس چوب در اغلب صنوبرها با نوعی تغییر رنگ خاکستری در نزدیک مغز درخت رخ می‌دهد و به همین دلیل به آن درون چوب سیاه^۱ نیز گفته می‌شود. خیس چوب بوی نامطبوع و اسیدی داشته و اغلب فقط محدود به چوب-درون است. لازم به تذکر این مطلب است که خیس چوب تنها اسیدی نیست و خیس چوب قلیایی نیز در چوب‌های پهن‌برگ گزارش شده است. باکتری‌های موجود در خیس-چوب اسید استیک و اسیدهای چرب تولید کرده و در نتیجه منجر به بوی نامطبوع در آن می‌شود. تحقیقات حکایت از آن دارد که این باکتری‌ها با ترشح آنزیم منجر به تخریب همی سلولزها و پکتین در لایه بین سلولی می‌شوند (Kabir et al., 2006). یکی از تغییرات آناتومی ایجاد شده در خیس چوب گونه‌های همالاک غربی، نراد سفید و نراد نقره‌ای پدیده مکش منفذی گزارش شده است (Ward, 1986). مکش منفذی^۲ عبارت است از بسته شدن دریچه منافذ هاله‌دار با توروس در چوب‌های سوزنی‌برگ خانواده کاج‌ها که به هنگام خروج آب آزاد از چوب و در اثر کشش مویینگی ایجاد می‌شود. در اثر وقوع این پدیده، از نفوذپذیری و اشباع پذیری چوب کاسته می‌شود. تحقیقات متعددی در ارتباط با اندازه‌گیری خواص فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی خیس چوب انجام شده است (Streichan et al., 2006; Knutson, 1973; Ward and Zeikus, 1980; Ward and Schink, 1984). یکی از اثرات منفی مهم خیس چوب طی فرآوری چوب به هنگام خشک کردن و اشباع با مواد حفاظتی است. تحقیقات حکایت از آن دارد که خشک کردن چوب‌های حاوی خیس چوب مشکل بوده و این چوب به معایب چین خوردگی^۳، ترک‌های سطحی، شان‌عسلی شدن و گسیختگی در حلقه سالیانه حساس است (Keey et al.,

1 - Black Heartwood
2 - Pit aspiration
3 - Collapse

خشک کردن تخته‌ها

قبل از خشک کردن تخته‌ها، رطوبت سبز آنها اندازه‌گیری شد. تخته‌ها در یک خشک‌کن آزمایشگاهی خودکار در دمای خشک ۵۰ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۶۰ درصد و سرعت جریان هوای ۱ m/s تا میانگین رطوبت نهایی ۸ درصد خشک شدند. تعیین رطوبت جاری نمونه‌ها به روش توزین روزانه آنها انجام شد. به‌طور متوسط، عملیات خشک کردن ۱۲۰ ساعت به طول انجامید. سپس، منحنی خشک شدن (تغییرات رطوبت در مقابل زمان) و منحنی تغییرات سرعت خشک شدن در میانگین رطوبت‌های مختلف رسم شد.

اندازه‌گیری ضرایب انتقال سیال
ضریب نفوذپذیری

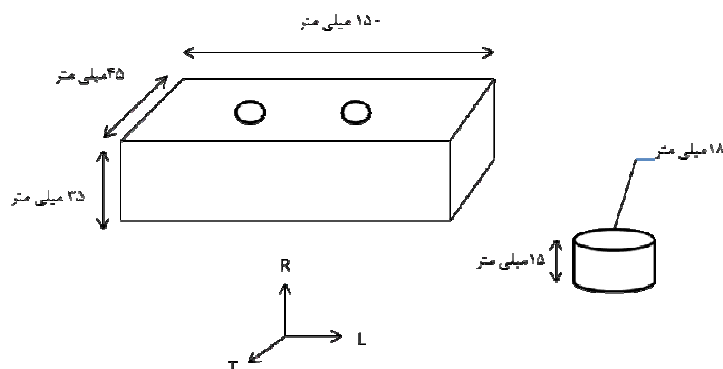
پس از خشک شدن تخته‌ها، به‌منظور اندازه‌گیری ضریب نفوذپذیری عرضی، نمونه‌های استوانه‌ای با طول ۱۵ میلی‌متر و قطر ۱۸ میلی‌متر توسط مته گردبر بریده شدند (شکل ۱). برای هر تیمار، ده تکرار تهیه شد. نمونه‌های استوانه‌ای شکل در اتاق کلیما تحت رطوبت نسبی 5 ± 65 درصد و دمای $20 \pm 20^\circ\text{C}$ به مدت سه هفته قرار گرفته تا به شرایط رطوبت تعادل ۱۲ درصد برسند. سپس، سطوح جانبی نمونه‌ها با رزین اپوکسی اندود شد تا جریان هوا فقط در جهت عرضی رخ دهد. ضریب نفوذپذیری عرضی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری ضریب نفوذپذیری گازی به روش حجم آب جابجا شده و در حالت سقوط اندازه‌گیری شد (Gholamian and Tarmian, 2010).

قارچ عامل باختگی آبی بر رفتار خشک شدن و ضرایب انتقال-سیال چوب صنوبر (*P. nigra*) مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری

از الوارهای تازه بریده شده گونه تبریزی (*P. nigra*) از منطقه طالقان کرج که آلوده به باختگی آبی (*Ceratocystis spp.*) بودند و نیز الوارهای حاوی خیس چوب برای مطالعه استفاده شد. جنس *Ceratocystis* از قارچ‌های عامل باختگی آبی بر روی چوب آلات تازه قطع شده است. بر پایه تجربه، شناسایی جنس قارچ از طریق توسعه رگه‌های سیاه تا آبی‌رنگ در ناحیه چوب بران انجام شد. برای این منظور از هر یک از نواحی خیس چوب، چوب برون و چوب آلوده به باختگی آبی، به‌طور مجزا پنج تخته به ابعاد $45 \times 35 \times 150$ میلی‌متر بریده شد. به‌طور کلی، بیش از ۷۵ درصد سطح مقطع تخته‌های مورد مطالعه آلوده به باختگی آبی بودند. در ضمن، تخته‌های مورد مطالعه برای مطالعه اثر خیس چوب، کاملاً آلوده به خیس چوب بودند. لازم به تذکر این مطلب است که تغییر رنگ ناشی از باختگی آبی متمایل به آبی تیره و خیس چوب به رنگ خاکستری بود. از طرفی، باختگی آبی محدود به چوب برون و نزدیک پوست بوده؛ در حالی که خیس چوب در ناحیه چوب درون و نزدیک مغز تشکیل می‌شود؛ بنابراین، شناسایی و تفکیک باختگی آبی از خیس چوب در گرده‌بین‌های مجزا به آسانی انجام شد. پس از برش و به‌منظور جلوگیری از کاهش رطوبت از مقاطع تخته‌ها، مقاطع آنها با دولایه رزین اپوکسی اندود شده و در درون نایلون پلاستیکی درون فریزر نگهداری شدند.



شکل ۱- شمایی از روش نمونه‌برداری از تخته‌های خشک شده برای اندازه‌گیری نفوذپذیری عرضی

ضریب انتشار

پس از اندازه‌گیری ضریب نفوذپذیری، اندازه‌گیری ضریب - انتشار بر روی همان نمونه‌ها انجام شد. اندازه‌گیری ضریب - انتشار بر اساس قانون اول فیک و به روش فنجان انجام شد (Perré, 2007). از محلول نمک اشباع کلرید سدیم برای تنظیم رطوبت نسبی داخل فنجان به میزان ۷۰ درصد استفاده شد. پس از نصب نمونه چوبی روی فنجان‌ها، فنجان‌ها داخل اتاق کلیما با شرایط رطوبت‌نسبی ۶۵ درصد و دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. به دلیل بالا بودن رطوبت نسبی داخل فنجان (۷۰ درصد) در مقایسه با رطوبت‌نسبی اتاق کلیما (۶۵ درصد)، انتشار بخار آب از نمونه چوبی به خارج از فنجان انجام شد. کاهش وزن فنجان‌ها که شامل وزن نمونه‌های چوبی استوانه‌ای نیز بود، هر ۲۴ ساعت یک‌بار تا رسیدن به وزن ثابت اندازه‌گیری شد. پس از ۱۵ روز، تغییر وزن ثابتی به دست آمد. در نهایت، از معادله یک برای اندازه‌گیری ضریب انتشار رطوبت نمونه‌ها استفاده شد (Tarmian et al., 2012).

$$f_{\text{exp}} = \frac{Q}{D_v A} \times \frac{E}{(RH_2 - RH_1) \times P_{vs}(T)} \times \frac{RT}{M_v} \quad (1)$$

در این معادله:

$$A = \text{سطح نمونه چوبی (m}^2\text{)}$$

$$P_{vs} = \text{فشار بخار اشباع در دمای T (کلوین)، Pa}$$

$$E = \text{ضخامت نمونه چوبی (m)}$$

$$RH_1 = \text{رطوبت نسبی داخل اتاق کلیما (\%)}$$

$$RH_2 = \text{رطوبت نسبی داخل فنجان (\%)}$$

$$Q = \text{دبی جریان (kg.s}^{-1}\text{)}$$

$$M = \text{جرم مولی بخار آب (kg/mol)}$$

$$R = \text{ثابت گاز کامل}$$

$$D_v = \text{ضریب انتشار بخار آب در هوا}$$

تجزیه و تحلیل آماری

برای بررسی سرعت خشک‌شدن در هر تیمار از پنج تکرار و برای اندازه‌گیری ضرایب انتقال سیال از ده تکرار استفاده شد. از نرم‌افزار SPSS برای تجزیه و تحلیل آماری و از آزمون t برای مقایسه تیمارها استفاده شد. معنی‌داری تفاوت بین تیمارها در سطح اعتماد ۹۵ درصد بررسی شد.

نتایج

اثر خیس‌چوب بر رفتار خشک‌شدن و ضرایب انتقال سیال چوب صنوبر

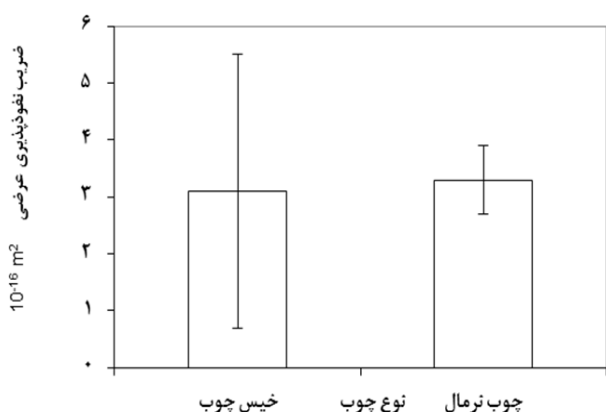
نتایج نشان داد که خیس‌چوب رطوبت سبز بیشتری در مقایسه با چوب نرمال دارد. میانگین رطوبت سبز خیس‌چوب و چوب نرمال به ترتیب برابر با ۱۵۲ و ۱۰۵ درصد بود (جدول ۱). در هر دو نوع چوب، خروج رطوبت در دامنه آب آزاد سریع‌تر از دامنه آب پیوندی بود (شکل ۲). نتایج حاصل از بررسی سرعت خشک‌شدن حکایت از آن دارد که تشکیل خیس‌چوب در صنوبر (*P. nigra*) تأثیری چندانی بر سرعت خشک‌شدن این چوب در هر دو دامنه آب آزاد و آب آغشته‌گی ندارد (شکل ۳). با وجود این، به علت رطوبت سبز بیشتر خیس‌چوب، چوب نرمال سریع‌تر از خیس‌چوب به رطوبت نهایی می‌رسد. نتایج این تحقیق با تحقیقات Ward (۱۹۸۶) بر روی دو گونه *Abies concolor* و *P. grandidentata* متفاوت است. Ward (۱۹۸۶) بیان داشت که سرعت خشک‌شدن خیس‌چوب دو گونه مذکور در مقایسه با چوب نرمال آنها کمتر است.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ضرایب انتقال سیال نیز نشان داد که بین مقادیر ضریب نفوذپذیری عرضی خیس‌چوب و چوب نرمال تفاوت معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۵ درصد وجود ندارد (شکل ۴) ولی تفاوت معنی‌داری بین ضریب انتشار عرضی چوب نرمال و خیس‌چوب مشاهده شد (شکل ۵). در مقابل، تحقیقات Ward (۱۹۸۶) نشان داد که به علت تشکیل تیل در خیس‌چوب صنوبر (*P. grandidentata*) و نیز بروز مکش منفذی بیشتر در خیس‌چوب گونه نراد سفید (*Abies concolor*) ضریب نفوذپذیری طولی خیس‌چوب کمتر از چوب نرمال است. تحقیقات Tarmian و Perre (۲۰۰۹) نیز نشان داد که ابعاد، فراوانی و ارتباط مؤثر منافذ بین دیوار آوندی نقش بسزایی در نفوذپذیری عرضی چوب پهن‌برگ دارد. میانگین ضریب نفوذپذیری عرضی به ترتیب برای خیس‌چوب و چوب نرمال برابر با $3/1 \times 10^{-16} \text{ m}^2$ و $3/3 \times 10^{-16} \text{ m}^2$ بود. همچنین، میانگین ضریب انتشار بخار آب برای خیس‌چوب و چوب نرمال به ترتیب برابر با $5/8 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ و $9/5 \times 10^{-9}$ بود. به عبارت دیگر، تشکیل خیس‌چوب در گونه صنوبر تأثیر منفی بر ضریب انتشار آن داشته است. البته تفاوت معنی‌داری بین جرم‌ویژه خیس‌چوب و چوب نرمال مشاهده نشد و جرم‌ویژه هر دو نوع چوب در دامنه ۰/۳۴ تا

۰/۳۷ متغیر بود. به عبارت دیگر، کمتر بودن ضریب انتشار خیس چوب نمی تواند ناشی از جرم ویژه بیشتر آن باشد.

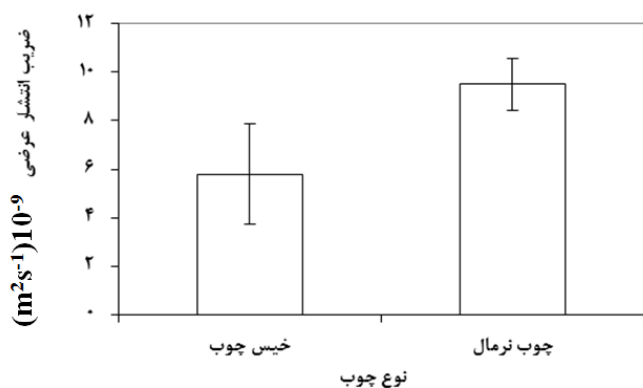
جدول ۱- متوسط رطوبت سبز چوب نرمال، خیس چوب و چوب باخته

نوع چوب	رطوبت سبز (%)
چوب نرمال	۹۱/۵-۱۰۵
خیس چوب	۱۵۲
چوب باخته	۱۴۴/۵



شکل ۴- ضریب نفوذپذیری عرضی چوب نرمال

و خیس چوب صنوبر

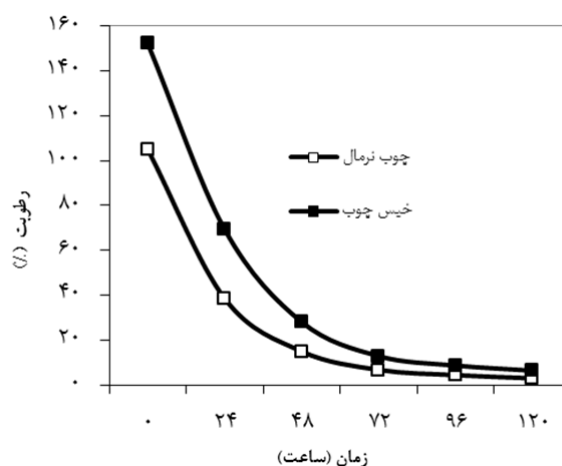


شکل ۵- ضریب انتشار عرضی چوب نرمال و

خیس چوب صنوبر

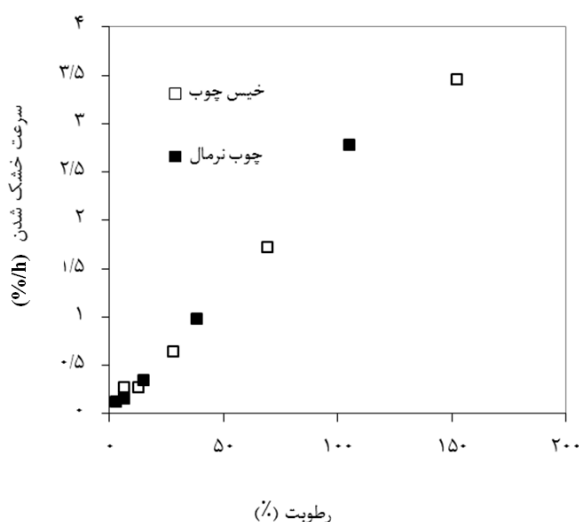
اثر باختگی آبی بر رفتار خشک شدن و ضرایب انتقال سیال چوب صنوبر

شکل ۶ منحنی خشک شدن چوب سالم و دارای باختگی آبی را نشان می دهد. نتایج مطالعات رفتار خشک شدن نشان داد که در اثر باختگی، سرعت خروج رطوبت در هر دو دامنه آب زاد و آب پیوندی به طور معنی داری افزایش پیدا می کند (شکل ۷). میانگین سرعت خشک شدن چوب باخته (۱۱/۰ %/h) برابر بیشتر از میانگین سرعت خشک شدن چوب سالم (۰/۰۶ %/h) بود.



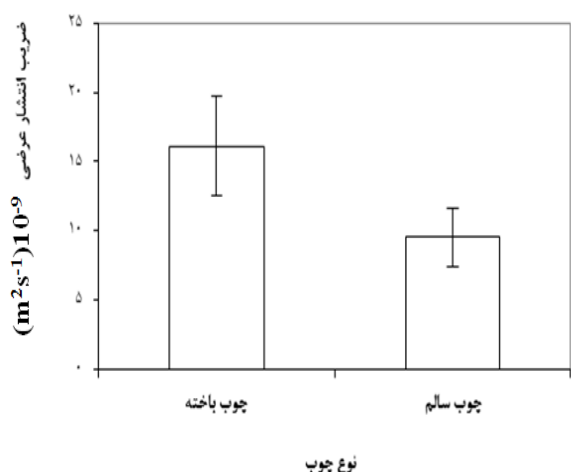
شکل ۲- منحنی خشک شدن خیس چوب

و چوب نرمال صنوبر

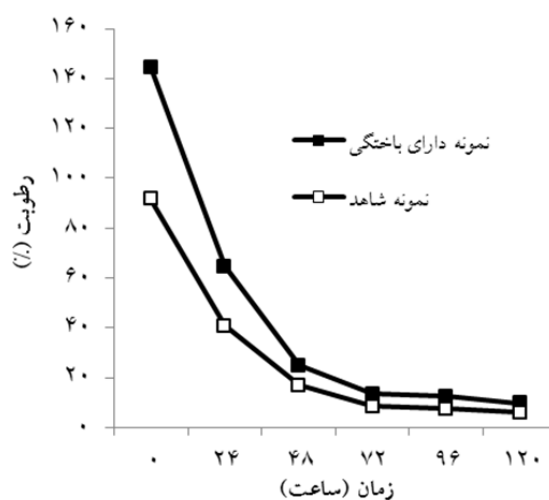


شکل ۳- منحنی سرعت خشک شدن در مقابل رطوبت

برای چوب نرمال و خیس چوب



شکل ۹- ضریب انتشار عرضی چوب باخته و سالم صنوبر

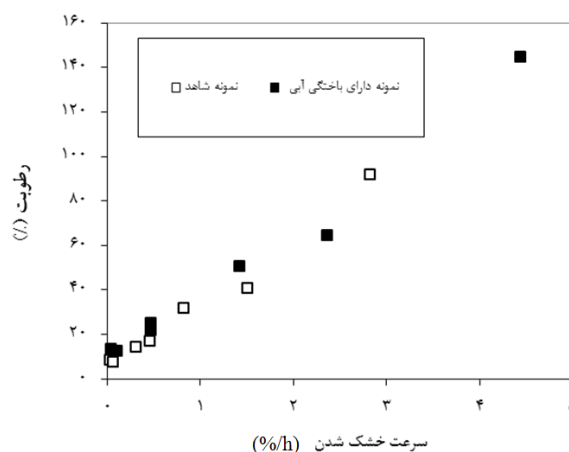


شکل ۶- منحنی خشک شدن چوب سالم (شاهد) و دارای باختگی آبی

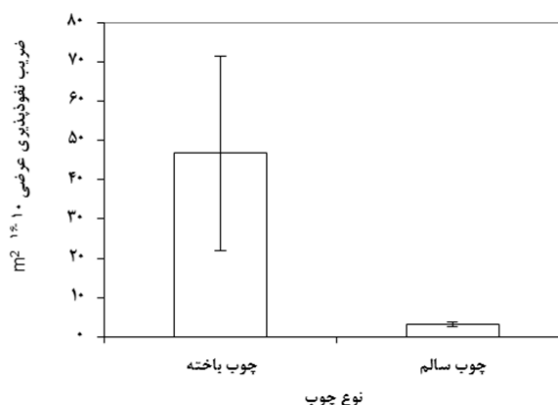
نتایج حاصل از اندازه‌گیری ضرایب انتقال سیال نیز نشان داد که در اثر وقوع باختگی آبی بر میزان نفوذپذیری، اشباع پذیری و نیز ضریب انتشار چوب صنوبر افزوده می‌شود (شکل‌های ۸ و ۹). میانگین نفوذپذیری عرضی چوب سالم و باخته به ترتیب برابر با $3/3 \times 10^{-16} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ و $10^{-15} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ × ۴/۷ بود، به عبارت دیگر، میانگین نفوذپذیری عرضی چوب باخته ۱۴/۲ برابر بیشتر از نفوذپذیری عرضی چوب سالم بود. ضریب انتشار بخار آب چوب باخته نیز به طور متوسط ۱/۷ برابر بیشتر از مقدار این ضریب برای چوب سالم بود. نتایج تحقیقات Oliveir و Cai (۲۰۰۸) نشان داد که در اثر باختگی آبی ضرایب نفوذپذیری و انتشار چوب کاج (*Pinus contorta var. latifolia*) در هر دو جهت شعاعی و مماسی افزایش می‌یابد. نتایج تحقیقات Thaler و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان داد که پیش‌تیمار چوب نوئل (*P. abies*) با قارچ عامل باختگی آبی (*Sclerophoma pithyophila*)، موجب افزایش نفوذ مواد حفاظتی می‌شود که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

بحث

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که وقوع خیس‌چوب در گونه *P. nigra* تأثیر منفی بر سرعت خشک شدن آن ندارد. برای ارزیابی سرعت خشک شدن چوب، کل مدت زمان خشک شدن آن معیار مناسبی نیست و باید سرعت خشک شدن چوب در رطوبت‌های مختلف ارزیابی شود؛ بنابراین، چون خشک شدن خیس‌چوب در رطوبت‌های بالاتر در



شکل ۷- منحنی سرعت خشک شدن نمونه سالم و باخته



شکل ۸- ضریب نفوذپذیری عرضی چوب باخته و چوب سالم صنوبر

چوب صنوبر دارد؛ بنابراین، برای مصارفی که نیاز به اشباع چوب صنوبر با مواد حفاظتی دارد، وقوع باختگی آبی تأثیر منفی بر عمق نفوذ ماده حفاظتی در آن ندارد. همچنین، بجز اثر کاهنده خیس چوب بر ضریب انتشار چوب صنوبر، نتایج این تحقیق نشان داد که حضور خیس چوب در صنوبر بر سرعت خشک شدن و نیز نفوذپذیری و اشباع پذیری آن تأثیر منفی ندارد، ولی به علت رطوبت بالاتر، دیرتر به رطوبت نهایی می‌رسد؛ بنابراین، پیشنهاد می‌شود که برای کاهش رطوبت خیس چوب تا رطوبت نهایی مورد نیاز، الوارهای حاوی خیس چوب کمی بیشتر از سایر الوارها در داخل خشک‌کن باقی‌مانند؛ هرچند این مسئله موجب بیش از حد خشک شدن سایر قسمت‌های الوار خواهد شد؛ ولی به هر حال شدت معایب ناشی از واکنشیدگی چوب در شرایط سرویس در مقایسه با معایب ناشی از هم‌کشیدگی آن کمتر است. همچنین، می‌توان توصیه کرد که خیس چوب تا حد امکان همزمان با چوب نرمال خشک نشود. با توجه به نتایج ضد و نقیض در ارتباط با تأثیرات خیس چوب بر نفوذپذیری و اشباع پذیری چوب، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات بعدی ساختمان آناتومی خیس چوب گونه *P. nigra* به‌ویژه ساختمان حفرات آوندی آن مورد بررسی قرار گیرد. همچنین، پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات آینده میزان مواد استخراجی خیس چوب صنوبر در مقایسه با چوب نرمال اندازه‌گیری شده تا با دقت بیشتری به ویژگی‌های کاربردی آن پرداخت.

منابع مورد استفاده

- Cai, L., 2005. Determination of diffusion coefficients for subalpine fir. *Wood Science and Technology*, 39: 153-162.
- Cai, L. and Oliveira, L.C., 2008. A simulation of wet pocket lumber drying. *Drying Technology*, 26:5:525-529.
- Gholamian, H. and Tarmian, A., 2010. Radial Variation in Longitudinal Permeability of beech wood containing red heart wood. *Faculty of Natural Resources, Journal of Forest and wood products*.63:1. 37-46. (In Persian)
- Kabir, M.F., Leininger, T.D., Araman, P.A. and Winn, M.F., 2006. Detection of wetwood by ultrasonics. *Forest product journal*, 56 (3): 70-74.
- Keey, R.B., Langrish, T.A.G. and Walker, J.C.F., 2000. *Kiln-Drying of Lumber*. Springer, Berlin, 326p.
- Knutson, D.M., 1973. The bacteria in sapwood, wetwood, and heartwood of trembling aspen

مقایسه با چوب نرمال آغاز می‌شود و در رطوبت‌های بالاتر سرعت جریان توده‌ای آب آزاد بیشتر است، بنابراین ممکن است به اشتباه سرعت خشک شدن در خیس چوب بیشتر گزارش شود. بر این اساس، Lin و Kozlik (۱۹۷۱) گزارش کردند که خیس چوب گونه هملاک غربی در مراحل ابتدایی سریع‌تر از چوب درون خشک می‌شود؛ درحالی‌که Ward (۱۹۸۶) در مورد خیس چوب گونه‌های *Abies concolor* و *P. grandidentata* اظهار نظر متفاوتی داشت. بنابراین، می‌توان گفت که در پایان عملیات خشک کردن الوارهای حاوی خیس چوب در کوره، رطوبت نهایی این نوع الوارها به صورت موضعی و در نواحی خیس چوب بیشتر خواهد بود. همچنین، برخلاف نتایج تحقیقات Ward (۱۹۸۶)، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تشکیل خیس چوب تأثیر منفی بر نفوذپذیری و اشباع‌پذیری چوب صنوبر ندارد. این مسئله شاید ناشی از ساختمان آناتومی و تخلخلی متفاوت خیس چوب به‌ویژه از دیدگاه تشکیل تیل در بین گونه‌های مختلف باشد.

کمتر بودن ضریب انتشار خیس چوب شاید ناشی از تغییر در میزان ترکیبات تشکیل‌دهنده دیوار سلول‌ها در این نوع چوب باشد. برخی تحقیقات حکایت از آن دارد که خیس چوب در مقایسه با چوب نرمال مواد استخراجی بیشتری دارد (Ward, 1986). Tarmian و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش کردند که بالا بودن میزان سلولز موجود در دیوار سلول‌های چوب کشتی (لایه ژلاتینی) با وجود جرم‌ویژه بالای آن موجب بهبود ضریب انتشار این نوع چوب می‌شود. Cai (۲۰۰۵) نیز دریافت که خیس چوب گونه نراد از ضریب انتشار کمتری در مقایسه با چوب نرمال برخوردار است. نتایج این تحقیق نشان داد که وقوع باختگی آبی در صنوبر موجب افزایش سرعت خشک شدن و ضرایب انتقال سیال آن می‌شود. تأثیر مثبت باختگی آبی بر سرعت خشک شدن و ضرایب انتقال سیال چوب صنوبر می‌تواند ناشی از نفوذ عمیق قارچی در بافت چوب و تغییر در ساختمان تخلخلی آن باشد.

در تحقیق حاضر تأثیر تشکیل خیس چوب در گونه صنوبر (*P. nigra*) و وقوع باختگی آبی بر سرعت خشک شدن و ضرایب انتقال سیال آن مورد بررسی قرار گرفت. در مجموع نتایج نشان داد که باختگی آبی تأثیر مثبتی بر سرعت خشک شدن و نفوذپذیری و اشباع‌پذیری

- wood of *Picea abies* L. and tension wood of *Fagus sylvatica* L. *Holzforchung*, 63: 352-356.
- Tarmian, A., Remond, R., Dashti, H. and Perré, P., 2012. Moisture diffusion coefficient of reaction woods: compression wood of *Picea abies* L. and tension wood of *Fagus sylvatica* L. *Wood Science and Technology*, 46: 1-3. 405-417.
- Tarmian, A., Sepehr, A. and Rahimi, S., 2009. Drying Stress and Strain in Tension Wood: A Conventional Kiln Schedule to Efficiently Dry Mixed Tension/Normal Wood Boards in Poplar. *Drying Technology*. 27:1033-1040.
- Thaler, N., Lesar, B., Kariz, M. and Humar, M., 2012. Bioincising of Norway spruce wood using wood inhabiting fungi. *International Biodeterioration & Biodegradati on J.*, 68: 51-55.
- Tiedemann, G., Bauch, J. and Bock, E., 1971. Occurrence and significance of bacteria in living trees of *Populus nigra* L. *European Journal of Forest Pathology*, 123: 364-374.
- Ward, J.C., 1986 The effect of wetwood on lumber drying times and rates: an exploratory evaluation with longitudinal gas permeability. *Wood and Fiber Science*, 18:288-307.
- Ward, J.C. and Zeikus, J.G., 1980. Bacteriological, chemical and physical properties of wetwood in living trees. In: *Natural Variation of Wood Properties*. (Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst-und Holzwirtschaft Nr. 131.) J.Bauch, ed. Max Wiedehusen Verlag, Hamburg- Reinbek, Germany, 113-166.
- (*Populus tremuloides*). *Canadian Journal of Botany*, 51:498-500.
- Lehringer, C., 2011. Permeability improvement of Norway spruce wood with the white rot fungus *Physisporinus vitreus*. Ph.D. thesis. Georg-August-University Göttingen, 33p.
- Lin, R.T. and Kozlik, C.J., 1971. Permeability and drying behavior of western hemlock. *Proc. 22 nd Annual Meeting Western Dry Kiln Club*, pp. 44-50. Oregon State Univer., Corvallis, OR.
- Perré, P., 2007. *Fundamentals of Wood Drying*. ARBOLOR, France, 366p.
- Schink, B. and Ward, J.C., 1984. Microaerobic and anaerobic bacterial activities involved in formation of wetwood and discolored wood. *IAWA Bulletin* 5:2.105-109.
- Schink, B., Ward, J.C. and Zeikus, J.G., 1981. Microbiology of wetwood: role of anaerobic bacterial populations in living trees. *Journal of General Microbiology*, 123 (3): 13-322.
- Streichan, M. and Schink, B., 2006, Microbial populations in wetwood of European white fir (*Abies alba* Mill.) *FEMS Microbiology Letters*.
- Taghiyari, H., 2008. Evaluation of Juvenile Wood and Mature Wood Properties of *Populus deltoides* (69/55) and *Populus euroamericana* (cv. I-214) for Pulping Industry. Ph.D. Thesis. Faculty of Natural Resources. University of Tehran. (In Persian)
- Tarmian, A. and Perre, P., 2009. Air permeability in longitudinal and radial directions of compression

The Effect of wetwood and blue stain (*Ceratocystis spp.*) on the drying rate and fluid transport coefficients of poplar Wood (*P. nigra*)

Z. Forozan¹, A. Tarmian^{2*}, R. Ghamari¹ and H. Matini Behzad³

1- MSc., Department of Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran

2*- Corresponding author, Associate Professor, Department of Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran, Email: tarmian@ut.ac.ir

3- PhD. Student, Department of Wood and Paper Science & Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: Feb., 2014

Accepted: Oct., 2014

Abstract

In this research, the effect of wetwood and blue stain on the drying rate and fluid transport coefficients of poplar wood (*P. nigra*) was evaluated. For this purpose, five boards with dimensions of 150 × 35 × 45 mm were cut from wetwood, normal wood and stained wood areas of freshly cut lumbers in Taleghan region and then dried to the final moisture content of 8 percent inside a laboratory dryer at temperature of 50 °C, relative humidity of 60% and air velocity of 1 m/s. Overall, drying time was 120 h. After drying, the transverse permeability and diffusion coefficients were measured. The results showed that the wetwood do not impose decreasing effect on the drying rate of poplar wood. However, it reached to the final moisture content slower due to higher initial moisture content. Also, the wetwood had no significant effect on the transverse permeability but reduced the diffusion coefficient. In contrast to the wetwood effects, the drying rate, permeability and diffusion coefficients were increased due to the blue stain.

Keywords: Poplar, wetwood, blue stain, fluid transfer coefficient, drying.