تاثیر مواد و روش‌های حفاظتی بر روی خواص فیزیکی چوب اکالیپتوس کاملدولنسیس (*Eucalyptus camaldulensis*) [۱]

راه علی بیات کشکولی [۲] داود پارسا پژوه [۳]

چکیده

گرده بینه‌ها از توده دست کاشت اکالیپتوس در نورآباد ممسنی تهیه شدند و به قطعات ۱۰۰×۷×۷ سانتیمتر تبدیل شدند و تا رطوبت زیر ۲۰ درصد خشک شدند. برای تحقیق طرح آزمایشی کرت‌های خرد شده انتخاب شد. سه روش اشباع شامل بتل، روپینگ و روپینگ مضاعف و سه ماده حفاظتی همراه با نمونه‌های شاهد به‌کار گرفته شد. یک ماده حفاظتی کرئوزت و دو ماده دیگر محلول در آب بودند که براساس استاندارد AWPA و pH مناسب ساخته شد. نتایج به‌دست آمده حاکی از این است که آغشته کردن چوب باعث عکس‌العمل درونی چوب و عناصر چوبی می‌شود. هم‌کشیدگی کلی نمونه‌های تیمار شده کاهش پیدا نموده است. روش بتل کرئوزت این اثر را بیشتر موجب شده است. این به معنی تثبیت ابعاد چوب بر اثر اشباع با مواد مختلف است. اتصالات عرضی مواد حفاظتی با عناصر چوبی و توالی دو مرحله‌ای خشک کردن و بسته شدن منحنی هیسترس و حجیم کنندگی غیرقابل برگشت از علل آن است. وزن مخصوص نمونه‌های تیمار شده با مواد حفاظتی در مقایسه با نمونه‌های شاهد پایین‌تر است، بخصوص در مورد تیمار روپینگ مضاعف، کرم، فلوئور، ارسنیک، این کاهش بارزتر است. علل آن می‌تواند وجود ترک‌های جزیی در روی چوب، ترک‌های میکروسپکی (شکست لایه میانی، جداشدگی لایه‌های دیواره....) افزایش بعد غیرقابل برگشت و تورم عناصر چوبی، تنش خشک کردن دو مرحله‌ای، شستشوی غیرمنتظره باشد. روش‌های ملایم‌تر مانند روپینگ و مواد با فراریت کمتر نظیر کرم، مس و ارسنیک نسبت به سایر مواد ارجح است.

واژه‌های کلیدی: *خصوصیات فیزیکی چوب، مواد حفاظتی، روش حفاظتی، ترکیب مواد حفاظتی، خشک‌کردن مجدد، وزن مخصوص، همکشیدگی، اکالیپتوس کاملدولنسیس.*

---

[۱]- تاریخ دریافت: ۸۱/۱۲/۱۷، تاریخ پذیرش: ۸۲/۷/۲۹

[۲] – دانشجوی دکتری علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران(Email: rbayatkashkoll@yahoo.com)

[۳] – استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

مقدمه

این تحقیق بر روی جامعه اکالیپتوس در اطراف شهرستان نورآباد ممسنی استان فارس انجام شد. اکالیپتوس کاملدولنسیس *(Eucalyptus camaldulensis)* در دو منطقه نزدیک نورآباد کاشته شده است، این گونه نسبت به گونه‌های دیگر هم از نظر قطری و هم از نظر ارتفاع بسیار عالی می‌باشد و از نظر سازش‌پذیری خوب می‌باشد(۵). اکالیپتوس با وجود مشکل خشک کردن می‌تواند کمبود چوب صنعتی این مناطق را به سرعت برطرف سازد. مقایسه مواد حفاظتی و روش‌های حفاظتی در شرایط صنعت اشباع ایران بسیار ضروری است. هدف اصلی، انتخاب ماده حفاظتی مناسب با بهترین روش اشباع بود. گونه اکالیپتوس کاملدولنسیس یک گونه سریع الرشد است و عکس العمل آن در برابر مواد و روش‌های متفاوت باید مشخص شود تا در زمان مصرف احتمالی به‌صورت تراورس و غیره این عکس‌العمل‌ها در نظر گرفته شود.

اثر متقابل بین ماده حفاظتی و چوب و ارگانیسم‌های مخرب چوب تا حدود سال ۱۹۴۸ ناشناخته بود و در حال حاضر اطلاعاتی در این زمینه به‌دست آمده است(۱۵).

علی اکبری و پارساپژوه (۱۳۵۷) تحقیقی را با عنوان بررسی اثر مواد و روش‌های حفاظتی بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی چوب راش انجام داده‌اند و نمک‌های بازیلیت و ولمانیت را برای اشباع استفاده نموده‌اند و مقاومت فیزیکی و مکانیکی را در این دو حالت بررسی نموده‌اند و نتیجه‌گیری کرده‌اند که چوب اشباع شده با نمک بازیلیت مدول الاستیسیته بیشتر و مقاومت فشاری موازی الیاف و مقاومت کششی بیشتری در مقایسه با نمونه‌های اشباع شده با نمک و لمانیت دارند(۶).

سازمان تحقیقات علمی و صنعتی استرالیا و مرکز تحقیقات نیروی دریایی استرالیا با تحقیق بر روی گونه‌های اکالیپتوس بهترین روش را اشباع فشاری معرفی کرده‌اند(۴). تحقیقاتی که در استرالیا توسط جمعی از محققان بر روی اکالیپتوس کاملدولنسیس انجام شده است نشان می‌دهد که بین منشاءهایی از E.C تفاوت زیادی در خواص چوب گزارش شده است (۱۵).

باری (۱۹۹۳) در کتاب حفاظت چوب مشکل جدی تیرهای اکالیپتوس را قارچ‌های پوسیدگی نرم در محل یقه تیرها ذکر کرده است و نتیجه گرفته است که این تیرها باید با ماده حفاظتی مس – کرم[۱]- ارسنیک[۲] اشباع شوند، تا با این قارچ‌ها مقابله شود. چون اکالیپتوس از گونه‌های سخت اشباع است، برای نفوذ مناسب مواد حفاظتی از فشار بسیار زیاد (۵۰ تا ۷۰ اتمسفر) در کشور استرالیا به‌کار برده می‌شود. در بعضی از گونه‌های سوزنی‌برگان در صورتی‌که ماده حفاظتی نفوذ کاملی به‌داخل چوب نداشته باشد از فشار بالاتر از ۱۲/۵ اتمسفر استفاده می‌شود که باعث لاپس شدن آنها می‌شود(۸).

دارد[۳] (۱۹۷۳) در کتاب تخریب چوب و حفاظت آن توسط تیمارهای حفاظتی بیان می‌کند که سیستم‌های تیمار فشار قوی به‌طور اقتصادی در استرالیا برای تیمار چوب‌های اکالیپتوس به‌کار برده می‌شود. در سال ۱۹۵۸ پروژه‌های تعاونی کرئوزت[۴] (Cooperative Creosote Projects) مطالعه‌ای در زمینه مصرف دریایی، با دو کرئوزت قطران زغال سنگ محلول انجام داد. بقای کرئوزت‌ها زیاد بود و اختلاف دو کرئوزت‌های به‌کار برده شده کمتر مورد توجه بود. پیش تیمار با محتویات مسی مواد حفاظتی محلول در آب اثر حفاظتی بیشتری به کرئوزت می‌دهد (۱۰).

هومن[۵] و همکاران (۲۰۰۳) چوب را با دو روش (اصلاح شیمیایی استیله کردن و بخارگرم Plato) اصلاح

۱-Chromium
۲-Arsenic
۳-Darred
۴- Creosote
۵-Homan

نمودند. ویژگی‌هایی مثل تثبیت ابعاد و ممانعت از جذب بهبود داشت. با افزایش دوام، هم‌کشیدگی و واکشیدگی کاهش داشت. در طول تیمار حرارتی اجزای چوب که به‌طور شیمیایی ساختمان پلیمری به‌هم چسبیده دارند از همدیگر جدا می‌شوند و گروه هیدروکسیل توسط گروه‌های آب گریز جایگزین می‌شود(۱۲).

مواد و روش‌ها

مدل آماری و محاسبات آماری

تیمارهای مورد نیاز، در قالب طرح کرت‌های خرد شده و بر اساس بلوک‌بندی تصادفی انجام شد. چهار بلوک که هر کدام یک درخت اکالیپتوس بودند در نظر گرفته شد و تیمارهای مشابهی بر روی هر کدام از درختان انجام شد. این تیمارها شامل دو فاکتور بودند که فاکتور اصلی آن روش‌های اشباع و فاکتور فرعی آن مواد حفاظتی بودند با اجرای این طرح تاثیر روش‌ها و مواد حفاظتی معین شده است. سطوح فاکتور روش‌ها عبارتند از روپینگ[۱]، روپینگ مضاعف[۲] و بتل[۳] و سطوح فاکتور مواد حفاظتی عبارتند از کرئوزت، ترکیباتی از کرم، ارسنیک، فلوئور[۴] و ترکیباتی از کرم ارسنیک مس، بدون ماده حفاظتی است و در نتیجه هر یک از این تیمارها شامل یکی از این مواد و یکی از این روش‌ها خواهد بود. هر یک از آزمایش‌های فیزیکی در قالب طرح اسپلیت بلوک (شکل ۱) انجام شد. داده‌های به‌دست آمده از هر یک از آزمایش‌های خواص فیزیکی به‌صورت (روش اشباع/ ماده حفاظتی) با هم مقایسه شدند. در این صورت می‌توان بیشترین یا کمترین اثر تیمار را به‌دست آورد و یا بهترین تیمار را برای یک هدف مورد نظر به‌دست آورد. با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری آماری MSTAT-C فایلی از داده‌های آماری تجزیه واریانس و محاسبات آماری شدند.

نمونه‌برداری

چهار درخت اکالیپتوس قطع شدند و از هر کدام یک گرده بینه انتخاب شد. نمونه‌هایی به ابعاد ۱۰۰×۷×۷ سانتیمتر از آنها به‌دست آمد. نمونه‌ها به‌طریق استاندارد در هوای آزاد هانگار خشک شدند و به رطوبت مناسب اشباع (۱۸ درصد) رسیدند. سپس به تعداد مورد نیاز در دستگاه اشباع دانشکده و کارخانه اشباع تراورس قزوین اشباع شدند. بعد از تثبیت مواد حفاظتی با خشک کردن در هوای آزاد نمونه‌های آزمایش فیزیکی تیمارهای هر بلوک با استفاده از استانداردهای ASTM و ISO به‌دست آمدند (۷،۱۳). این نمونه‌ها به رطوبت تقریبی ۱۲ درصد رسیدند.

تهیه مواد حفاظتی محلول در آب

ترکیبات حفاظتی براساس استاندارد AWPA تهیه شدند. غلظت کلی آنها ۵ درصد منظور شد. برای به‌دست آوردن pH استاندارد تغییراتی در درصد مواد به‌خاطر ناخالصی آنها داده شد که در جدول (۱ و ۲) قابل مشاهده است.

روش‌های اشباع

سه روش اشباعی شامل بتل (سلول پر)، روپینگ و روپینگ مضاعف (سلول خالی) که در ایران استعمال می‌شوند به‌کار برده شد. گونه اکالیپتوس به سختی اشباع می‌شود که علت‌های آن؛ پراکنده آوندی، بافت متراکم،پیچیدگی الیاف، درون چوب گسترده و کمی آوند، ردیف‌های سلول‌های اشعه و منافذ دیوار آوندی کوچک است. از حداکثر توان اعمال فشار (۱۰ اتمسفر در دانشکده، ۱۲ اتمسفر کارخانه) و خلاء (۰/۸- اتمسفر) استفاده شد. شرایط و مراحل اشباع همانند شرایط و مراحل اشباع در دانشکده منابع طبیعی و کارخانه اشباع تراورس قزوین برای هر سه روش بود.

اندازه‌گیری خواص فیزیکی

برای تعیین وزن مخصوص (خشک،نسبی، تر، پایه یا

۱- Ruping
۲- Double ruping
۳- Bethell
۴- Floure

بحرانی) برطبق آیین‌نامه شماره ۳۱۳۱ استاندارد ISO و برای تعیین هم‌کشیدگی برطبق آیین‌نامه شماره۴۸۵۸ استاندارد ISO عمل شد و نمونه‌هایی به ابعاد ۲×۲×۲ سانتیمتر تهیه و اندازه‌گیری شد (۱۳). با استفاده از فرمول‌های مربوطه محاسبه شدند(۳).

جدول۱- اولین ترکیب استاندارد مورد استفاده براساس فرمول زیر است (FCAP)(فرمول اولیه از رفرنس ۱۱است.)

ماده شیمیایی	فرمول شیمیایی	مقدار از ۱۰۰ درصد	
		درصدتغییر یافته	درصد فرمول
فلوئورید سدیم	NaF دارای ۵ درصد آب	۲۴درصد	۲۲ درصد
اکسید کرم	CrO_3 شش ظرفیتی	۳۵درصد	۳۷ درصد
ارسنیک پنتااکسید	AS_2O_5 دارای ۷۵ درصد آب	۲۴درصد	۲۵ درصد
۲-۶ دی نیتروفنل	$(OH)C_6H_2(NO_2)_2$ ۶ و ۲ دارای ۵ درصد آب	۱۷درصد	۱۶ درصد

pH=۳/۶۶۹ اولیه pH = ۵/۵ – ۷/۸ استاندارد pH =۵/۷۶۸نهایی

جدول ۲ -دومین ترکیب استاندارد مورد استفاده براساس فرمول زیر است (CCA نوع A) (فرمول اولیه از رفرنس ۱۱است.)

ماده شیمیایی	فرمول شیمیایی	مقدار از ۱۰۰ درصد	
		درصدتغییر یافته	درصد فرمول
بی کرومات پتاسیم	$K_2Cr_2O_7$ دارای ۶۹ درصد آب		۲۳/۸ درصد
آب	H_2O		۱۲/۵ درصد
اکسید کرم	CrO_3		۲۸/۷ درصد
اسید ارسنیک	H_3ASO_4 دارای ۷۵ درصد آب	۱۷درصد	۱۸/۳ درصد
کربنات مس	$CuCo_3$ دارای ۵۵ درصد آب	۱۸درصد	۱۶/۷ درصد

pH = ۱/۵۴ اولیه، pH = ۱/۶-۳/۲ استاندارد، pH = ۲/۷۵۳ نهایی

نتایج

جدول میانگین و تجزیه واریانس و همچنین نتایج آزمون دانکن در جداول (۳، ۴ و۵) مشاهده می‌شود.

خشک کردن چوب و تهیه مواد حفاظتی: باتوجه به رعایت مسائل مربوط به چوب خشک کنی معایب بسیار زیادی آشکار شد مانند ترک مقطعی، ترک سطوح جانبی، چین‌خوردگی، شان عسلی، خمیدگی، کمانی شدن، تاب خوردگی (پیچش)، الماس گونی (مکعبی).تهیه نمونه‌های سالم خیلی مشکل بود و نمونه‌های زیادی از بین رفتند. اشکال (۲ و ۳) گویای این معایب می‌باشد.

هم‌کشیدگی کلی: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر روش‌های اشباع و تاثیرات متقابل معنی‌دار نشده است، ولی اثر مواد اشباع معنی‌دار شده است که حد معنی‌داری آن ۹۹ درصد است.

نتایج آزمون دانکن در مورد روش‌های اشباع نشان می‌دهد که هیچ‌کدام از روش‌ها تفاوت معنی‌داری با هم ندارند، ولی در مورد مواد حفاظتی نتایج حاکی از آن است

که نمونه‌های شاهد با دیگر نمونه‌ها تفاوت دارد. نتایج آزمون دانکن در مورد آثار متقابل همچنین نشان می‌دهد که تیمارهای شاهد با تیمارهای (روپینگ مضاعف کرم فلوئور ارسنیک)، (روپینگ مضاعف کرم مس ارسنیک) (روپینگ کرم مس ارسنیک) و (بتل کرئوزت) اختلاف دارد و با سایر تیمارها اختلافی مشاهده نمی‌شود.

وزن مخصوص: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر فاکتور روش‌ها (A) برای وزن مخصوص نسبی و تر تا ۹۹درصد و برای وزن مخصوص خشک تا ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد اما برای وزن مخصوص پایه یا بحرانی معنی‌دار نیست. اثر فاکتور مواد اشباعی تا ۹۹ درصد برای تمام وزن مخصوص‌ها معنی‌دار می‌باشد. آثار متقابل برای تمام وزن مخصوص‌ها به غیر از وزن مخصوص نسبی معنی‌دار نمی‌باشد و برای وزن مخصوص نسبی تا ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد.

نتایج آزمون دانکن در مورد روش‌های حفاظتی برای وزن مخصوص خشک و تر نشان می‌دهد که روش روپینگ با روش روپینگ مضاعف تفاوت معنی‌داری دارد اما در مورد وزن مخصوص پایه معنی دار نبود. در مورد وزن مخصوص نسبی روش روپینگ با سایر روش‌ها تفاوت معنی‌داری دارد. در مورد مواد حفاظتی برای تمام وزن مخصوص‌ها به غیر از وزن مخصوص تر تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های شاهد با دیگر نمونه‌های اشباع شده وجود داشت، ولی برای وزن مخصوص تر فقط با نمونه‌های (کرئوزت، کرم فلوئورارسنیک) تفاوت معنی‌داری داشت. نتایج آزمون دانکن در مورد تاثیرات متقابل به‌شرح زیر است:

وزن مخصوص پایه یا بحرانی: نمونه‌های شاهد با نمونه‌های دیگر به غیر از نمونه‌های (روپینگ کرئوزت) تفاوت معنی‌داری داشت و همچنین نمونه‌های تیمار (روپینگ کرم فلوئورارسنیک) (روپینگ مضاعف کرم فلوئورارسنیک) با نمونه‌های شاهد (روپینگ کرئوزت) تفاوت معنی‌داری داشت.

وزن مخصوص خشک: نمونه‌های شاهد با نمونه‌های تیمار (روپینگ مضاعف کرم مس ارسنیک) (روپینگ مضاعف کرئوزت) (بتل کرئوزت) (بتل کرم مس ارسنیک) (روپینگ مضاعف کرم فلوئورارسنیک) تفاوت معنی‌داری داشت و نمونه‌های تیمار روپینگ مضاعف کرم فلوئورارسنیک با نمونه‌های شاهد و (روپینگ کرم مس ارسنیک) (روپینگ کرئوزت) (بتل کرم فلوئورارسنیک) (روپینگ کرم فلوئورارسنیک) تفاوت معنی‌داری داشت.

وزن مخصوص نسبی: نمونه‌های شاهد با نمونه‌های دیگر به غیر از (روپینگ کرئوزت) (روپینگ کرم مس ارسنیک) تفاوت معنی‌داری داشت و آثار متقابل نمونه‌های (روپینگ کرئوزت) با سایر نمونه‌ها به غیر از (روپینگ کرم مس ارسنیک) (بتل کرم فلوئورارسنیک) تفاوت معنی‌داری داشت. نمونه‌های (روپینگ کرم مس ارسنیک) با نمونه‌های (روپینگ مضاعف کرئوزت) و (روپینگ مضاعف کرم فلوئورارسنیک) تفاوت معنی‌داری داشت، و نمونه‌های (بتل کرم فلوئورارسنیک) با نمونه‌های (روپینگ مضاعف کرم فلوئورارسنیک) تفاوت معنی‌داری داشت.

وزن مخصوص تر: نمونه‌های شاهد با نمونه‌های (بتل کرئوزت) (روپینگ مضاعف کرئوزت) (روپینگ مضاعف کرم فلوئورارسنیک) تفاوت معنی‌داری داشت. نمونه‌های (روپینگ کرم مس ارسنیک) با نمونه‌های (روپینگ مضاعف کرئوزت) (روپینگ مضاعف کرم فلوئور ارسنیک) تفاوت معنی‌داری داشت. نمونه‌های روپینگ مضاعف با نمونه‌های (روپینگ مضاعف کرم فلوئورارسنیک) تفاوت معنی‌داری داشت.

بحث و نتیجه گیری

یک تیمار شیمیایی ممکن است بعضی معایب مرتبط با استعمال چوب را کاهش دهد و مصارف یا کاربرد جدیدی

را به‌وجود آورد تیمار شیمیایی می‌توانند به‌طور موثری ناپایداری ابعاد چوب را در برابر رطوبت کاهش دهد(۱۶).

شرایطی که مواد به‌داخل چوب نفوذ می‌کند بسته به روش‌ها و مواد بسیار متغیراست. عوامل مهم تاثیرگذار بر روی خواص فیزیکی چوب به‌شرح زیر است : ۱- عامل OH عناصر چوبی۲- استعداد چوب و عناصر چوبی به قابلیت واکنش با قلیا و تجزیه با اسید و خاصیت تورم چوب و اجزاء آن بخاطر این مواد ۳- کنش و واکنش در این حالت‌ها یعنی عکس العمل نوع چوب دربرابر این مواد ۴- نفوذ و خروج مواد (شستشوی غیر منتظره) و هوا ۵- کاهش و افزایش حرارت در زمان اشباع ۶- توالی خشک کردن چوب‌های اشباعی (دو مرحله) و ۷- خاصیت مواد (فراریت، روغنی و...). شرایط اشباع برخی روش‌ها، واکنش‌ها و تاثیر این عوامل را به شدت تقویت می‌کند. چوب اکالیپتوس چوب بدبوم و انعکاسی و به سختی اشباع می‌شود و همچنین به عنوان چوبی است که رفتار غیرطبیعی دارد. این مقاله تجربه خوبی را نشان می‌دهد که این گونه چوب‌ها در مقابل شرایط حاکم عکس‌العمل مناسبی را نشان می‌دهد.

تثبیت ابعاد و هم‌کشیدگی کلی

نتایج نشان می‌دهد که از هر نوع روشی که استفاده شود و بعد از اینکه نمونه‌های اشباع شده تثبیت و خشک شوند و آنها در معرض تغییرات رطوبتی قرار گیرند از نظر عکس‌العمل احتمالی (از نظر نوع روش به‌کار برده شده) با همدیگر تفاوتی ندارند و مستقل از روش‌ها می‌باشند و یا میتوان گفت فرایند نفوذ مواد حفاظتی به‌داخل چوب نمی‌تواند تاثیری در روی تغییر ابعاد زیاد یا کم چوب و یا در جلوگیری از آن در هنگام مصرف یا مواجه شدن با تغییر رطوبت داشته باشد، در مقابل همان‌طوری که مشخص است نفوذ ماده حفاظتی به‌داخل چوب از تغییر ابعاد زیاد جلوگیری می‌کند و مواد مورد استفاده تاثیر مثبتی داشته‌اند. تیمارهای مناسب که باعث کاهش هم‌کشیدگی شده‌اند عبارتند از (روپینگ مضاعف با کرم فلوئورارسنیک و کرم مس ارسنیک) و (روپینگ کرم مس ارسنیک) (بتل کرئوزت) و بنابراین باعث تثبیت ابعاد شده‌اند. اصلاحات شیمیایی اثر افزایشی در تثبیت ابعاد، هنگامی‌که چوب با رطوبت در تماس است دارد(۹). وجود سطح روغنی یا غیر روغنی در روی چوب و همچنین وجود اتصالات این مواد حفاظتی با گروه‌های هیدروکسیل از عوامل مهمی هستند که از نفوذ آب به‌داخل چوب و یا از ایجاد اتصالات با آب جلوگیری کنند. توالی خشک‌کردن چوب‌های اشباعی به‌صورت دو مرحله‌ای (قبل از ا شباع و بعد از اشباع) باعث کاهش جذب و دفع آب خواهد شد. وقتی چوب سبز نخستین بار خشک می‌شود خاصیت جذب و دفع آب یا هیگروسکپیک آن در بالاتر از رطوبت نسبی ۵۰درصد نقصان غیرقابل برگشت پیدا می‌کند. دفع در یک مرحله جذب و دفع آب زیادتر از چند مرحله آن در چوب است. تحت شرایط جذب و دفع رطوبت رفتار منحنی هیسترس طوری است که ضریب زاویه یا شیب موثر کاهش می‌یابد(۱). این موضوع نشان می‌دهد که چوب به‌تدریج در طی این مراحل تمایلی به جذب و دفع از خود نشان نمی‌دهد. بنابراین فرایند دو مرحله‌ای خشک کردن چوب‌های اشباعی یکی از عوامل تثبیت چوب است. هومن و همکاران (۲۰۰۳) کاهش هم‌کشیدگی را به‌خاطر تیمار اصلاحی تائید می‌کند و تیمار حرارتی ساختمان پلیمری به‌هم چسبیده اجزائ چوب را از همدیگر جدا می‌کند و گروه هیدروکسیل توسط گروه‌های آب گریز جایگزین می‌شود (تیمار اول). علل تثبیت ابعاد چوب و کاهش خاصیت نم‌پذیری نمونه‌های اشباعی فوق را می‌توان از چند نظر بررسی نمود، استام این نظرات را تایید می‌کند(۲):

-اندود کردن سطوح داخلی سلول‌های چوب با مواد اشباعی سمی فوق برای عقیم ساختن سطوح داخل حفرات سلولی با یک یا چند لایه از این مواد

مقاوم به آب است. مواد سمی محلول در حلال‌های کم و بیش تصعید شونده جزو این دسته از مواد هستند و نفوذ آب مایع و تغییر هیگروسکپی چوب را کاهش می‌دهند.

-تیمار حرارتی چوب (مشرف کردن به دمای بالا) خاصیت نم‌پذیری چوب را کاهش می‌دهد و این نوع تثبیت ابعاد دایمی است.

-تیمار شیمیایی باعث ایجاد اتصال عرضی در مواد تشکیل دهنده چوب می‌شود و از واکشیدگی چوب خشک در تماس با آب جلوگیری می‌کند. اگر اتصال عرضی زیاد باشد تعداد مکان‌های جذبش کاهش می‌یابد و در نتیجه مقاومت به واکشیدگی آن فزونی می‌یابد و تغییر نم‌پذیری جدار سلول پایین می‌آید. تیمار شیمیایی باعث کاهش تعامل سلول‌های چوبی با آب می‌شود.

-تیمار شیمیایی با مواد حجیم کننده برای کاهش هم‌کشیدگی است. چوب در حالت واکشیده خود خواهد ماند. مواد شیمیایی به‌کار رفته نقش حجیم کننده دارند. مثلاً قلیاها نقش حجیم کنندگی دارند.

دو سری مواد به‌کار می‌برند: مواد قابل حل و غیرقابل حل در آب. مواد قابل حل در آب واکنش شیمیایی با چوب ندارد و فقط جایگزین آب جدار سلول می‌شود. چون فعالیت آب باقی مانده نزول می‌کند و اثر حجیم نگه داشتن مواد شیمیایی به‌کار رفته نیز وجود دارد، چوب در رطوبت نسبی پایین‌تر محیط، تقریبا در وضعیت اشباع کامل خود باقی خواهند ماند. مواد غیرقابل حل در آب با چوب واکنش شیمیایی خواهند داشت.

مواد شیمیایی از نوع دیگری هم برای تثبیت ابعاد چوب به‌کار می‌رود. ولی موادی که در این آزمون مورد استفاده قرار گرفته‌اند چنین مکانیسم عمل دارند و باعث تثبیت ابعاد چوب می‌شوند.

اشکال (۴ و ۵) تثبیت چوب‌های تیمار شده را در مقایسه با چوب‌های تیمار نشده را نشان می‌دهد. در کل تثبیت ابعاد به اشباع‌پذیری چوب بستگی دارد و اشباع چوب نیز به خصوصیات مواد (داشتن مواد ذره‌ای (رسوب)، گاز غیرمحلول (حباب و واکنش‌های ایجاد شده) و خصوصیات چوب (درون چوب، منافذ چوب، خصوصیات آناتومی) و ایجاد زنجیره عرضی پایدار بستگی دارد. اکالیپتوس سخت اشباع است اما به‌خاطر معایب چوب خشک کنی شدید (ترکها)، کنترل رطوبت، طولانی کردن فرایند تا حد قابل قبول اشباع می‌شود و با خشک کردن تثبیت می‌شود.

وزن مخصوص

نفوذ ماده حفاظتی باعث کاهش وزن مخصوص‌ها شده است، ولی روش‌ها آثار متفاوتی از خود نشان می‌دهند. نفوذ ماده حفاظتی باعث افزایش ابعاد نمونه‌های چوب می‌شود (که حد معین غیرقابل برگشت دارد) علل کاهش وزن مخصوص را به‌شرح ذیل می‌توان جستجو نمود:

وجود ترک‌های جزیی درونی در چوب اشباع شده و تغییرات همی سلولزها و پلی‌ساکاریدها و مواد استخراجی و معدنی و یا جانشینی آنها با مواد حفاظتی و افزایش حجم ایجاد شده به‌دلیل اتصالات بوجود آمده و ترک‌های میکروسکپی به‌وجود آمده از عواملی هستند که نسبت وزن به حجم را در چوب اشباع شده کاهش میدهند. چوبیکه با روش‌های مکانیکی و روش‌های شیمیایی اصلاح شده و در رابطه با کنترل رطوبت و درجه حرارت و یا چوب‌هایی‌که به آنها تنش وارد شده در SEM (میکروسکوپ الکترونی اسکنینگ) بررسی شده و شکست میکروسکپی که در این صورت در آنها به‌وجود آمده آشکار شده است. شکست لایه میانی، جداشدگی لایه‌ها متفاوت دیواره سلولی شکاف ساختمانی لایه‌ای در داخل فیبریل‌ها و میکروفیبریل‌ها که با استفاده از SEM تصویربرداری شده

چگونگی رفتار ساختاری را تحت تنش آشکار کرده است (۱۴ و ۲).

شکل (۶) نمایی از شکست لایه میانی، جداشدگی لایه‌های متفاوت دیواره سلولی، شکاف ساختاری لایه‌ای در داخل فِبریل‌ها و میکروفیبریل ها که با استفاده از میکروسکوپ الکترونی تصویر برداری شده است را نشان می‌دهد و چگونگی رفتار ساختاری تحت تنش را آشکار کرده است(۱۴ و ۲). بنابراین چنین شکست‌هایی (فیبریلی، لایه‌ای، ساختاری) تحت تنش (خشک کردن، نفوذ ماده حفاظتی و....) همراه با افزایش حجم به‌خاطر اتصالات مواد حفاظتی با عناصر چوبی یک افزایش بعد غیرقابل برگشت دارند و نسبت به افزایش وزن (اگر وجود داشته باشد درحالی‌که معتقدیم که عمل اشباع چوب همانند عمل آبکش کردن است یعنی آغشته شدن است) بسیار بیشتر است و همین امر باعث کاهش وزن مخصوص‌ها شده است. تنشی که خشک کردن دو مرحله‌ای (قبل از اشباع بعد از اشباع) به چوب وارد می‌کند و نفوذ و خروج مواد در سیر مراحل اشباع که همانند شستشو کردن است، در کاهش وزن مخصوص بسیار موثر است. فراریت برخی مواد موجود در کرئوزت و یا فلوئور و حرارت کرئوزت می‌تواند در ایجاد تنش و همان‌طوری‌که مشخص است در کاهش وزن مخصوص نقش داشته باشد. گروه عاملی (OH) عناصر چوبی همراه با pH برخی مواد مثل کرم فلوئورارسنیک یکی دیگر از عوامل مهم است. نفوذ این مواد به‌داخل چوب باعث می‌شود که با گروه‌های هیدروکسیلی واکنش نشان داده و شبکه کریستالی سلولز را عوض می‌کند و همچنین در pHهای پایین‌تر تجزیه صورت می‌گیرد .بنابراین فرایند اشباع و بعد از آن تثبیت، همانند یک حالت شستشوی چوب است و میزانی از واکشیدگی به‌وجود آمده به‌خاطر اشباع، بعد از خشک کردن مجدد چوب اشباع شده باقی می‌ماند .پس این بیان که چوب همانند ژل عمل می‌کند و نتیجتا نم‌پذیر و منبسط شونده هستند تایید می‌شود.

پیشنهادها

۱- برای تثبیت ابعاد چوب علاوه بر خشک کردن می‌توان از اشباع مواد حفاظتی استفاده نمود.

۲- روش‌های ملایم مانند روپینگ یا بتل و مواد حفاظتی با فراریت کم مثل (کرم مس ا رسنیک) قابل توسعه است.

۳- در زراعت گونه‌های سازش‌پذیر و یا جنگل‌کاری باید از گونه‌های مهار شدنی(گونه‌هایی که به آسانی خشک و اشباع می‌شوند وکارکردن با آنها راحت است) و مفید در صنایع چوب و کاغذ استفاده نمود. در غیر این صورت باید سیستم‌های مناسب فن‌آوری شود.

۴-حفاظت استاندارد فراورده‌های چوبی باید تدوین شود و در برخی مصارف لازم اجرا شود.

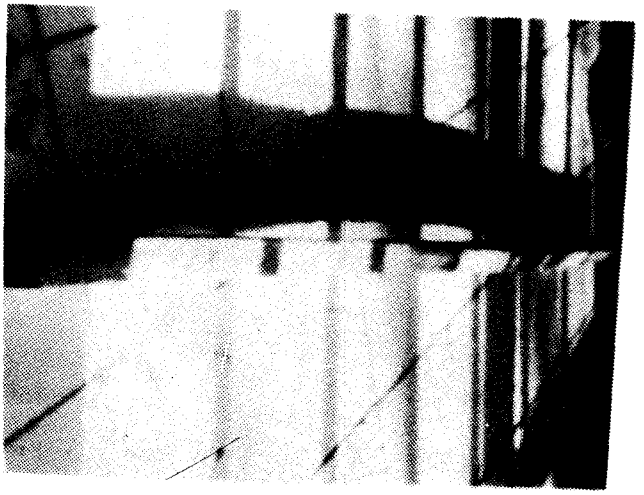
شکل ۱-طرح آزمایشی مورد استفاده (اسپلیت بلوک)

روش / ماده	روپینگ مضاعف	روپینگ	بتل
کرم مس ارسنیک			
کرئوزت			
کرم فلوئورارسنیک			
شاهد			

بلوک ۴..... بلوک ۳ ..... بلوک ۲..... بلوک ۱

جدول ۳- میانگین داده‌ها

تیمارها	وزن مخصوص‌تر	وزن مخصوص نسبی	وزن مخصوص خشک	وزن مخصوص پایه	میانگین همکشیدگی‌کلی
شاهد	۰/۹۲۹	۰/۸۵۱	۰/۹۰۳	۰/۸۰۹	۱۳/۱۳۷
بتل کرم مس ارسنیک	۰/۸۷۱	۰/۷۱۶	۰/۷۶۸	۰/۶۹۹	۱۱/۶۳۹
بتل کرئوزت	۰/۸۲۸	۰/۷٤	۰/۷۹	۰/۶۸۶	۱۰/۷۳۲
بتل کرم فلوئورارسنیک	۰/۸۶۹	۰/۷۶۳	۰/۸۲۲	۰/۷۰۳	۱۱/۶۵۸
روپینگ کرم مس ارسنیک	۰/۹۰۸	۰/۷۸۵	۰/۸۵۲	۰/۷۱۱	۱۱/۱۳۷
روپینگ کرئوزت	۰/۸۸۲	۰/۸۲۲	۰/۸٤۲	۰/۷۵۹	۱۱/۵٦٦
روپینگ کرم فلوئورارسنیک	۰/۸٤۳	۰/۷٤۹	۰/۸۱٤	۰/٦٦٤	۱۱/٦۰٤
روپینگ مضاعف کرم مس ارسنیک	۰/۸۵٤	۰/۷۵۱	۰/۷۹۵	۰/٦۹۱	۱۱/۱۹۲
روپینگ مضاعف کرئوزت	۰/۸۰۹	۰/۷	۰/۷۹۲	۰/٦۸	۱۱/۷۳۱
روپینگ‌مضاعف‌کرم فلوئورارسنیک	۰/۷۸۳	۰/٦۷۹	۰/۷۲۲	۰/٦۳۷	۱۱/٤٤۱



شکل ۲- معایب خشک کردن (ترک‌ها-خمیدگی-تاب خوردگی)

جدول ۴- نتایج دسته‌بندی شده آزمون دانکن

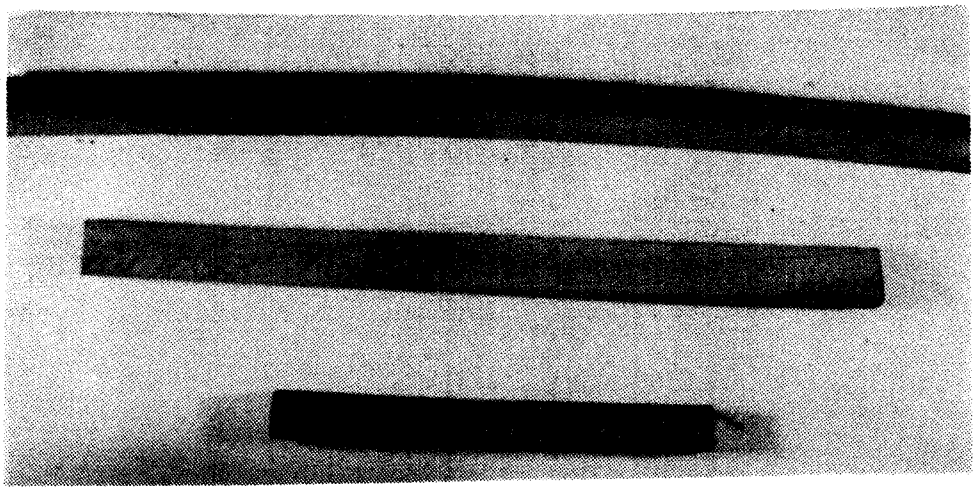
عنوان	وزن مخصوص‌تر	وزن مخصوص نسبی	وزن مخصوص خشک	وزن مخصوص پایه	میانگین همکشیدگی کلی
سطح احتمال	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
بتل	الف ۲	الف ۲	الف ۲	الف ۲	الف ۳
روپینگ	ب الف ۱	ب ۱	ب الف ۱	الف ۱	الف ۲
ذوپینگ مضاعف	ب ۳	ب ۳	ب ۳	الف ۳	الف ۱
سطح احتمال	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
کرم مس ارسنیک	الف ٤	الف ٤	الف ٤	الف ٤	الف ٤
کرئوزت	ب الف ۱	ب ۲	ب ۲	ب ۲	ب ۳
کرم فلوئورارسنیک	ب ۲	ب ۱	ب ۱	ب ۱	ب ۲
شاهد	ب ۳	ب ۳	ب ۳	ب ۳	ب ۱
سطح احتمال	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
بتل کرم مس ارسنیک	الف ٤	الف ٤	الف ٤	الف ٤	الف ٤
بتل کرئوزت	الف ۸	الف ۸	الف ۸	الف ۸	الف ۸
بتل کرم فلوئورارسنیک	الف ۱۲	الف ۱۲	الف ۱۲	الف ۱۲	الف ۱۲
شاهد	ب الف ۵	ب الف ٦	ب الف ۵	ب الف ٦	ب الف ۱۰
روپینگ کرم مس ارسنیک	پ ب الف ٦	پ ب الف ۵	ب الف ٦	پ ب ۵	ب الف ۳
روپینگ کرئوزت	پ ب الف ۱	ت پ ب ۳	ب الف۳	پ ب ۳	ب الف۱
روپینگ کرم فلوئورارسنیک	پ ب الف ۳	ث ت پ ۹	ب الف۷	پ ب ۱	ب الف۷
شاهد	پ ب الف ۹	ث ت پ ۷	پ ب ۹	پ ب ۹	ب الف٦
روپینگ‌مضاعف‌کرم‌مس‌ارسنیک	پ ب الف ۷	ث ت پ ۳	پ ب ۱۰	پ ب ۲	ب ۱۱
روپینگ مضاعف کرئوزت	ت پ ب ۲	ث ت پ ۱	پ ب ۲	پ ب ۱۰	ب ۹
روپینگ‌مضاعف‌کرم‌فلوئورارسنیک	ت پ ۱۰	ث ت ۱۰	پ ب ۱	پ ۷	ب ۵
شاهد	ت ۱۱	ث ۱۱	پ ۱۱	پ ۱۱	ب ۲

حروف مشابه بیانگر عدم معنی دار بودن میانگین ها می باشد

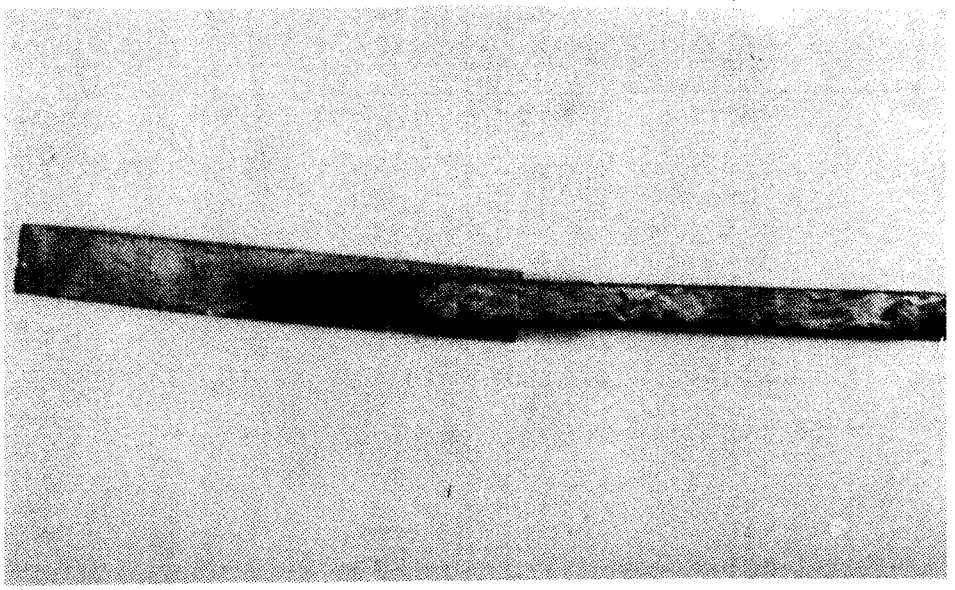
شکل ۳- معایب خشک کردن (چین‌خوردگی - شان عسلی)

جدول ۵- تجزیه واریانس

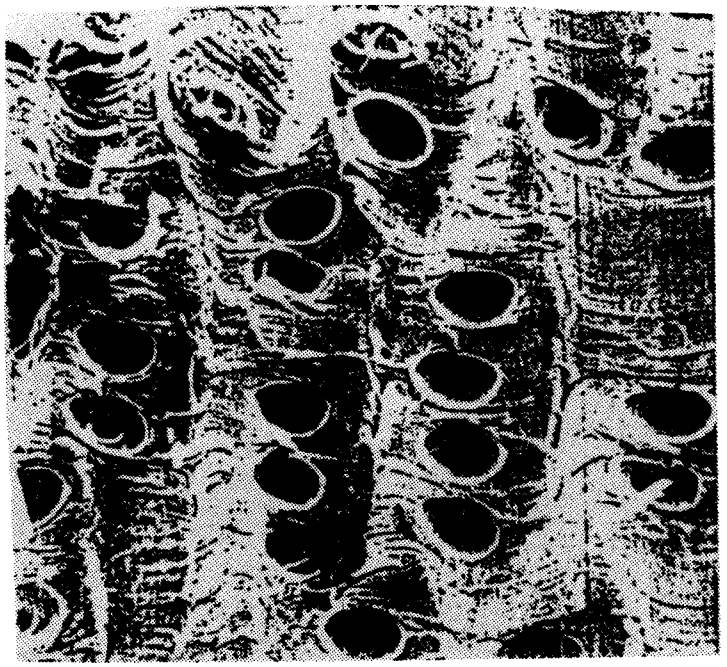
منابع تغییر هم‌کشیدگی کلی	احتمال	میزان F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجات آزادی
تکرار	۰/۲۴۱	۱/۸۳۹	۱/۹۵۶	۵/۸۶۸	۳
فاکتور A	-	۰/۰۲۹	۰/۰۳۱	۰/۰۶۳	۲
اشتباه	-	-	۱/۰۶۳	۶/۳۸	۶
فاکتور B	۰/۰۰۰	۹/۷۴۸	۹/۰۹۶	۲۷/۲۸۸	۳
AB	-	۰/۵۲۹	۰/۴۹۳	۲/۹۶۱	۶
اشتباه	-	-	۰/۹۳۳	۲۵/۱۹۳	۲۷
ضریب تغییرات ۸/۱۶			جمع	۶۷/۷۵۲	۴۷
منابع تغییر وزن مخصوص پایه	**احتمال**	**میزان F**	**میانگین مربعات**	**مجموع مربعات**	**درجات آزادی**
تکرار	۰/۰۴۴	۵/۰۸۶	۰/۰۳۱	۰/۰۹۴	۳
فاکتور A	-	۰/۶۵۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۸	۲
اشتباه	-	-	۰/۰۰۶	۰/۰۳۷	۶
فاکتور B	۰/۰۰۰	۱۵/۶۰۹	۰/۰۴۵	۰/۱۳۴	۳
AB	-	۰/۹۸۴	۰/۰۰۳	۰/۰۱۷	۶
اشتباه	-	-	۰/۰۰۳	۰/۰۷۷	۲۷
ضریب تغییرات		۷/۴۱	جمع	۰/۳۶۷	۴۷
منابع تغییر وزن مخصوص خشک	**احتمال**	**میزان F**	**میانگین مربعات**	**مجموع مربعات**	**درجات آزادی**
تکرار	۰/۰۰۰	۴۱/۶۲۹	۰/۰۴۲	۰/۱۲۵	۳
فاکتور A	۰/۰۱۲۲	۱۰/۰۲۷	۰/۰۱	۰/۰۲	۲
اشتباه	-	-	۰/۰۰۱	۰/۰۰۶	۶
فاکتور B	۰/۰۰۰	۱۲/۳۹۳	۰/۰۳۳	۰/۰۹۹	۳
AB	۰/۱۷۹	۱/۶۲۱	۰/۰۰۴	۰/۰۲۶	۶
اشتباه	-	-	۰/۰۰۳	۰/۰۷۲	۲۷
ضریب تغییرات		۶/۲۴	جمع	۰/۳۴۷	۴۷
منابع تغییر وزن مخصوص نسبی	**احتمال**	**میزان F**	**میانگین مربعات**	**مجموع مربعات**	**درجات آزادی**
تکرار	۰/۰۰۰	۴۹/۴۲۳	۰/۰۳۴	۰/۱۰۱	۳
فاکتور A	۰/۰۰۳	۱۸/۸۸۵	۰/۰۱۳	۰/۰۲۶	۲
اشتباه	-	-	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۶
فاکتور B	۰/۰۰۰	۱۷/۵۳۴	۰/۰۳۵	۰/۱۰۵	۳
AB	۰/۰۴۱	۲/۵۹۲	۰/۰۰۵	۰/۰۳۱	۶
اشتباه	-	-	۰/۰۰۲	۰/۰۵۴	۲۷
ضریب تغییرات		۵/۷۸	جمع کل	۰/۳۲۰	۴۷
میانگین تغییر وزن مخصوص تر	**احتمال**	**میزان F**	**میانگین مربعات**	**مجموع مربعات**	**درجات آزادی**
تکرار	۰/۰۰۰	۱۲۶/۰۹۹	۰/۰۴۸	۰/۱۴۳	۳
فاکتور A	۰/۰۰۱	۲۳/۵۱۳	۰/۰۰۹	۰/۰۱۸	۲
اشتباه	-	-	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۶
فاکتور B	۰/۰۰۰	۸/۷۳۷	۰/۰۲۴	۰/۰۷۲	۳
AB	-	۰/۹۲	۰/۰۰۳	۰/۰۱۵	۶
اشتباه	-	-	۰/۰۰۳	۰/۰۲۴	۲۷
ضریب تغییرات		۶/۰۱	جمع کل	۰/۳۲۴	۴۷



شکل ۴- چوب‌های اشباع نشده بعد از خشک‌کردن



شکل ۵- چوبهای اشباع شده بعد از خشک کردن



شکل ۶- شکست‌های میکروسکپی که در بافت‌های چوبی تحت تنش ایجاد شده است

منابع

۱- ابراهیمی، قنبر، ۱۳۷۹. رابطه آب و چوب، انتشارات دانشگاه تهران.

۲- بیات کشکولی، راه علی، ۱۳۷۴. روش‌های مطالعه چوب بوسیله الکترومیکروسکپی، سمینار کارشناسی ارشد.

۳- پارسا پژوه، داود، ۱۳۶۳. تکنولوژی چوب، دانشگاه تهران.

۴- جوانشیر، کریم و احمد مصدق، ۱۳۵۱. اکالیپتوس، انتشارات دانشگاه تهران.

۵- جهرمی، سید مرتضی، ۱۳۶۸. بررسی سازگاری مختلف اکالیپتوس در مناطق شرق استان فارس، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.

۶- علی اکبری، جاسم، ۱۳۵۷. بررسی اثر مواد و روش‌های حفاظتی بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی چوب راش، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.

7- American Society for Testing Materials, 1994. A.S.T.M. Philadelphia.

8- Barry.R. A.,1993. Wood Preservation Second Edition, Chapman and hall.

9- Cartwright, K. ST. G., M.t. (oxon.), W.P.K. Findlay and D. Se. (lond), 1958. Decay of Timber and it's Prevention Her Majesty's Stationery Office, Forest Products Research Laborotory.

10-Darred.N. D., 1973. Wood Deterioration and its Prevention by Preservation Treatments, Sgracuse University Press. Syracuse. Newyork.
11-Eaton, R. Aand M. D.C. Halisted. 1993. Wood; Decay, Pests, and Protection, Chapman and Hall.
12-Homan,W, Tjeerdsma.B, Beckers.E, Jorissen.A., 2003. Structural and Other Properties of Modified Wood, SHR Timber Research, Wageningen,USA.
13-International Organization for Standardization, ISO, 1975.
14-Kessel. F.G. and etal., 1976. Seanning Electron Microscopy in Biology part 11 (Wood), Berlin Heidelbery Newyork.
15-Midyley, S.J. and . K.G. Eldridge and J. Doran, 1980. Genetic Resources of *E. Camaldulensis,* CSIR Division of Forestry and Forest Product Canberra Act, Australia.
16-Nobuo.S and H. Kajito and M. Norimoto, 1993. Recent Research on Wood and Wood- Based Materials the Society of Materials Science, Japan Current Japancese Material Research Vol.,11.

The Effects of Preservative Materials and Impregnation Processes on Physical Properties of : *Eucalyptus camaldulensis*

R. Bayat Kashkooli[1] **D. Parsapajouh[2]**

Abstract

Wood logs were supplied from Mamasani, Fars Province, from a population of planted eucalyptus trees. They were cut into 7×7×100 cm samples, and dried to below 20% moisture content. A split plot design was used for the experiment. Three impregnation methods namely Bethel, Rupping and Double rupping along with three preservatives as against control samples were employed. A creosote and two other water soluble preservatives were prepared with proper pH using AWPA standard. Results are indicative of reactions of wood as well as internal wood elements to impregnation.

A decrease was observed in the overall shrinkage in the treated samples. This was more pronounced in the Bethel creosote method. This indicates the stabilization of wood dimentions as a result of impregnation. Some reasons for this phenomenon could be cited as trans attachment of wood elements, subsequent drying in double drying process, and irreversible swelling. The specific gravity is less in treated samples as compared to control, this being more pronounced in the case of double rupping, and treated samples with preservatives; chromium, flourine and arsenic. This could be due to minor cracks on wood, microscopic cracks (inner layer fracture, cell wall ruptures, etc), increase in dimentions (of irreversible nature), inflation of wood elements, double drying stresses and unexpectable leaching. Milder treatment methods such as rupping and use of less volatile elements of chromium, copper and arsenic (CCA) are preferred over others.

Keyword: Wood physical properties, Preservatives and preservation methods, Redrying, Specific gravity, Shrinkage, *Eucalyptus camaldulensis*.

[1] *-Ph. D Student of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran , (E-mail: rbayat kashkoli@yahoo.com)*

[2] *-Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran*