



دانشگاه گواران

مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد نوزدهم، شماره دوم، ۱۳۹۱

<http://jwsc.gau.ac.ir>

بررسی مقاومت به هوازدگی چوب صنوبر دلتوئیدس پروپوئیله شده

* مراد محمودکیا^۱، محمدرضا ماستری‌فراهانی^۲ و حسین رسالتی^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۲ استادیار دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۳ استاد دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۲/۲؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۷/۲۸

چکیده

در این مقاله تأثیر پروپوئیلایسیون بر مقاومت به هوازدگی چوب صنوبر دلتوئیدس مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های آزمایشی در شرایط مختلف دمایی و زمانی پروپوئیله شدند و به مدت ۱۸۰ روز در معرض هوازدگی طبیعی قرار داده شدند. رنگ چوب پروپوئیله شده قبل و پس از ۴۰، ۸۰ و ۱۸۰ روز هوازدگی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. زبری سطح نمونه‌ها قبل و بعد از ۱۸۰ روز هوازدگی، اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری در سطح اعتماد ۹۵ درصد با استفاده از آزمون کراسکال والیس نشان داد که در اثر تیمار چوب صنوبر با انیدرید پروپوئیک، تغییر رنگ در اثر هوازدگی (خاکستری شدن) به‌طور معنی‌داری کاهش یافت؛ با افزایش درصد افزایش وزن از ۷/۳ به ۱۶/۴، میزان تغییر رنگ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در پایان دوره هوازدگی، زبری سطح نمونه‌های تیمار شده با درصد افزایش وزن ۱۶/۴ درصد، کم‌تر از نمونه‌های شاهد بود اما این تفاوت معنی‌دار نبود.

واژه‌های کلیدی: هوازدگی، پروپوئیله شدن، تغییر رنگ، زبری سطح، درصد افزایش وزن

* مسئول مکاتبه: mahmoudkia22@gmail.com

مقدمه

چوب محافظت نشده مستعد هوازدگی است. هوازدگی منجر به تغییرات نامطلوب از جمله تغییر رنگ، افزایش زبری، ایجاد ترک و کاهش خواص فیزیکی و مکانیکی چوب می‌گردد (سودیانی و همکاران، ۱۹۹۹؛ دکا و همکاران، ۲۰۰۸). تخریب با تغییر رنگ چوب آشکار می‌شود و با کاهش صافی سطح و افزایش زبری و ایجاد ترک ادامه می‌یابد (تمیز و همکاران، ۲۰۰۷). از میان عوامل طبیعی اشعه ماورای بنفش خورشید بیش‌ترین اثر را در تخریب لیگنین دیواره سلولی دارد (لین و جایر، ۱۹۷۲؛ هان، ۱۹۷۵؛ هان، ۱۹۸۱). هر چند اشعه ماورای بنفش تنها ۵ درصد نور خورشید را تشکیل می‌دهد اما نقش مؤثر آن در فرایند هوازدگی به‌خوبی شناخته شده است (فیست و هان، ۱۹۸۴). موقعی که چوب در معرض نور قرار می‌گیرد از کل اشعه ماورای بنفش که توسط چوب جذب می‌شود، میزان جذب توسط لیگنین ۸۰-۹۵ درصد، کربوهیدرات‌ها ۲۰-۵ درصد و مواد استخراجی ۲ درصد است (نورستروم، ۱۹۶۹). جذب اشعه ماورای بنفش توسط لیگنین منجر به شکل‌گیری رادیکال‌های آزاد (احتمالاً رادیکال‌های فنوکسیل) می‌شود (هان و فیست، ۱۹۸۱؛ ایوان و همکاران، ۲۰۰۲؛ پتریک و همکاران، ۲۰۰۴). این رادیکال‌های آزاد با اکسیژن واکنش داده و گروه‌های رنگی کربونیل و کربوکسیل را تولید می‌کنند (هان، ۱۹۹۱؛ هان و فیست، ۱۹۹۲)، که این گروه‌ها مسئول تغییر رنگ چوب هستند و باعث تیره‌تر شدن سطح چوب می‌شوند (دیرکس و همکاران، ۱۹۹۲؛ یادی و همکاران، ۲۰۰۳). در مرحله بعدی محصولات تخریب شده توسط آب شسته می‌شوند و این موجب کم‌رنگ شدن سطح چوب می‌شود (هان، ۱۹۷۳؛ فیست، ۱۹۸۲). کم‌رنگ شدن چوب همراه با کلنی کردن قارچ‌های باحتگی در سطح است که در مدت زمان طولانی موجب خاکستری شدن نمونه‌ها می‌شود. این قارچ‌ها قادر به متابولیز لیگنین تخریب شده، هولوسلولزها و قندهای مشتق شده از آن‌ها هستند (قوش و همکاران، ۲۰۰۹).

آب در ترکیب با اشعه ماورای بنفش، نقش اصلی را در هوازدگی و تخریب سطحی چوب‌بازی می‌کند. پس از این‌که لیگنین تخریب شد، آب مواد به‌دست آمده از تخریب را می‌شوید و موجب سست شدن الیاف سلولزی در سطح چوب و زبر شدن سطح چوب می‌شود. آب همچنین موجب واکنشیدگی و هم‌کشیدگی چوب می‌شود، تنشی که در اثر واکنشیدگی و هم‌کشیدگی‌های متناوب به چوب وارد می‌شود، موجب ایجاد ترک و شکاف ریز در جهت الیاف می‌شود. چوب‌های سنگین نسبت به چوب‌های سبک تمایل به ترک‌خوری بیش‌تری دارند (رائول، ۲۰۰۵).

روش‌های مختلفی از جمله اصلاح شیمیایی چوب برای بهبود مقاومت به هوازگی چوب استفاده شده است (هیل، ۲۰۰۶). اصلاح شیمیایی با استفاده از مواد شیمیایی گوناگونی، از جمله انیدریدهای خطی مانند انیدرید استیک و انیدرید پروپیونیک صورت می‌گیرد. از بین مواد شیمیایی که برای استری کردن چوب استفاده شده‌اند، به‌طور عمده کارایی انیدرید استیک در بهبود مقاومت به هوازگی چوب مطالعه شده است و توجه کمی به سایر مواد استری‌کننده شده است. دانینگهام و همکاران (۱۹۹۲) مقاومت به هوازگی کاج رادیاتای استیله شده را پس از ۲۸ هفته هوازگی مصنوعی مورد ارزیابی قرار دادند و بیان کردند که استیلاسیون باعث کاهش ترک و تثبیت رنگ کاج رادیاتا می‌شود. سودیانی و همکاران (۱۹۹۹) مقاومت به هوازگی گونه سبک و تند رشد آلپیزیا را مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند که با تیمار این چوب با انیدرید استیک، مقاومت به هوازگی آن افزایش یافته و می‌توان آن را در محیط بیرونی به‌کار برد.

هدف از این پژوهش بررسی اثر پروپیونیل‌اسیون بر روی مقاومت به هوازگی صنوبر دلتوئیدس می‌باشد. انیدرید پروپیونیک به این منظور انتخاب گردید که امکان اصلاح بعضی چوب‌ها بدون استفاده از کاتالیزور با انیدرید پروپیونیک وجود دارد (فراهانی و حسینی، ۲۰۰۸).

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه‌ها: سه عدد گرده بینه صنوبر دلتوئیدس *Populus deltoids* به‌صورت تصادفی از جنگل شصت‌کلاته گرگان تهیه گردید و پس از برش و تبدیل به بینه مدت ۵ ماه در هوای آزاد نگه‌داری شدند تا خشک شوند. نمونه‌برداری از قسمت برون چوب به‌صورت کاملاً مماسی و با ابعاد (شعاعی) ۲ × (طولی) ۵۰ × (مماسی) ۵۰ میلی‌متر انجام شد. برای هر سطح تیمار ۹ نمونه کاملاً سالم و بدون عیوب ظاهری مانند ترک، گره و باختگی برای انجام آزمایش انتخاب شدند.

اصلاح شیمیایی: پس از این‌که نمونه‌ها با استفاده از استن تحت استخراج قرار گرفتند، نمونه‌ها در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند و وزن خشک آن‌ها با استفاده از یک ترازوی چهار رقم اعشار گرفته شد. بعد از توزین، بر روی نمونه‌های آزمایشی انیدرید پروپیونیک ریخته شد و به‌مدت یک ساعت در یک دسیکاتور تحت خلاء اشباع شدند و برای حصول اطمینان از نفوذ کافی ماده شیمیایی، نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در درون انیدرید پروپیونیک نگه‌داری شدند. نمونه‌های آزمایشی را به دو گروه ۹ تایی تقسیم کرده و برای به‌دست آوردن درصد افزایش

وزن‌های موردنظر، در شرایط مختلف دمایی و زمانی نشان داده شده در جدول ۱ قرار داده شدند (فراهانی و حسینی، ۲۰۰۸). پس از اصلاح شیمیایی نیز نمونه‌ها دوباره با استفاده از استن تحت استخراج قرار گرفتند و همانند آنچه که توضیح داده شد، در آن خشک شده و وزن خشک آن‌ها گرفته شد.

جدول ۱- شرایط واکنش.

شرایط واکنش	درصد افزایش وزن
دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴/۵ ساعت	۱۶/۴
دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت	۷/۳

درصد افزایش وزن نمونه‌ها با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید.

$$WPG = \frac{W_m - W_o}{W_o} \times 100 \quad (1)$$

که در آن، WPG = درصد افزایش وزن نمونه‌ها، W_o = وزن خشک قبل از اصلاح و W_m = وزن خشک پس از اصلاح.

آزمون هوازدگی: برای انجام آزمون هوازدگی نمونه‌ها در یک قاب چوبی قرار داده شدند و با زاویه ۴۵ درجه نسبت به افق بر روی پشت بام دانشکده جنگلداری و صنایع چوب دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به مدت ۱۸۰ روز از ۲۲ دی ۱۳۸۷ در معرض هوازدگی قرار گرفتند. شرایط آب و هوایی منطقه در جدول ۲ نشان داده شده است. رنگ قبل از هوازدگی و بعد از ۴۰، ۸۰ و ۱۸۰ روز اندازه‌گیری شد و زبری قبل از هوازدگی و پس از ۱۸۰ روز هوازدگی، اندازه‌گیری گردید. قبل از اندازه‌گیری نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۲۵ درجه و رطوبت نسبی ۵۰ درصد قرار داده شدند تا متعادل‌سازی شوند.

جدول ۲- میانگین رطوبت، بارش و دمای روزانه در طی ۱۸۰ روز هوازدگی طبیعی.

حداکثر رطوبت	حدافل رطوبت	میزان	حداکثر رطوبت	حدافل رطوبت
روزانه	روزانه	بارش روزانه	روزانه	دمای روزانه
۹۲ درصد	۵۲ درصد	۱/۰۰۶ میلی‌مولار	۲۴/۹ درجه سانتی‌گراد	۱۲/۸ درجه سانتی‌گراد

اندازه‌گیری رنگ: اندازه‌گیری رنگ با استفاده از استاندارد ISO ۲۴۷۰ براساس سیستم CIE-lab انجام شد. محل اندازه‌گیری رنگ، دایره‌ای به قطر ۵۰ میلی‌متر در سطح مماسی نمونه‌های آزمایشی بود. برای این کار از دستگاه اندازه‌گیری رنگ الرفو ۲۰۰۰^۱ استفاده شد که با تابش نور بر روی نمونه‌ها و براساس نور منعکس شده پارامترهای a^* ، L^* و b^* قبل و پس از هوازدگی اندازه‌گیری گردید و خلوص رنگ (C) و تغییر رنگ (ΔE^*) با استفاده از فرمول‌های ۲ و ۳ محاسبه شد.

$$C = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (2)$$

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} + \Delta L^{*2}} \quad (3)$$

که در آن، L^* : نشان‌دهنده میزان روشنایی است و مقدار آن از صفر برای سیاه تا ۱۰۰ برای سفید متغیر است. a^* ، b^* : نشان‌دهنده خلوص رنگ هستند (a^* برای قرمز، a^* برای سبز، b^* برای زرد و $-b^*$ برای آبی). ΔL^* و Δa^* و Δb^* : به ترتیب تغییرات L^* ، a^* ، b^* قبل و بعد از هوازدگی است.

اندازه‌گیری زبری سطح: اندازه‌گیری کیفیت سطح با روش پروفیلومتری و براساس تکنیک سوزنی با استفاده از سیستم پیمان‌های اندازه‌گیری زبری ماهر^۲ ساخت کشور آلمان انجام پذیرفت. شعاع نوک قلم ۲ میکرومتر، زاویه تماس 90° ، طول پروفایل ۱۷/۵ میلی‌متر و طول cut off ۲/۵ میلی‌متر بود. با استفاده از دستگاه بالا پارامترهای R_a (زبری متوسط)، R_z (میانگین ارتفاع ده نقطه پروفیل)، R_{max} (زبری ماکزیمم) اندازه‌گیری شدند و برای مقایسه زبری نمونه‌ها قبل و بعد از هوازدگی، زبری نسبی براساس رابطه ۴ محاسبه شد.

$$R' = R_t / R_0 \quad (4)$$

که در آن، R' : زبری نسبی، R_t : پارامتر زبری پس از هوازدگی و R_0 : پارامتر زبری قبل از هوازدگی هستند. اگر مقدار R' به ۱ نزدیک باشد نشان‌دهنده این است که تغییرات کم و ناچیزی در زبری سطح چوب صورت گرفته است (کامدم و گریلر، ۲۰۰۲).

روش تجزیه و تحلیل آماری: از آن‌جا که متغیرهای تغییر رنگ از توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند (قوش و همکاران، ۲۰۰۹) بنابراین تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون کراسکال والیس^۳ که معادل

1- Elrepho 2000
2- Mahr's Perthometer Concept
3- Kruscal-Wallis

غیرپارامتریک تجزیه واریانس یک‌طرفه^۱ می‌باشد، انجام گرفت. مقایسه بین میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون کراسکال والیس در سطح اعتماد ۹۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

تغییر رنگ: تغییر رنگ (ΔE^*)، تغییر روشنایی (ΔL^*) و تغییر ویژگی‌های رنگی (Δa^* ، Δb^*) نمونه‌های تیمار شده و شاهد پس از ۱۸۰ روز هوازگی در جدول ۳ آمده است. پس از ۱۸۰ روز هوازگی، نمونه‌ها به رنگ خاکستری تیره در آمدند با این تفاوت که تیرگی نمونه‌های پروپیونیل شده کم‌تر بود. با تیمار چوب صنوبر با انیدرید پروپیونیک، تغییر رنگ ایجاد شده در اثر هوازگی کاهش یافت و این کاهش در تغییر رنگ وابسته به میزان درصد افزایش وزن بود.

جدول ۳- میانگین ΔL^* ، Δa^* ، Δb^* و ΔE^* پس از ۱۸۰ روز هوازگی.

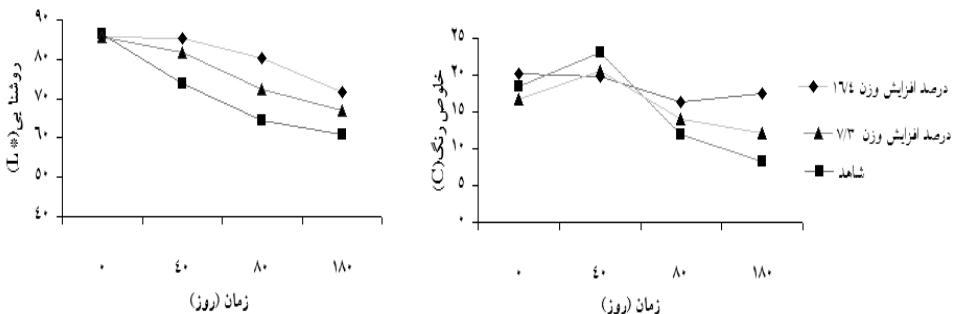
ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	درصد افزایش وزن
-۱۴/۱	-۱/۳	-۲/۶	۱۴/۵	۱۶/۴
-۱۸/۹	-۱/۲	-۴/۴	۱۹/۶	۷/۳
-۲۵/۶	-۱/۶	-۱/۰	۲۷/۵	شاهد

اصلاح شیمیایی با انیدرید پروپیونیک بیش‌ترین اثر را بر پارامتر Δb^* داشت به‌طوری‌که بالاترین درصد افزایش وزن به‌دست آمده در این پژوهش ΔL^* ، Δb^* و Δa^* را به‌ترتیب ۷۴ درصد، ۴۵ درصد و ۱۹/۷ درصد کاهش داد.

تجزیه و تحلیل آماری پس از ۱۸۰ روز هوازگی نشان داد که تغییر رنگ نمونه‌های پروپیونیل شده در هر دو درصد افزایش وزن مورد مطالعه، به‌طور معنی‌داری کم‌تر از نمونه‌های تیمار نشده بود. تفاوت تغییر رنگ بین نمونه‌های پروپیونیل شده با درصد افزایش وزن ۷/۳ و ۱۶/۴ درصد نیز معنی‌دار بود. تفاوت پارامترهای ΔL^* و Δb^* بین نمونه‌های شاهد و تیمار شده نیز معنی‌دار بود اما تفاوت پارامتر Δa^* بین نمونه‌های شاهد و تیمار شده معنی‌دار نبود.

کاهش معنی‌دار Δb^* توسط پروپیونیل‌اسیون، نشان‌دهنده کاهش تخریب لیگنین و تشکیل گروه‌های رنگی توسط پروپیونیل‌اسیون می‌باشد. قارچ‌های باختگی در کاهش روشنایی می‌توانند نقش داشته باشند (قوش و همکاران، ۲۰۰۹) و تأثیر کم پروپیونیل‌اسیون بر روی ΔL^* در مقایسه با Δb^* ممکن است از مقاومت نه چندان بالای چوب پروپیونیل‌شده در برابر قارچ‌های مولد باختگی ناشی شده باشد. مطالعات اندکی بر روی مقاومت به باختگی و کپک چوب اصلاح شده با یک انیدرید خطی انجام شده است و مطالعات انجام شده تنها بر روی چوب اصلاح شده با انیدرید استیک صورت پذیرفته است. نتایج به‌دست آمده بیانگر نبود تأثیر قابل ملاحظه انیدرید استیک بر روی مقاومت به کپک چوب می‌باشد (هیل، ۲۰۰۶).

در طی ۴۰ روز اول هوازادگی، کاهش روشنایی و افزایش خلوص رنگ برای نمونه‌های شاهد و تیمار شده با درصد افزایش وزن ۷/۳ مشاهده شد در حالی‌که در این دوره، تیمار با درصد افزایش وزن ۱۶/۴ تنها تغییرات جزئی داشته است (شکل ۱). این تغییرات به‌علت تخریب لیگنین و تشکیل گروه‌های رنگی بوده است (دیرکس و همکاران، ۱۹۹۲؛ ایدی و همکاران، ۲۰۰۳). در دوره‌های بعدی روند کاهش روشنایی برای همه نمونه‌ها مشاهده گردید. در دوره دوم (۸۰ روز) خلوص رنگ و روشنایی همه نمونه‌ها به‌علت آب‌شویی محصولات به‌دست آمده از تخریب لیگنین و کلنی کردن قارچ‌های رنگ‌دانه‌ای کاهش یافت. در دوره آخر (۱۸۰ روز) کاهش خلوص رنگ و روشنایی نمونه‌های شاهد و تیمار با درصد افزایش وزن ۷/۳ ادامه داشت اما برای تیمار با درصد افزایش وزن ۱۶/۴ خلوص رنگ روند صعودی داشت.



شکل ۱- تغییر روشنایی (L*) و خلوص رنگ (C) نمونه‌های شاهد و تیمار شده در دوره‌های زمانی مختلف.

زبری سطح: همان‌طوری‌که در جدول ۴ مشاهده می‌گردد، هوازدگی بیش‌ترین تأثیر را بر روی پارامتر زبری میانگین (R_a) داشت و R'_a بیش از ۲ برای همه تیمارها به‌دست آمد. اگر مقدار R' به ۱ نزدیک باشد نشان‌دهنده این است که تغییرات کم و ناچیزی در زبری سطح چوب صورت گرفته است (کامدم و گریلر، ۲۰۰۲). بنابراین تغییر قابل‌ملاحظه‌ای در میزان زبری برای تمام نمونه‌ها مشاهده گردید. پروپیونیل‌سیون در درصد افزایش وزن‌های مورد استفاده در این پژوهش، تأثیر کمی بر روی زبری سطح داشت و تنها کاهش کمی در پارامترهای زبری سطح چوب در اثر پروپیونیل‌سیون به‌دست آمد.

جدول ۴- زبری نسبی نمونه‌های تیمار شده و شاهد پس از ۱۸۰ روز هوازدگی.

نمونه	R'_a	R'_z	R'_{max}
شاهد	۲/۴۳	۱/۵۵	۱/۴
درصد افزایش وزن ۷/۳	۲/۲۸	۱/۵۹	۱/۴۸
درصد افزایش وزن ۱۶/۴	۲/۱۸	۱/۴۲	۱/۲۵

تجربه و تحلیل آماری نشان می‌دهد که پروپیونیل‌سیون تأثیر معنی‌داری بر روی پارامترهای زبری نداشت، هر چند که اختلاف معنی‌داری بین زبری نمونه‌های شاهد و تیمار شده به‌دست نیامد، جدا شدن و پاره شدن الیاف از سطح چوب که در تعدادی از نمونه‌های شاهد و نمونه‌های تیمار شده با درصد افزایش وزن ۷/۳ دیده شد، در نمونه‌های تیمار شده با درصد افزایش وزن ۱۶/۴ درصد، مشاهده نشد (شکل ۲). این امر نشان می‌دهد که پروپیونیل‌سیون با درصد افزایش وزن ۱۶/۴ درصد، توانسته است تا حدودی از تخریب و شل شدن الیاف در سطح چوب جلوگیری کند.



شکل ۲- تصاویر سطح چوب قبل از هوازگی (شکل بالایی)

و بعد از ۱۸۰ روز هوازگی طبیعی (شکل پایینی، بزرگ‌نمایی ۱/۱۶).

الف- چوب پروپنیل شده با درصد افزایش وزن ۱۶/۴ ب- چوب پروپنیل شده با درصد افزایش وزن ۷/۳ ج- شاهد.

بنابراین در این پژوهش نشان داده شد که پروپنیل‌سیون مقاومت به هوازگی چوب را بهبود می‌بخشد و این بهبود وابسته به میزان درصد افزایش وزن در اثر پروپنیل‌سیون می‌باشد.

منابع

1. Ayadi, N., Lejeune, F., Charrier, F., Charrier, B. and Merlin, A. 2003. Colour stability of heat treated wood during artificial weathering. Holz Roh-Werkst, 61: 221-226.
2. Deka, M., Humar, M., Rep, G., Kricej Sentjurc, M. and Petric, M. 2008. Effects of UV light irradiation on colour stability of thermally modified, copper ethanolamine treated and non-modified wood: EPR and DRIFT spectroscopic studies. Wood Sci. Technol. 42: 5-20.
3. Dirckx, O., Triboulot-Trouy, M.C., Merlin, A. and Deglise, X. 1992. Modifications de la couleur du bois d'Abies grandis expose a la lumiere solaire. Ann. Sci. For. 49: 425-447.
4. Dunningham, E.A., Plackett, D.V. and Singh, A.P. 1992. Weathering of chemically modified wood. Holz als Roh-und Werkstoff, 50: 429-432.
5. Evans, P.D., Owen, N.L., Schmid, S. and Webster, R.D. 2002. Weathering and photostability of benzoylated wood. Polym Degrad Stab, 76: 291-303.
6. Farahani, M.R.M. and Hossieni, S.M. 2008. Decay Resistance of Propionylated Iranian beech against the white rot fungus *Trametes Versicolor*. International research group on wood protection, IRG/WP-30449, 5p.

7. Feist, W.C. 1982. Weathering of wood in structural uses. In: Meyer RW, Kellogg RM (eds) Structural use of wood in adverse environments. Society of wood science and technology. Van Nostrand Reinhold, New York, Pp: 156-178.
8. Feist, W.C. and Hon, D.N.S. 1984. Chemistry of weathering and protection. In: The chemistry of solid wood. Ed. R.M. Rowell. Advances in chemistry series, no. 207. American chemical society, Washington, DC. Pp: 401-405.
9. Ghosh, S.C., Militiz, H. and Mai, C. 2009. Natural weathering of Scots pine (*Pinus sylvestris* L) boards modified with functionalized commercial silicone emulsion, *Bioresources*, 4: 2. 659-673.
10. Hill, C.A.S. 2006. Wood modification: thermal, chemical and other processes. John Wiley and sons. Ltd. Chichester, London, 240p.
11. Hon, D.N.S. 1973. Formation of free radicals in photoirradiated cellulose and related compounds. *J. Polym. Sci. Chem. Ed.* 13: 955.
12. Hon, D.N.S. 1975. Formation of free radicals in photoirradiated cellulose VI. Effect of lignin. *J. Polym. Sci. Polym. Chem. Ed.* 13: 2641-2652.
13. Hon, D.N.S. 1981. Photochemical degradation of lignocellulosic materials, Developments, in *Polymer Degradation*, N. Grassie (ed.), Appl. Sci. Publ. London, Pp: 229-281.
14. Hon, D.N.S. and Feist, W.C. 1981. Free radical formation in wood: The role of water. *Wood Sci.* 14: 1. 41-48.
15. Hon, D.N.S. 1991. Photochemistry of wood. In: Hon, D.N.S., Shiraishi, N. (eds) *Wood and cellulosic chemistry*. Marcel Dekker, New York, Pp: 525-555.
16. Hon, D.N.S. and Feist, W.C. 1992. Hydroperoxidation in photoirradiated wood surfaces. *Wood Fiber Sci.* 24: 4. 448-455.
17. Kamdem, D.P. and Grelier, S. 2002. Surface roughness and color change of copper-amine and UV absorber-treated red maple (*Acer rubrum*) exposed to artificial ultraviolet light, *Holzforschung*, 56: 5. 473-478.
18. Lin, S.Y. and Gierer, J. 1972. Photodegradation of lignin. A contribution to the mechanism of chromophore formation, *Svensk Papperstidn.* 75: 233-239.
19. Norrström, H. 1969. Light absorbing properties of pulp and pulp components, *Svensk Papperstidn.* 72: 25-38.
20. Petric, M., Kricej, B., Humar, H., Pavlic, M. and Tomazic, M. 2004. Patination of cherry wood and spruce wood with ethanalamine and surface finishes. *Surf Coat Int. Part. B. Coat Trans.* 87: 3. 95-201.
21. Rowell, R.M. 2005. *Handbook of wood chemistry and wood composites*. CRC Press. Boca Raton, London, Pp: 142-144.
22. Sudiyani, Y., Takahashi, M., Imamura, Y. and Minato, K. 1999. Physical and biological properties of modified wood before and after weathering. *Wood Res.* 86: 1-6.
23. Tamiz, A., Trezive, N., Eillkenes, M. and Hafren, J. 2007. Effect of accelerated weathering on surface chemistry of modified wood. *Appl. Surf. Sci.* 253: 5355-5362.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 19 (2), 2012

<http://jwsc.gau.ac.ir>

Investigation on weathering resistance of propionylated eastern cottonwood

***M. Mahmoudkia¹, M.R. Mastery Farahani² and H. Resalati³**

¹M.Sc. Student, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²Assistant Prof., Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ³Professor, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 2010/02/21; Accepted: 2010/10/20

Abstract

In this study, the effect of propionylation on the weathering resistance of eastern cottonwood was investigated. The samples were propionylated under different reaction temperatures and times, and then the treated samples were exposed to natural weathering for 180 days. The color change of the propionylated wood was evaluated before and after weathering for time interval (40, 80 and 180 days). In addition, the surface roughness of the specimens was measured before and after weathering. The statistical analysis was done using Kruskal Wallis at the confidence level of 95% showed that propionylation reduced significantly the color change (turning grey) due to weathering. The color change reduced when the WPG increased. At the end of the exposure time to weathering, the surface roughness of the treated samples was 16.4% less than that for the control (untreated) samples but the difference was not statistically significant.

Keywords: Weathering, Propionylated, Color change, Surface roughness, WPG

* Corresponding Author; Email: mahmoudkia22@gmail.com