



انجمن علمی مهندسی منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیست و ششم، شماره سوم، ۱۳۹۸
۴۳-۵۴

<http://jwfst.gau.ac.ir>
DOI: 10.22069/jwfst.2019.16382.1800

تأثیر هوازدگی تسریع شده بر مقاومت به سایش گونه‌های چوبی پوشش داده شده با روغن بزرک

* هادی غلامیان^۱ و پیام مرادیپور^۱

^۱استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۳۱

چکیده

سابقه و هدف: چوب ماده طبیعی است که در ساخت انواع سازه‌های چوبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. سازه‌های چوبی در اثر قرارگیری در فضای باز، دچار هوازدگی و تخریب سطحی می‌شوند. با توجه به استفاده از چوب به عنوان مبلمان فضای باز، کف پوش‌ها، پارک‌ها و لمبه‌کوبی خانه‌های چوبی، خواصی مانند میزان سختی، مقاومت به خراش و سایش مورد اهمیت قرار می‌گیرد. در این مطالعه تأثیر هوازدگی تسریع شده بر مقاومت به سایش گونه‌های چوبی صنوبر، راش و بلوط پوشش داده شده با روغن گیاهی بزرک بررسی شد.

مواد و روش‌ها: بدین منظور، نمونه‌های چوبی به ابعاد استاندارد $2 \times 10 \times 15$ (L×R×T) سانتی‌متر بریده شده و سطوح آن‌ها با استفاده از روغن بزرک به نسبت 100 ml/m^2 پوشش داده شدند. نمونه‌های پوشش داده به مدت ۲ هفته در دستگاه هوازدگی تسریع شده نگهداری شدند و سپس توسط دستگاه سایش خراشان تابر و میکروسکوپ لیزری هم‌کانون مقاومت به سایش و توپوگرافی سطوح چوب قبل و بعد از هوازدگی مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد در اثر هوازدگی میزان مقاومت به سایش تمامی گونه‌های چوبی کاهش یافته است و بیش‌ترین مقاومت در بین آن‌ها مربوط به گونه چوبی بلوط با مقدار کاهش وزن $1/7$ گرم می‌باشد. همچنین در نمونه‌های پوشش داده با روغن بزرک، میزان پارامتر سایش برای گونه‌های صنوبر، راش و بلوط به ترتیب ۲۸، ۳۸ و ۱۸ درصد کاهش یافت. کم‌ترین و بیش‌ترین مقاومت به سایش بعد از هوازدگی مربوط به گونه چوبی صنوبر و بلوط بود و نتایج میکروسکوپ لیزری هم‌کانون نشان داد به ترتیب در گونه‌های صنوبر، راش و بلوط بعد از هوازدگی عمق سایشی به میزان ۲۰۱، ۱۸۳ و ۱۳۶ میکرون ایجاد شده است.

نتیجه‌گیری: افزایش مقاومت به سایش چوب بلوط نسبت به گونه‌های دیگر می‌تواند به دلیل وزن مخصوص بالاتر آن باشد. استفاده از پوشش روغن بزرک از یک سو منجر به کاهش میزان جذب آب و از سوی دیگر باعث کاهش اصطکاک و روان‌تر شدن سطح چوب گردیده است. همچنین افزایش کاهش وزن پس از هوازدگی، در اثر جذب بیش‌تر رطوبت نمونه‌های پوشش داده نشده نسبت به نمونه‌های پوشش داده شده است که باعث تخریب سریع‌تر و آسان‌تر بافت چوب شده است. بر اساس نتایج میکروسکوپ لیزری و بررسی عمق سایش، پوشش دهی با روغن بزرک توانسته است میزان کاهش عمق سایش را کاهش و مقاومت به سایش را افزایش دهد. با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان از روغن گیاهی بزرک برای افزایش مقاومت سازه‌های چوبی در برابر سایش استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: چوب، روغن بزرک، سایش، میکروسکوپ لیزری هم‌کانون، هوازدگی

* مسئول مکاتبه: hadi_gholamiyan@ut.ac.ir

مقدمه

چوب ماده‌ای طبیعی و پایدار است که به‌طور گسترده در ساخت خانه‌های چوبی و مبلمان فضای باز مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۰ و ۲۱). شرایط محیطی و هوازدگی، موجب تخریب سریع چوب شده که دلیل اصلی آن قرار گرفتن در معرض نور خورشید (اشعه ماوراءبنفش) و رطوبت می‌باشد (۱۹). با توجه به کاربرد چوب به‌عنوان مبلمان در فضای باز و همچنین استفاده در کف‌پوش‌ها، پارکت‌ها و لمبه‌کوبی خانه‌های چوبی، بررسی میزان سختی، مقاومت به خراش و سایش آن می‌تواند دارای اهمیت باشد (۲۲). هوازدگی باعث کاهش عمر مفید چوب و افزایش هزینه نگهداری می‌شود. در سال‌های اخیر، تلاش‌های زیادی برای حفاظت چوب جهت جلوگیری از تخریب در فضای باز صورت گرفته است (۱۸). یکی از راهکارهایی که می‌تواند باعث افزایش دوام سازه‌های چوبی در برابر سایش گردد، استفاده از گونه‌های چوبی بادوام طبیعی بالا است. دوام طبیعی چوب‌ها در برابر سایش به پارامترهای مختلفی وابسته است که می‌توان تغییرات دانسیته، شرایط رشد درخت و ترکیبات مواد استخراجی آن‌ها را نام برد (۲۵). تیمار چوب با استفاده از فرایندهای اشباع یا پوشش‌دهی می‌تواند دوام طبیعی سازه‌های چوبی را در فضای باز بهبود بخشد (۸ و ۱۷). یکی از روش‌هایی که می‌تواند مقاومت به دوام طبیعی، خوردگی و سایش را در سازه‌های چوبی به‌خصوص سازه‌هایی مانند پارکت و لمبه‌کوبی افزایش دهد، استفاده از پوشش‌های صنعتی است. پژوهش‌های رودریگویی‌ز و همکاران (۲۰۰۳) و باتیستا و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که پوشش‌های هیبریدی و نانو پوشش‌ها می‌توانند مقاومت چوب را در برابر خراش و سایش افزایش دهند (۳ و ۱۵). امروزه با توجه به مشکلات زیست‌محیطی در اثر استفاده از مواد شیمیایی نفتی، تمایل به استفاده از

مواد گیاهی و ارگانیک در دنیا افزایش یافته است. پژوهش‌های متعددی بر روی استفاده از مواد طبیعی در حفاظت چوب انجام شده است که می‌توان به استفاده از گیاهانی مانند دارچین، رزماری، آویشن، پوست مرکبات، پوست درختانی مانند کاج، برگ و مواد استخراجی درخت اکالیپتوس اشاره کرد. همچنین، پژوهش‌های بابایی (۲۰۱۶) نشان داد استفاده از ترکیبات ضدقارچی شیره سقز بر دوام طبیعی چوب راش مؤثر می‌باشد. یکی از روغن‌هایی که در صنعت رنگ‌کاری چوب مورد استفاده قرار می‌گیرد روغن بزرک می‌باشد (۴). روغن بزرک یا روغن کتان یک روغن گیاهی است که از دانه‌های رسیده گیاه بزرک یا کتان (گیاه کتان) به‌دست می‌آید (۱۱). روغن بزرک علاوه بر جلا و پوشش دادن چوب، در مصارف دارویی، خوراکی و برای درمان سرماخوردگی، سوختگی و درد معده مورد استفاده قرار می‌گیرد. از اواخر قرن ۱۶ میلادی استفاده از روغن بزرک در ساخت درب‌های چوبی، آثار باستانی و مبلمان رواج یافته است. آچاچلویی و همکاران (۲۰۱۴) بیان نمودند یکی از سنتی‌ترین روش‌های حفاظت در سازه‌های چوبی کشور ایران پوشش‌دهی با روغن بزرک بوده و استفاده از آن توانسته تا حدودی مقاومت به هوازدگی، تغییر رنگ و ثبات ابعاد را بهبود بخشد، اما در طولانی‌مدت هوازدگی موجب تخریب چوب‌آلات مربوطه شده است (۱). روغن بزرک مهم‌ترین منبع چربی‌های امگا-۳ در گیاهان می‌باشد که دارای بیش از ۹۰ درصد اسیدهای چرب اشباع‌نشده می‌باشد (۱۳). برونی (۱۹۵۱) قدیمی‌ترین روغن برای پوشش‌دهی سازه‌های چوبی در فضای باز را روغن بزرک نامیده است (۶). تیمار چوب با روغن بزرک باعث افزایش مقاومت چوب نسبت به جذب رطوبت و بهبود ثبات ابعادی چوب می‌شود (۵). همچنین، پژوهش‌های چانگ و لویی (۲۰۱۳) نشان داد که می‌توان با تیمار

می‌توان به تیمارهای گرمایی (۲ و ۱۶) اشباع چوب با مواد حفاظتی مختلف (۱۲) و پوشش‌های سطحی (۹، ۱۰ و ۱۴) اشاره کرد. در پژوهش حاضر سعی شده است تأثیر هوازدگی تسریع شده بر مقاومت به سایش گونه‌های چوبی آغشته شده با روغن گیاهی مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش به‌عنوان ماده چوبی، از گونه‌های چوبی صنوبر (*Populus nigra*)، راش خزری (*Quercus*) و بلوط بلند مازو (*Fagus orientalis*) به‌دلیل کاربرد بیش‌تر در صنعت سازه‌های چوبی پارکت، لمبه‌کوبی و ساخت آلاچیق استفاده شد. الوارهای چوبی خشک‌شده از بازار بزرگ چوب‌فروشان کرج واقع در جاده مخصوص کرج خریداری شدند. همچنین، روغن بزرک از شرکت نرمک تبریز تهیه شد که مشخصات و ترکیبات آن در جدول ۱ ارائه شده است.

حرارتی میزان دوام و ثبات روغن بزرک را بهبود بخشید (۷). بررسی ویگل و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد که می‌توان با استفاده از ترکیب نانو سلولز و روغن بزرک پوششی مقاوم به هوازدگی و سایش بر روی چوب تولید نمود و علت آن را پلی‌مریزاسیون پوشش در سطح چوب و واکنش با گروه‌های عاملی هیدروکسیل سطح چوب عنوان نمودند (۲۲). روغن بزرک در اثر فرآیند خود اکسایشی در سطح چوب لایه محافظ را شکل می‌دهد (۱۳) همچنین طبق مطالعات وی‌چنگ و تسونگ (۲۰۱۳) در صورت اصلاح گروه‌های عاملی روغن و واکنش مناسب با سطح چوب، مقاومت چوب را نسبت به اشعه ماوراءبنفش خورشید و رطوبت افزایش می‌یابد (۲۳). استفاده از روغن‌های گیاهی به‌دلیل خاصیت روان‌کنندگی، از سایش و ایجاد اصطکاک در سطح چوب جلوگیری نموده و میزان سایش را کاهش می‌دهند. (۲۴). به روغن‌های گوناگونی می‌توان مقاومت به سایش در چوب افزایش داد از جمله

جدول ۱- مشخصات روغن بزرک مورد استفاده در این پژوهش.

Table 1. Linseed oil characteristics used in this research.

نقطه دود (°C)	اسید اولئیک (ω-9)	اسیدهای چرب اشباع‌نشده چندگانه Multiple unsaturated fatty acids			اسید چرب اشباع‌نشده Unsaturated fatty acids	اسید چرب اشباع‌شده Saturated fatty acids	نوع Type
		اسید لینولئیک (ω-6) Linoleic acid	آلفا لینولئیک اسید (ω-3) Alpha linolenic acid	کل چندگانه Whole multiple			
Smoke spot	Oleic acid	12-18	56-71	68-89	10-22	6-9	روغن بزرک Linseed oil

سانتی‌گراد) داخل اتاق کليماتيزه قرار داده شدند. سپس سطوح نمونه‌ها با روغن بزرک (۱۰۰ ml/m²) توسط پیستوله پوشش داده شده و در نهایت به‌مدت ۲۰ روز در محیط کارگاه برای خشک شدن نگهداری شدند.

سپس نمونه‌های چوبی به ابعاد استاندارد ۱۵×۱۰×۲ (L×R×T) سانتی‌متر بریده شده و توسط خشک‌کن آزمایشگاهی تا رطوبت ۱۲ درصد خشک شدند. نمونه‌ها جهت حفظ رطوبت تعادل ۱۲ درصد (رطوبت نسبی ۶۵ درصد و دمای ۲۰ درجه

که در آن، I پارامتر سایش، A وزن نمونه قبل از سایش (میلی‌گرم)، B وزن نمونه بعد از سایش (میلی‌گرم)، C میزان سیکل (دور) سایش می‌باشد. اسکن میکروسکوپی لیزری هم‌کانون^۱: از میکروسکوپ لیزری هم‌کانون (VK-۹۷۰۰) جهت بررسی میزان عمق سایش و توپوگرافی سطوح انواع گونه‌های چوبی قبل و بعد از پوشش‌دهی و هوازدگی مورد استفاده قرار گرفت. در این دستگاه ابتدا نمونه‌های آزمون بر روی صفحه اصلی و محل قرارگیری نمونه به‌وسیله گیره مخصوص نصب گردید و سپس دستگاه بر اساس مقیاس موجود (که در این مطالعه در حدود ۱ سانتی‌متر بود) شروع به اسکن سطح کرده و در نهایت نتایج را بر اساس استانداردهای مختلف گزارش می‌کند. همچنین در این مطالعه از استاندارد ISO/DIS 3-25178 جهت آنالیز داده‌ها استفاده شد.

طرح آزمایش‌ها: در این بررسی از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. در نهایت نتایج حاصل با نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

مقاومت به سایش: نتایج این آزمون به دو صورت میزان کاهش وزن و محاسبه پارامتر سایش قبل و بعد از هوازدگی ارائه شده است؛ که نتایج تجزیه واریانس کاهش وزن در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج آماری نشان می‌دهد اختلاف معناداری میان تمامی متغیرها مشاهده می‌شود.

آزمون هوازدگی تسریع‌شده: جهت اندازه‌گیری مقاومت به هوازدگی، نمونه‌های آزمون به مدت ۲ هفته در دستگاه هوازدگی تسریع‌شده نگهداری شدند. بدین منظور از دستگاه هوازدگی QUV weatherometer در مدت ۳۳۶ ساعت استفاده شد. این دستگاه مطابق با استاندارد EN 927-6 عمل می‌کند و نمونه‌ها در چرخه هوازدگی به ترتیب ۱۰۲ دقیقه نور به‌تنهایی و ۱۹ دقیقه ترکیب پاشش آب و نور با قدرت ۴۲ (w/m^۲) بین طول موج ۳۰۰ الی ۴۰۰ نانومتر است و دمای کابین میان ۴۵ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد متغیر است. مقاومت به سایش و توپوگرافی سطوح نمونه‌های چوبی قبل و بعد از هوازدگی مورد بررسی قرار گرفت.

آزمون مقاومت به سایش: جهت بررسی مقاومت به سایش از دستگاه سایش خراشان تابر مدل ۵۱۳۵ ساخت کشور آلمان استفاده شد. برای این منظور ابتدا نمونه‌ها به ابعاد ۱۰×۱۰×۲ سانتی‌متر برش داده شد و پس از پوشش‌دهی مطابق با استاندارد ASTM D 4060 آزمون انجام شد. در این دستگاه از دو دیسک عمودی، به وزن ۵۰۰ گرم که با کاغذ سنباده شماره S-۴۲ احاطه شده بود و خلاف جهت یکدیگر بر روی نمونه چوبی گردش نموده و می‌چرخیدند استفاده شد. همچنین، مقاومت به سایش به دو روش ۱- محاسبه میزان کاهش وزن و ۲- پارامتر سایش محاسبه شد. در این پژوهش از تعداد دور چرخش ۲۵۰ دور استفاده شد (۱۵). با استفاده از رابطه ۱ میزان مقاومت به سایش انواع پوشش‌ها محاسبه شد:

$$I = \frac{(A-B)1000}{C} \quad (1)$$

1- Confocal laser scanning microscope (CLSM)

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر متغیرهای مستقل و پیوسته.

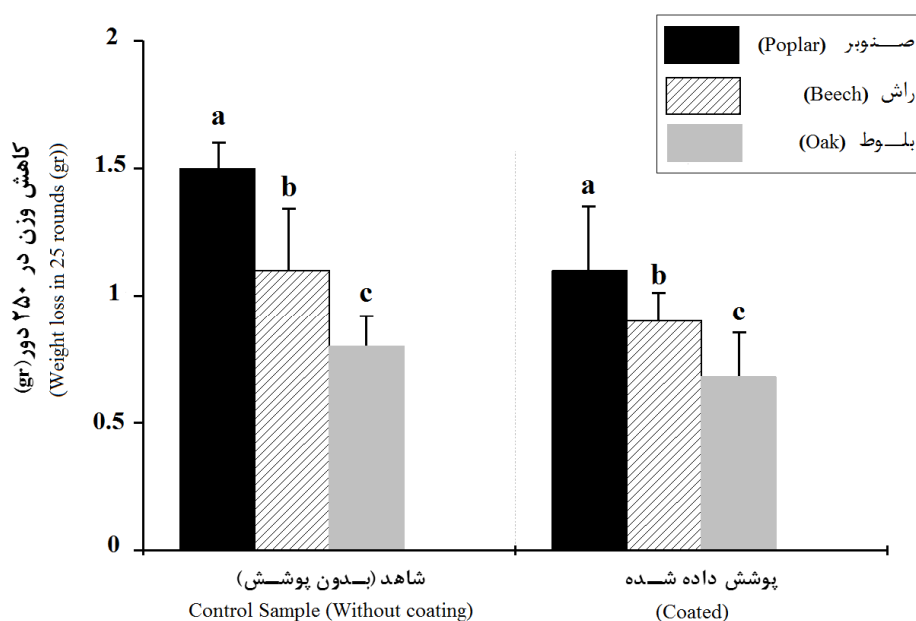
Table 2. Analysis of variance of independent and dependent variables.

معناداری Significant	F	میانگین مربعات Ms	درجه آزادی Df	منابع تغییرات
0.101	2164.4	1220.2	2	نوع گونه (Wooden species)
0.000	1.52	0.24	1	پوشش (Coating)
0.001	15.95	42.25	1	هوازدگی (Weathering)
0.002	1.41	1.244	3	نوع گونه × پوشش (Wooden species×coating)
0.024	3.84	22.91	2	نوع گونه × هوازدگی (Wooden species× weathering)
0.035	0.001	0.88	1	پوشش × هوازدگی (Coating × weathering)
0.066	3.451	3.812	3	نوع گونه × پوشش × هوازدگی (Wooden species×coating ×weathering)

است که استفاده از روغن بزرک میزان کاهش وزن را کاهش داده و بر اساس نتایج آماری اختلاف معناداری میان آن‌ها دیده می‌شود؛ بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد با پوشش‌دهی سطح چوب با روغن بزرک میزان سایش کاهش یافته است. مطالعات وی و همکاران (۲۰۱۷) نیز نشان داد که پوشش‌های روغنی باعث روان‌کاری سطح چوب شده و میزان اصطکاک را کاهش می‌دهد تا در نهایت میزان سایش کاهش یابد (۲۳). همچنین همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد پس از پوشش‌دهی میزان کاهش وزن در گونه صنوبر نسبت به بلوط کاهش یافته است و به بیان دیگر در اثر پوشش‌دهی میزان کاهش وزن در اثر سایش در صنوبر ۲۷ درصد و در بلوط ۱۵ درصد کاهش یافته است؛ که نشان‌دهنده جذب بهتر پوشش روغن بزرک توسط چوب صنوبر می‌باشد. با توجه به مطالعات غلامیان و طارمیان (۲۰۰۹) یکی از پارامترهای مؤثر در نفوذ پوشش‌ها در بافت چوب میزان نفوذپذیری گونه‌های چوبی می‌باشد، نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد میزان نفوذپذیری گونه صنوبر بیش‌تر از بلوط می‌باشد (۹)؛ بنابراین می‌توان گفت نفوذ و تثبیت بهتر پوشش روغن بزرک در سطح چوب صنوبر باعث افزایش مقاومت آن شده است.

در شکل ۱ میزان کاهش وزن در واحد ۲۵۰ دور قبل از قرارگیری نمونه‌های پوشش‌داده شده در شرایط هوازدگی تسریع شده نشان داده شده است. نتایج شکل ۲ نشان می‌دهد که مقاومت به سایش گونه‌های چوبی بلوط، راش و صنوبر با یکدیگر متفاوت است و بیش‌ترین و کم‌ترین مقاومت به سایش به ترتیب مربوط به گونه چوبی بلوط و صنوبر می‌باشد. یکی از مهم‌ترین پارامترها در کاهش وزن در اثر سایش میزان وزن مخصوص نمونه‌ها می‌باشد. با توجه به افزایش دانسیته در گونه بلوط (۰/۷۵) نسبت به راش (۰/۶۵) و صنوبر (۰/۵۵) (گرم بر سانتی‌متر مکعب) بنابراین مقاومت به سایش آن بیش‌تر می‌باشد. همچنین، نتایج آزمون آماری نشان می‌دهد که اختلاف معناداری در کاهش وزن میان گونه‌های چوبی وجود دارد. پژوهش‌های سندبرگ و همکاران (۲۰۱۶) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند و افزایش وزن مخصوص را یکی از عوامل تأثیرگذار در مقاومت به سایش عنوان نمودند (۲).

پس از پوشش‌دهی میزان کاهش وزن گونه‌های چوبی در اثر سایش نسبت به نمونه‌های بدون پوشش کاهش یافته و پوشش‌دهی با روغن بزرک به ترتیب در گونه‌های بلوط، راش و صنوبر ۲۶، ۱۸ و ۱۵ درصد باعث کاهش وزن گردید. این موضوع نشان‌دهنده آن



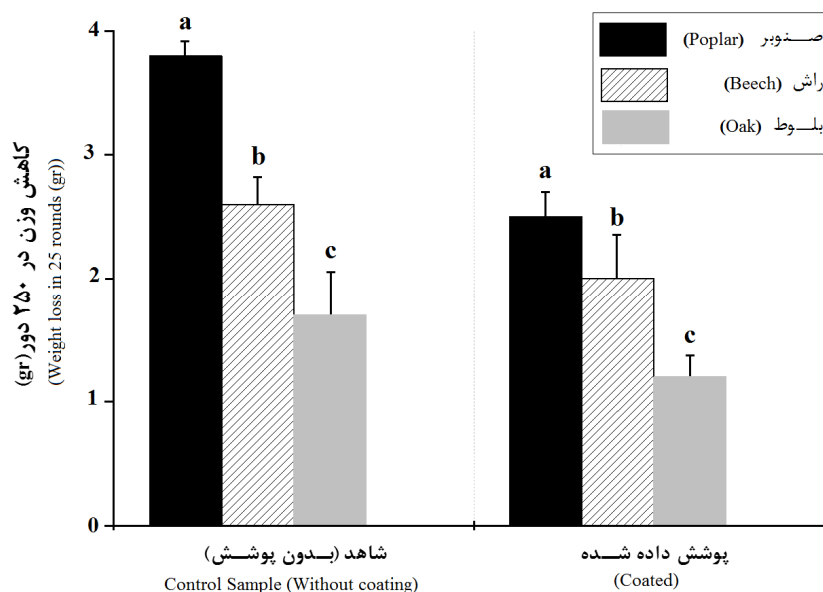
شکل ۱- میزان کاهش وزن (گرم) نمونه‌ها در اثر سایش (قبل از هوازدگی).

Figure 1. Weight loss (gr) of samples by abrasion (before weathering).

۲۹ درصد کاهش یافت که نشان‌دهنده آن است که استفاده از روغن بزرک میزان کاهش وزن را کاهش و مقاومت به سایش را در اثر هوازدگی افزایش می‌دهد بنابراین می‌توان گفت با پوشش‌دهی سطح چوب با روغن بزرک مقاومت به سایش افزایش یافته است. همچنین، پس از هوازدگی مانند قبل از هوازدگی گونه صنوبر به صورت ذاتی به دلیل دانسیته کم‌تر مقاومت به سایش کم‌تری نسبت به گونه بلوط از خود نشان داد ولی پس از پوشش‌دهی با روغن بزرک به دلیل جذب بهتر و بیش‌تر روغن به دلیل منافذ بازتر، توانسته است مقاومت بهتری را از خود نشان دهد. پژوهش‌های برونی (۱۹۵۱) و آچاچلویی و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد که می‌توان از روغن بزرک در تیمار چوب در فضای باز استفاده کرد ولی به دلیل آبشویی پس از مدتی کارایی خود را از دست می‌دهد، بنابراین می‌توان گفت کاهش مقاومت به سایش نمونه‌های پوشش‌داده‌شده در اثر هوازدگی در اثر تخریب نوری و آبشویی پوشش از سطح چوب می‌باشد (۱ و ۶).

در شکل ۲ نتایج کاهش وزن نمونه‌ها در اثر سایش پس از هوازدگی نشان داده شده است. به‌طورکلی در اثر هوازدگی میزان کاهش وزن در اثر سایش افزایش یافته و به بیان دیگر میزان مقاومت به سایش چوب در اثر هوازدگی کاهش یافته است. در اثر هوازدگی میزان کاهش وزن گونه‌های صنوبر، راش و بلوط ۱۵۳، ۱۳۶ و ۱۱۲ درصد افزایش ولی پس از پوشش‌دهی با روغن بزرک میزان کاهش وزن ۱۲۱، ۸۰ و ۷۶ درصد نسبت به قبل از هوازدگی افزایش یافته است. به عبارت دیگر پوشش‌دهی با روغن بزرک توانسته است حتی پس از هوازدگی میزان کاهش وزن را کاهش دهد و باعث بهبود و افزایش مقاومت به سایش گردد.

کاهش مقاومت به سایش در اثر هوازدگی را می‌توان به دلیل تخریب بافت سطح چوب و ایجاد ترک‌های ریز در اثر جذب رطوبت و هم‌کشیدگی و واکنش‌دهی سطح چوب نسبت داد. همچنین در اثر پوشش‌دهی با روغن بزرک میزان کاهش وزن به ترتیب در گونه‌های صنوبر، راش و بلوط به نسبت ۳۵، ۲۴ و



شکل ۲- میزان کاهش وزن (گرم) نمونه‌ها بعد از هوازدگی.

Figure 2. Weight loss (gr) of samples by abrasion (after weathering).

درصد افزایش یافته است. همچنین در اثر پوشش‌دهی میزان پارامتر سایش برای گونه‌های صنوبر، راش و بلوط به ترتیب ۲۸، ۳۸ و ۱۸ درصد و پس از هوازدگی ۳۱، ۳۴ و ۳۴ درصد کاهش یافت؛ بنابراین می‌توان گفت پوشش‌دهی باعث کاهش میزان سایش و افزایش مقاومت به سایش شده است؛ و در نهایت می‌توان گفت بر اساس نتایج پارامتر سایش تمامی نتایج کاهش وزن در اثر سایش مورد تأیید قرار می‌گیرد.

پارامتر سایش: جهت بررسی پارامتر سایش بر اساس رابطه ۱، در جدول ۳ میزان پارامتر سایش قبل و بعد از قرارگیری نمونه‌های پوشش‌داده‌شده در شرایط هوازدگی تسریع‌شده نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد در اثر هوازدگی میزان پارامتر سایش در نمونه‌های صنوبر، راش و بلوط (بدون پوشش) به ترتیب به میزان ۱۲۸، ۱۱۱ و ۱۰۹ درصد و نمونه‌های پوشش داده شده به ترتیب به میزان ۱۲۰، ۷۸ و ۶۶

جدول ۳- میزان پارامتر سایش نمونه‌ها قبل و بعد از هوازدگی.

Table 3. The abrasion parameter before and after weathering

پوشش داده شده Coated		بدون پوشش Without coating		گونه چوبی Wood species
بعد از هوازدگی After weathering	قبل از هوازدگی Before weathering	بعد از هوازدگی After weathering	قبل از هوازدگی Before weathering	
3.3 (0.14)	1.5 (0.05)	4.8 (0.12)	2.1 (0.07)	صنوبر Poplar
2.5 (0.08)	1.4 (0.04)	3.8 (0.13)	1.8 (0.06)	راش Beech
1.5 (0.11)	0.9 (0.02)	2.3 (0.1)	1.1 (0.09)	بلوط Oak

اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده میزان انحراف معیار می‌باشد.

چوب‌های صنوبر، راش و بلوط به‌میزان ۳۰۹، ۳۰۵ و ۲۶۱ درصد افزایش یافت ولی برای نمونه‌های پوشش داده شده ۲۳۹، ۱۹۵ و ۱۹۴ درصد افزایش یافت که نشان‌دهنده آن است که پوشش‌دهی توانسته است میزان عمق سایش را حتی پس از هوازگی نسبت به نمونه‌های بدون پوشش در تمامی گونه‌های چوبی کاهش دهد.

عمق سایش: جهت بررسی میزان عمق سایش از میکروسکوپ لیزری استفاده شد. نتایج عمق سایش قبل و بعد از پوشش‌دهی و هوازگی در جدول ۴ نشان داده شده است. به‌ترتیب بیش‌ترین میزان عمق سایش در تمامی تیمارها در چوب‌های صنوبر، راش و بلوط مشاهده شد. همچنین در اثر هوازگی نمونه‌های بدون پوشش، میزان عمق سایش به‌ترتیب برای

جدول ۴- میزان عمق سایش نمونه‌ها قبل و بعد از هوازگی (میکرون).

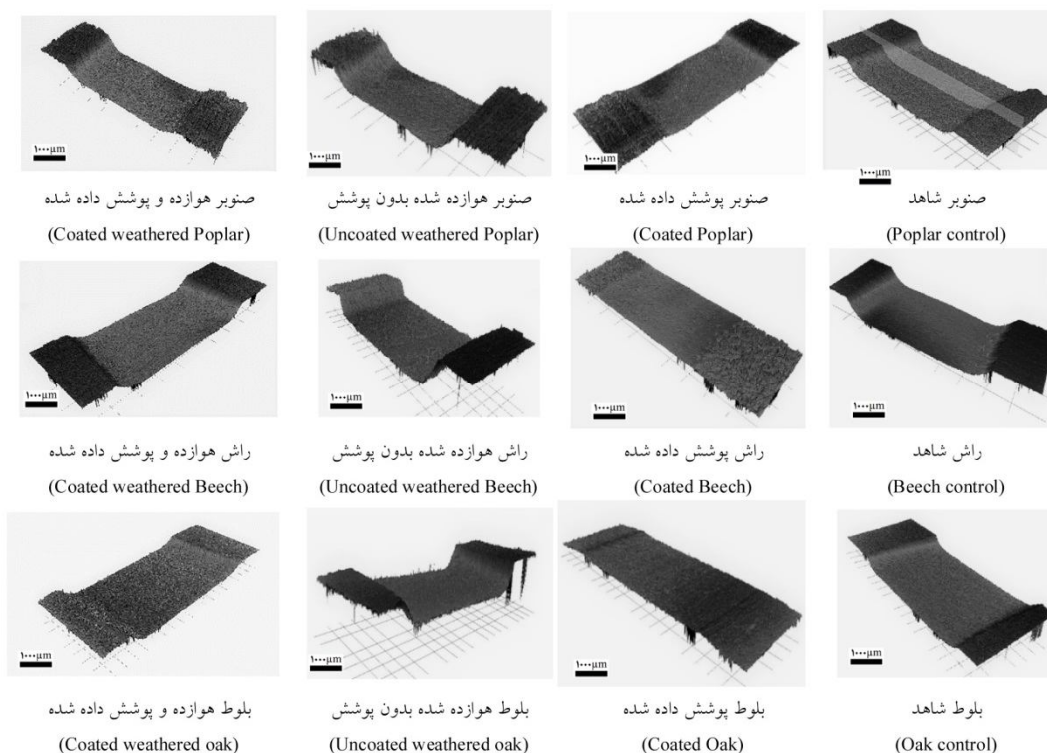
Table 4. Depth of abrasion before and after weathering (μ)

پوشش داده‌شده Coated		بدون پوشش Without coating		گونه چوبی Wood species
بعد از هوازگی After weathering	قبل از هوازگی Before weathering	بعد از هوازگی After weathering	قبل از هوازگی Before weathering	
127 (5.6)	53 (8.9)	201 (17.2)	65 (8.3)	صنوبر Poplar
94 (8.8)	48 (4.3)	183 (12.3)	60 (5.5)	راش Beech
76 (7.1)	39 (5.3)	136 (4.6)	52 (7.1)	بلوط Oak

اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده میزان انحراف معیار می‌باشد.

قبل و بعد از هوازگی میزان عمق سایش در تمامی نمونه‌ها کاهش یافته است که می‌توان روان‌کاری و کاهش اصطکاک را از عوامل تأثیرگذار نامید. مطالعات ویگل و همکاران (۲۰۱۷) و وی‌چنگ و تسونگ (۲۰۱۳) هم استفاده از پوشش‌های روغنی را جهت کاهش میزان سایش سطح چوب را پیشنهاد نمودند (۱۳ و ۲۳).

نتایج بررسی میکروسکوپ لیزری: جهت بررسی میزان عمق سایش از میکروسکوپ لیزری استفاده شد. نتایج میزان سایش قبل و بعد از پوشش‌دهی و هوازگی برای نمونه صنوبر، راش و بلوط در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج میکروسکوپ لیزری نشان می‌دهد که تمامی نمونه‌ها در اثر هوازگی دچار تخریب‌شده و عمق سایش در آن‌ها افزایش یافته است. همچنین نتایج نشان می‌دهد در اثر پوشش‌دهی



شکل ۳- تصاویر سه بعدی میکروسکوپ لیزری عمق سایش قبل و بعد از هوازدگی.

Figure 3. Three-dimensional laser microscopes depth of wear before and after weathering.

استفاده در فضای باز، نیازمند به مراقبت بیش‌تری می‌باشد. با توجه به مشکلات زیست‌محیطی انواع پوشش‌ها و مواد حفاظتی امروزه که جزئی از مشتقات نفتی می‌باشند، ولی رویکرد صنعت در آینده به سمت استفاده از مواد گیاهی و طبیعی می‌باشد؛ بنابراین با توجه به وجود محدودیت در استفاده از روغن بزرک، ولی به دلیل آلاینده نبودن برای محیط زیست و حفظ سلامتی انسان‌ها استفاده از آن توصیه می‌گردد. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده شناسایی فرآیندهای تثبیت بهتر و بیش‌تر روغن‌های گیاهی در سطح چوب و همچنین استفاده از نانوذرات سازگار با محیط زیست در ترکیبات این نوع پوشش‌ها مورد ارزیابی و بررسی بیش‌تر قرار گیرد.

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه، تأثیر هوازدگی و استفاده از پوشش گیاهی بزرک در افزایش مقاومت به سایش گونه‌های چوبی صنوبر، راش و بلوط مورد بررسی قرار گرفت. نتایج ارزیابی میزان کاهش وزن و پارامتر سایش نشان داد که وزن مخصوص تأثیر قابل توجهی روی مقاومت به سایش گونه‌های چوبی داشته است. کاهش مقاومت به سایش در اثر هوازدگی در اثر تخریب بافت سطحی چوب به دلیل جذب رطوبت و نور فرابنفش می‌باشد ولی استفاده از روغن بزرک توانست میزان جذب رطوبت را کاهش دهد و باعث بهبود عملکرد و افزایش مقاومت آن‌ها گردد. همچنین استفاده از پوشش گیاهی بزرک می‌تواند مقاومت به سایش در چوب را افزایش داده و حتی پس از هوازدگی این مقاومت‌ها را تا حدودی حفظ نماید، ولی در صورت

منابع

1. Achachluei, M., Ahmadi, H., and Pourtahmasi, K. 2014. Study of linseed oil on white poplar wood (*Populus alba* L.) as a traditional treatment for historical wooden relics against weathering. Iranian J. of Wood and Paper Industries. 5: 2. 103-116. (In Persian)
2. Aytin, A., Korkut, S., As, N., Ünsal, O., and Gündüz, G. 2015. Effect of heat treatment of wild cherry wood on abrasion resistance and withdrawal capacity of screws. Drvna Industrija. 66: 4. 297-303.
3. Bautista, Y., Gonzalez, J., Gilabert, J., Ibanez, M.J., and Sanz, V. 2011. Correlation between the wear resistance, and the scratch resistance, for nanocomposite coatings. Progress in organic coatings. 70: 4. 178-185.
4. Babai, Y. 2016. Investigation of the Effect of Antifungal Compounds of Syriac Juice on the Natural Existence of Beech Wood. Master Thesis. University of Tehran. 280p. (In Persian)
5. Bazyar, B., Parsapajouh, D., Khademi-Eslam, H., and Hemmasi, A.H. 2008. Physical characteristics of poplar wood treated with hot linseed oil. J. of Agricultural Sciences. 13: 1. 197-206.
6. Browne, F.L. 1951. Natural wood finishes for exteriors of houses. U.S Forest Service Res. Rept. No. 1908, Madison, WI, USA, 9p.
7. Chang, C.W., and Lu, S.K.T. 2013. Linseed-oil-based waterborne UV/air dual-cured wood coating. Progress in Organic Coatings. 76: 7-8. 1024-1031.
8. Efhamisizi, D., Ghazan, M., Oladi, R., and Karimi, A. 2016. Penetrability of nano-wollastonite into the poplar wood and its effect on wood durability and dimensional stability. Iranian J. of Wood and Paper Industries. 8: 2. 267-282. (In Persian)
9. Gholamiyan, H., and Tarmian, A. 2010. Radial variation in longitudinal permeability of beech (*Fagus orientalis*) wood containing red heart wood. Iranian J. of Natural Resources. 63: 1. 37-46. (In Persian)
10. Herrera, R., Sandak, J., Robles, E., Krystofiak, T., and Labidi, J. 2018. Weathering resistance of thermally modified wood finished with coatings of diverse formulations. Progress in Organic Coatings. 119: 145-154.
11. Juita, A., Dlugogorski, B.Z., Kennedy E.M., and Mackie J.C. 2012. Low temperature oxidation of linseed oil: a review. Fire Science Reviews. 1: 3. 1-36.
12. Kanokwijitsilp, T., Traiperm, P., Osotchan, T., and Sriksirin, T. 2016. Development of abrasion resistance SiO₂ nanocomposite coating for teak wood. Progress in Organic Coatings. 93: 118-126.
13. Lazzari, M., and Chiantore, O. 1991. Drying and oxidative degradation of linseed oil. Polymer Degradation and Stability. 65: 2. 303-313.
14. Ltgen, M., and Militz, H. 2017. Thermally modified Scots pine and Norway spruce wood as substrate for coating systems. J. of Coatings Technology and Research. 14: 3. 531-541.
15. Rodríguez, R.R., Estevez, M., Vargas, S., and Mondragón, M.A. 2003. Hybrid ceramic-polymer material for wood coating with high wearing resistance mater. Materials Research Innovations. 7: 2. 80-84.
16. Sandberg, D., and Kutnar, A. 2016. Thermally modified timber: Recent developments in Europe and North America. Wood and Fiber Science. 48: 1. 28-39.
17. Tarmian, A., and Masturi, A., Water-repellent efficiency of thermally modified wood as affected by its permeability. J. of Forestry Research. 29: 3. 859-867.
18. Temiz, A., Yildiz, U.C., Aydin, I., Eikenes, M., Alfredsen, G., and Colakoglu, G. 2005. Surface roughness and color characteristics of wood treated with preservatives after accelerated weathering test. Applied Surface Science. 250: 1-4. 35-42.
19. Tolvaj, L., Persze, L., and Albert, L. 2011. Thermal degradation of wood during photodegradation. J. of Photochemistry and Photobiology B: Biology. 105: 1. 90-93.

20. Tomak, E.D., Baysal, E., and Peker, H. 2012. The effect of some wood preservatives on the thermal degradation of Scots pine. *Thermochimica Acta*. 547: 76-82.
21. Trisna, P., and Hiziroglu, S. 2013. Characterization of heat treated wood species. *Materials and Design*. 49: 7. 575-582.
22. Veigel, V., Marieke Lems, E., Gröll, G., Hansmann, C., Rosenau, T., Zimmermann, T., and Gindl-Altmutter, W. 2017. Simple green route to performance improvement of fully bio-based linseed oil coating using nanofibrillated Cellulose. *Polymers*. 9: 425-438.
23. Wei Chang, C., and Tsung Lu, K. 2013. Linseed-oil-based waterborne UV/air dual-cured wood coatings. *Progress in Organic Coatings*. 76: 1024-1031.
24. Wu, X., Liu, M.H., Zhong, X.M., Liu, G.J., Wyman, I., Wang, Z.P., Wu, Y.Q., Yang, H., and Wang, J.B. 2017. Smooth water-based antimudge coatings for various substrates. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. 5: 2605-2613.
25. Xie, Y., Krause, A., Militz, H., and Mai, C. 2006. Coating performance of finishes on wood modified with an N-methylol compound. *Progress in Organic Coatings*. 57: 291-300.



The effect of accelerated weathering on the abrasion resistance of wood-species coated with linseed oil

*H. Gholamiyan¹ and P. Moradpour¹

¹Assistant Prof., Dept. of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Received: 03.09.2019; Accepted: 06.21.2019

Abstract

Background and Objectives: Wood is a natural material used in the construction of various wooden structures. Wooden structures are weathered and surfacely damaged by outdoor exposure. Regarding the use of wood as outdoor furniture, floorings, parquets and wooden wallboard in wooden houses, some properties such as hardness, scratch resistance, and abrasion are important. In this study, the effect of accelerated weathering on the abrasion resistance of *Populus nigra*, *Fagus orientalis* and *Quercus castaneifolia* was studied.

Materials and Methods: For this purpose, wood samples were cut to standard dimensions of 2×10×15 cm (L×R×T) and the surfaces of wood samples were coated with linseed oil (100 ml/m²). The coated samples were kept in an accelerated weathering machine for 2 weeks and then, by Taber test and Confocal laser microscope, the abrasion resistance and topography of the wood surfaces before and after weathering were investigated.

Results: The results of this study showed that, due to weathering, the wear resistance of all wooden species decreased and the most resistance among them was related to oak with the weight loss of 1.7 grams. Also, the results showed that the amount of abrasion index reduced by 28, 38, and 18 percent for poplar, beech, and oak, respectively. The lowest and highest abrasion resistance after weathering were related to the poplar and oak and the results of the confocal laser scanning microscopy showed that, in the poplar, beech, and oak the abrasion depth was 201, 183, and 136 (μ), respectively.

Conclusion: The increase in oak wear resistance to other species can be due to higher specific gravity. The use of linseed oil coating reduces water absorption, on the other hand, reduces friction and makes the surface of the wood lubricate. In addition, the increase in weight loss after weathering is due to the higher absorption of uncoated samples than the coated samples, which causes faster and easier destruction of the wood structure. Based on the results of the laser microscope and wear depth study, the coating with linseed oil has been able to reduce the wear depth and increase the wear resistance. According to the results of this study, linseed oil can be used to increase the resistance of wood structures to abrasion.

Keywords: Wood, Linseed oil, Abrasion, Confocal laser microscopy, Weathering

*Corresponding author: hadi_gholamiyan@ut.ac.ir