بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده جنگلداری و فناوری چوب

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته
حفاظت و اصلاح چوب

بررسی اثر تیمار با نانو اکسید مس بر رنگ‌پذیری چوب صنوبر دلتوئیدس

پژوهش و نگارش:
حسین شهرانی کرانی

استاد راهنما:
دکتر محمدرضا ماستری فراهانی

استاد مشاور:
دکتر سید علی‌رضا موحدی نائینی

تابستان ۱۳۹۲

تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه‌های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت‌های علمی- پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود؛ بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

۱- قبل از چاپ پایان‌نامه خود، مراتب را قبلا به طور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع داده و کسب اجازه نمایند.
۲- قبل از چاپ پایان نامه در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد، ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.
۳- انتشار نتایج پایان نامه باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب **حسین شهرانی کرانی** دانشجوی رشته **حفاظت و اصلاح چوب** مقطع **کارشناسی‌ارشد** تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی و امضاء

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگی

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان که در سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است

به پاس قلب های بزرگشان که فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید

و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند

این مجموعه را تقدیم می کنم :

به پدر و مادر بزرگوارم، و همسر عزیزم

که در سختی این راه پرفراز و نشیب زندگی همراه من بودند
و از قلب، جان و مال برای من ایثار کردند.

تشکر و قدردانی

در این مجال بر خود لازم دیدم از آنان که همیشه و همه حال من را حمایت و پشتیبانی کردند کمال سپاسگذاری و تشکر را داشته باشم.

در این پروژه تحقیقاتی افراد گوناگونی در زمان های مختلف یاری دهنده و پشتیبان من بودند. مقدم بر همه تشکر بی دریغ خود را نثار جناب آقای دکتر محمدرضا ماستری فراهانی، استاد راهنمای بسیار گرانقدر و زحمت کش خودم می نمایم. چه بسا ایشان در راه این دوران تحصیلات و در طی انجام این پروژه مایه دلگرمی و امید برای بنده بوده اند و راهنمایی های ایشان تحمل سختی ها و طریق راه را بر من هموار کرد.

همچنین جا دارد از استاد مشاور گرامی ام جناب آقای دکتر سید علی رضا موحدی نائینی کمال تشکر و قدردانی را بنمایم. در ادامه نیز از کارشناس آزمایشگاه، جناب مهندس رضا نژاد تشکر فراوان را دارم.

از استاد ارجمندم جناب آقای پرفسور حسین رسالتی که زحمت داوری این پایان نامه را تقبل نموده اند نهایت قدردانی را دارم. بی شک بهره مندی از وجود و مصاحبت علمی با ایشان فرصتی مغتنم و افتخاری برای بنده بود که موجب ارتقاء دانش و غنای کارم شود.

چکیده

در این تحقیق اثر تیمار با نانو ذرات اکسید مس بر عملکرد پوشش‌های پلی‌اورتان دو جزئی مات، آلکیدی مات، آکریلیک شفاف و رزین نیمه‌شفاف بر روی صنوبر دلتوئیدس در محیط بیرونی مورد بررسی واقع شد. برای این منظور نمونه‌هایی بدون عیب از برون‌چوب صنوبر دلتوئیدس با ابعاد ۵۰×۵۰×۲ میلی‌متر (طولی× مماسی× شعاعی) تهیه گردید. نمونه‌های تهیه شده به مدت ۳۰ دقیقه تحت خلاء (۰/٦۵- بار)، و سپس با ماده حفاظتی کلوئید نانو اکسید مس در غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد به مدت ۱۲۰ دقیقه در فشار محیط (اتمسفر) اشباع شدند. پوشش‌ها با ضخامت ۱۵۰ میکرومتر (ضخامت تر) توسط دستگاه لایه‌کش بر روی نمونه‌های آزمونی اعمال گردیدند. میزان چسبندگی پوشش‌ها بر طبق استاندارد ASTM D 4541 و خصوصیات رنگ نمونه‌ها بر طبق استاندارد ASTM D 2244 قبل و بعد از ۱۸۰ روز قرار گرفتن در معرض هوازدگی طبیعی اندازه‌گیری شدند. تجزیه و تحلیل آماری نتایج آزمون چسبندگی قبل و بعد از هوازدگی طبیعی نشان داد که عملکرد پوشش‌ها بر روی چوب تیمارشده با نانو اکسید مس وابسته به نوع پوشش می‌باشد. به‌طوری که قبل از هوازدگی چسبندگی در پوشش رزین نیمه‌شفاف نسبت به پوشش‌های دیگر بهبود یافت. همچنین بعد از هوازدگی پوشش‌های آکریلیک شفاف و رزین نیمه‌شفاف بر خلاف پوشش‌های پلی‌اورتان مات و آلکیدی مات عملکرد بهتری در حفظ چسبندگی از خود نشان دادند. پوشش‌های آکریلیک شفاف، پلی‌اورتان مات و آلکیدی مات ثبات نوری بهتری در مقایسه با رزین نیمه‌شفاف داشتند.

واژه‌های کلیدی: نانو اکسید مس، صنوبر دلتوئیدس، پوشش‌ها، چسبندگی، هوازدگی، تغییر رنگ.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۱-۱- اهداف ٦

۱-۱-۲- فرضیه‌ها ٦

۱-۲- کلیات ۷

۱-۲-۱- گونه مورد تحقیق ۷

۱-۲-۲- جایگاه صنوبر در رده‌بندی گیاهی ۷

۱-۲-۳- ساختار چوب صنوبر ۸

۱-۲-۳-۱- مشخصات ماکروسکوپی ۸

۱-۲-۳-۲- مشخصات میکروسکوپی ۸

۱-۲-٤- خصوصیات فیزیکی چوب صنوبر ۹

۱-۲-۵- موارد مصرف ۹

۱-۲-٦- ضرورت بررسی و شناخت صنوبر ۹

۱-۳- نانو و فناوری نانو ۱۰

۱-۳-۱- نانو و فناوری نانو چیست؟ ۱۰

۱-۳-۲- پیشینه فناوری نانو ۱۱

۱-۳-۳- نانو تکنولوژی در ایران ۱۱

۱-۳-٤- روش‌های تولید نانو ذرات ۱۲

۱-۳-٤-۱- روش بالا به پایین ۱۲

۱-۳-٤-۲- روش پایین به بالا ۱۲

۱-۳-۵- طبقه‌بندی مواد نانویی ۱٤

۱-۳-٦- هدف اصلی نانو ۱٤

۱-۳-٦-۱- عناصر پایه در فناوری نانو ۱۵

۱-۳-٦-۱-۱- نانو ذرات سرامیکی ۱٦

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱-۳-٦-۱-۲- کاربردهای نانو ذرات سرامیکی ۱۷
۱-٤- هوازدگی ۱۷
۱-٤-۱- فاکتورهای موثر در ایجاد هوازدگی ۱۷
۱-٤-۱-۱- پرتوهای خورشید ۱۷
۱-٤-۱-۲- دما ۱۸
۱-٤-۱-۳- رطوبت ۱۹
۱-٤-۱-٤- اثرات ثانویه ۲۰
۱-٤-۱-۵- اثرات تزایدی ۲۰
۱-٤-۲- آزمون هوازدگی طبیعی ۲۰
۱-٤-۳- هوازدگی چوب ۲۱
۱-٤-٤- تاثیر پوشش‌ها در هوازدگی ۲۲
۱-٤-٤-۱- مکانیسم تخریب پوشش‌ها در اثر هوازدگی ۲۳
۱-٤-٤-۱-۱- تخریب اکسیداسیونی با شروع کننده نوری ۲٤
۱-٤-٤-۱-۱-۱- کروموفورها ۲٤
۱-٤-٤-۲- واکنش‌های پیش‌برنده هوازدگی ۲۵
۱-٤-۵- تاثیر مواد استخراجی در تغییرات رنگ پوشش‌ها در معرض با هوازدگی ۲۷
۱-۵- عوامل موثر در پایداری پوشش‌ها ۲۸
۱-۵-۱- آناتومی ۲۸
۱-۵-۲- دانسیته ۲۹
۱-۵-۳- چوب آغاز و پایان ۳۰
۱-۵-٤- تغییرات ابعاد ۳۰
۱-۵-۵- زبری سطح ۳۱
۱-۵-٦- اهداف حفاظتی ۳۱
۱-٦- رنگ به منظور حفاظت و تزیین ۳۲

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱-۷- انواع پوشش‌های مورد استفاده روی چوب‌آلات در محیط بیرونی ۳۳
۱-۷-۱- رزین‌های آلکیدی ۳۳
۱-۷-۲- رزین‌های آکریلیک ۳٤
۱-۷-۲-۱- رزین‌های آکریلیک ترموپلاستیک (گرما نرم) ۳۵
۱-۷-۲-۲- رزین‌های آکریلیک گرما سخت ۳٦
۱-۷-۳- رزین‌های پلی‌اورتان ۳٦
۱-۷-٤- پوشش‌های شفاف بر پایه آب ۳۸
۱-۷-٤-۱- پوشش‌های شفاف برای چوب‌های در معرض شرایط بیرونی ۳۹
۱-۷-٤-۱-۱- اتصال دهنده‌های مشتق شده ترکیبی ٤۰
۱-۷-٤-۱-۲- اتصال دهنده‌های ترکیبی مشتق شده ٤۱
۱-۷-٤-۲- دوام و شکست در پوشش‌های شفاف ٤۱
۱-۷-٤-۳- افزایش پایداری پوشش‌های شفاف از طریق تغییر پوشش‌ها ٤۲
۱-٤-۷-٤-۳-۱- مواد افزودنی ٤۲
۱-۷-٤-۳-۱-۱- جذب کننده‌های uv ٤۲
۱-۷-٤-۳-۱-۱-۱- جذب کننده‌های آلی نور uv ٤۲
۱-۷-٤-۳-۱-۱-۲- جذب کننده‌های معدنی نور uv ٤٤
۱-۷-٤-۳-۱-۱-۳- جذب کننده‌های نور uv پیوند خورده ٤۵
۱-۷-٤-۳-۱-۲- تثبیت کننده نور آمینی ٤٦
۱-۷-٤-۳-۲- تغییر اتصال دهنده‌ها ٤۷
۱-۷-٤-۳-۳- منعکس کننده‌ها ٤۸
۱-۷-٤-۳-٤- تغییر در ضخامت پوشش‌ها ٤۹
۱-۷-٤-۳-۵- افزایش پایداری پوشش‌های شفاف از طریق تغییرات زیرلایه (چوب) ٤۹
۱-۸- مکانیسم‌های چسبندگی ۵۰
۱-۸-۱- عوامل موثر در چسبندگی پوشش‌ها ۵۰
۱-۸-۱-۱- رنگ‌پایه ۵۰

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱-۸-۱-۲- سنباده زدن ۵۱
۱-۸-۱-۳- تمیز کردن سطحی چوب ۵۱
۱-۸-۱-٤- درصد رطوبت چوب ۵۲
۱-۸-۱-۵- نفوذ پوشش‌ها ۵۲
۱-۸-۱-٦- ضخامت لایه رنگ ۵۳
۱-۸-۲- روش‌های اندازه‌گیری چسبندگی ۵٤
۱-۸-۲-۱- روش cross cut ۵٤
۱-۸-۲-۲- روش pull off ۵۵
۱-۸-۳- اندازه‌گیری رنگ با استفاده از تکنیک‌های نوری ۵٦

فصل دوم: مرور منابع

۲-۱- سابقه تحقیق ٦۰
۲-۱-۱- اثر مواد حفاظتی بر پایه مس بر روی رنگ‌پذیری ٦۰
۲-۱-۲- اثر تیمار چوب با نانو ذرات بر روی رنگ‌پذیری ٦۳
۲-۱-۳- اثر اصلاح بر روی رنگ‌پذیری ٦۵
۲-۱-٤- اثر تیمار چوب با سایر مواد حفاظتی بر روی رنگ‌پذیری ٦۸
۲-۱-۵- اثر سایر عوامل بر رنگ‌پذیری ۷۲
۲-۱-٦- اثر مواد حفاظتی بر پایه مس بر روی عملکرد پوشش‌های چوب در محیط‌های بیرونی ۷٤
۲-۱-۷- اثر سایر روش‌های حفاظتی بر عملکرد پوشش‌های چوب در محیط‌های بیرونی ۷٦
۲-۱-۸- تاثیر استفاده از از نانو ذرات در پوشش‌های چوب بر عملکرد آنها در محیط‌های بیرونی ۷۸
۲-۱-۹- تاثیر پوشش‌ها بر آب‌شویی مواد حفاظتی ۷۹
۲-۱-۱۰- مقاومت به آب‌شویی نانو ذرات فلزی ۸۰
۲-۱-۱۱- اثر مواد حفاظتی بر پایه مس بر روی مقاومت به هوازدگی چوب ۸۱
۲-۱-۱۲- اثر تیمار با نانو ذرات بر روی مقاومت به هوازدگی چوب ۸۲

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱- مواد و روش‌ها ۸٦

۳-۱-۱- مکان نمونه‌برداری ۸٦

۳-۱-۲- تهیه نمونه‌های آزمونی ۸٦

۳-۱-۳- ماده حفاظتی ۸۷

۳-۱-٤- متعادل‌سازی نمونه‌ها ۸۸

۳-۱-۵- اشباع نمونه‌ها ۸۸

۳-۱-٦- محاسبه میزان ماندگاری ۸۹

۳-۱-۷- خشک کردن ۸۹

۳-۱-۸- پوشش‌ها ۹۰

۳-۱-۹- پوشش‌دهی نمونه‌ها ۹۰

۳-۱-۱۰- آزمون چسبندگی پوشش‌ها ۹۱

۳-۱-۱۱- آزمون هوازدگی طبیعی ۹۲

۳-۱-۱۱-۱- شرایط آب‌وهوایی منطقه انجام آزمون هوازدگی طبیعی ۹۳

۳-۱-۱۱-۲- رنگ سنجی ۹۳

۳-۱-۱۲- محاسبات آماری ۹٤

فصل چهارم: نتایج و بحث

٤-۱- ماندگاری نانو اکسید مس ۹٦

٤-۲- اثر تیمار چوب صنوبر با نانو اکسید مس بر چسبندگی پوشش‌ها قبل از هوازدگی طبیعی ۹٦

٤-۳- اثر تیمار چوب صنوبر با نانو اکسید مس بر چسبندگی پوشش‌ها بعد از هوازدگی طبیعی ۱۰۱

٤-۵- تغییرات رنگ ۱۰۷

٤-۵-۱- تغییرات رنگ (ΔE^*) پوشش‌ها در نمونه‌های تیمارنشده و تیمارشده با نانو اکسید مس بعد از هوازدگی طبیعی ۱۰۷

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

٤-٥-٢- میزان ΔL^* پوشش‌ها بعد از هوازدگی طبیعی ١١٣
٤-٥-٢-١- روشنایی (L^*) ١١٦
٤-٥-٢-١-١- روشنایی (L^*) پوشش پلی‌اورتان مات اعمال شده بر روی نمونه‌های تیمارشده و نشده در طول مدت هوازدگی طبیعی ١١٦
٤-٥-٢-١-٢- روشنایی (L^*) پوشش آلکیدی مات اعمال شده بر روی نمونه‌های تیمارشده و نشده در طول مدت هوازدگی طبیعی ١١٧
٤-٥-٢-١-٣- روشنایی (L^*) پوشش آکریلیک شفاف اعمال شده بر روی نمونه‌های تیمارشده و نشده در طول مدت هوازدگی طبیعی ١١٨
٤-٥-٢-١-٤- روشنایی (L^*) پوشش رزین نیمه‌شفاف اعمال شده بر روی نمونه‌های تیمارشده و نشده در طول مدت هوازدگی طبیعی ١١٩
٤-٥-٢-٢- تاثیر تیمار با نانو اکسید مس بر Δa^* پوشش‌ها بعد از هوازدگی طبیعی ١٢٠
٤-٥-٢-٣- تاثیر تیمار با نانو اکسید مس بر Δb^* پوشش‌ها بعد از هوازدگی طبیعی ١٢٣

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتیجه‌گیری ١٢٨
پیشنهادات ١٢٩

منابع ١٣٢

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱: محدوده طول موج‌ها و نور ۱۸
جدول ۱-۲: محدوده طیفی ماوراءبنفش ۱۸
جدول ۳-۱: مشخصات ماده حفاظتی مورد استفاده ۸۷
جدول ۳-۲: مشخصات رنگ‌های مورد استفاده ۹۰
جدول ۳-۳: مشخصات غلظت‌سازی رنگ‌ها ۹۱
جدول ۳-٤: میانگین رطوبت، دمای هوا و بارش روزانه در طی ۱۸۰ روز هوازدگی طبیعی ۹۳
جدول ٤-۱: میانگین ماندگاری نانو اکسید مس در نمونه‌های آزمونی ۹٦
جدول ٤-۲: تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل متغییرها بر چسبندگی پوشش‌ها قبل از هوازدگی ۱۰۱
جدول ٤-۳: تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل متغییرها بر چسبندگی پوشش‌ها بعد از هوازدگی ۱۰۲
جدول ٤-٤: میانگین ΔL^*، Δa^*، Δb^* و ΔE^* پوشش‌ها پس از ۱۸۰ روز هوازدگی طبیعی ۱۰۸
جدول ٤-٥: تجزیه واریانس برای ΔE^* پوشش‌ها بعد از هوازدگی طبیعی ۱۰۹
جدول ٤-٦: مقایسه میانگین‌های ΔE^* پوشش‌ها در اثر هوازدگی طبیعی بر اساس آزمون توکی در سطح معنی‌داری ٥ درصد ۱۰۹
جدول ٤-۷: تجزیه واریانس برای ΔL^* پوشش‌ها بعد از هوازدگی طبیعی ۱۱٤
جدول ٤-۸: مقایسه میانگین‌های ΔL^* پوشش‌ها در اثر هوازدگی طبیعی بر اساس آزمون توکی در سطح معنی‌داری ٥ درصد ۱۱٤
جدول ٤-۹: تجزیه واریانس برای Δa^* پوشش‌ها بعد از هوازدگی طبیعی ۱۲۱
جدول ٤-۱۰: مقایسه میانگین‌های Δa^* پوشش‌ها در اثر هوازدگی طبیعی بر اساس آزمون توکی در سطح معنی‌داری ٥ درصد ۱۲۱
جدول ٤-۱۱: تجزیه واریانس برای Δb^* پوشش‌ها بعد از هوازدگی طبیعی ۱۲۳
جدول ٤-۱۲: مقایسه میانگین‌های Δb^* پوشش‌ها در اثر هوازدگی طبیعی بر اساس آزمون توکی در سطح معنی‌داری ٥ درصد ۱۲٤

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱: شمایی از مقایسه روش بالا به پایین و پایین به بالا (خیام‌نکویی و همکاران، ۱۳۸۹) ۱۳
شکل ۱-۲: عناصر پایه‌ای فناوری نانو ۱۶
شکل ۱-۳: وابستگی دما به رنگ اشیاء (کثیری‌ها و رضائی، ۱۳۸۹) ۱۹
شکل ۱-٤: تصویر هوازدگی در چوب گرد و چهارگوش (ویلیام، ۲۰۰۵) ۲۲
شکل ۱-۵: واکنش‌های (a) Norrish I و (b) Norrish II(استارک و ماتونا، ۲۰۰٤) ۲٦
شکل ۱-٦: استرهای ۱) اکریلیک اسید ۲) متااکریلیک اسید (گولدشمیت و استریتبجر، ۲۰۰۳) ۳۵
شکل ۱-۷: اورتان (۳) به وسیله واکنش ایزوسیانات‌ها (۱) و الکل (۲) تشکیل می‌شود (گولدشمیت و استریتبجر، ۲۰۰۳) ۳۷
شکل ۱-۸: تبدیل انرژی تابشی توسط توتومری یک نوع از جذب کننده‌های نوری، ۲- هیدروکسی بنزوفنون (ویکز و همکاران، ۱۹۹۹) ٤۳
شکل ۱-۹: سطح عملکرد و شروع تقریبی بازار از بنزوفنون‌ها (۱)، بنزوتریازول (۲) و هیدروکسی فنیل تریازین‌ها (۳) مشتقات (ویکز و همکاران، ۱۹۹۹، دب روی، ۲۰۰٦) ٤٤
شکل ۱-۱۰: ترکیب ۲- هیدروکسی- ٤ (۲ ،۳- اپوکسی پرپوکسی) بنزوفنون و واکنش با چوب ٤٦
شکل ۱-۱۱: ساختار شیمیایی از ۲-۲-٦-٦- تترا متیل پیپریدین (ویکز و همکاران، ۱۹۹۹) ٤٦
شکل ۱-۱۲: واکنش برای تشکیل ۲-هیدروکسی-٤ (۳-متاکریلوکسی-۲- هیدروکسی- پروپکسی) بنزوفنون (HMHBP) ٤۸
شکل ۱-۱۳: تصویر شماتیک آزمون چسبندگی به روش cross cut ۵٤
شکل ۱-۱٤: نمای شماتیک مراحل انجام آزمون pull off. الف وج) تمیزسازی سطحی، ب) دالی، د) چسب زدن دالی، م و ی) دستگاه ازمون چسبندگی ۵۵
شکل ۱-۱۵: فضای رنگی CIE-lab (بیکچراینی و همکاران، ۲۰۰۵) ۵٦
شکل ۱-۱٦: محور *L در سیستم CIE-Lab ۵۷
شکل ۱-۱۷: محور *a در سیستم CIE-Lab ۵۷
شکل ۱-۱۸: محور *b در سیستم CIE-Lab ۵۷
شکل ۳-۱: تصویر شماتیک نمونه‌های آزمونی ۸۷

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۲: کلوئید نانو اکسید مس ۸۷
شکل ۳-۳: نمونه‌های آزمونی در دستگاه متعادل‌سازی رطوبت ۸۸
شکل ۳-٤: دستگاه سلول پر ۸۹
شکل ۳-۵: دستگاه لایه‌کش TQC مدل ۰۸۱- VF ۲۱٤۷ ..... ۹۱
شکل ۳-٦: دستگاه آزمون چسبندگی پوشش (پول‌آف) ۹۲
شکل ۳-۷: نمونه‌های آزمون هوازدگی در محیط بیرون ۹۲
شکل ۳-۸: دستگاه رنگ‌سنجی ۹۳
شکل ٤-۱: چسبندگی پوشش‌ها بر روی چوب صنوبر تیمارشده و تیمارنشده قبل از هوازدگی طبیعی ۹۷
شکل ٤-۲: تصویر آزمون چسبندگی (جداشدگی دالی از سطح) قبل از هوازدگی طبیعی ۹۸
شکل ٤-۳: چسبندگی پوشش‌ها بر روی چوب صنوبر تیمارشده و نشده بعد از ۱۸۰ روز هوازدگی طبیعی .. ۱۰۲
شکل ٤-٤: مقایسه میزان چسبندگی پوشش‌ها بر روی چوب صنوبر تیمارشده و تیمارنشده قبل و بعد از هوازدگی طبیعی ۱۰٤
شکل ٤-۵: پوشش آکریلیک شفاف بعد از ۱۸۰ روز هوازدگی طبیعی ۱۰٦
شکل ٤-٦: تصویر آزمون چسبندگی (جداشدگی دالی از سطح) بعد از هوازدگی طبیعی ۱۰۷
شکل ٤-۷: تاثیر افزایش ماندگاری نانو اکسید مس بر روی تغییرات رنگ پوشش‌ها بعد از ۱۸۰ روز هوازدگی طبیعی ۱۱۱
شکل ٤-۸: نمودار روشنایی (L*) پوشش پلی‌اورتان مات اعمال شده بر روی نمونه‌های تیمارشده و تیمارنشده در طول مدت هوازدگی ۱۱۷
شکل ٤-۹: نمودار روشنایی (L*) پوشش آلکیدی مات اعمال شده بر روی نمونه‌های تیمارشده و تیمارنشده در طول مدت هوازدگی ۱۱۷
شکل ٤-۱۰: نمودار روشنایی (L*) پوشش آکریلیک شفاف اعمال شده بر روی نمونه‌های تیمارشده و تیمارنشده در طول مدت هوازدگی ۱۱۸
شکل ٤-۱۱: نمودار روشنایی (L*) پوشش رزین نیمه‌شفاف اعمال شده بر روی نمونه‌های تیمارشده و تیمارنشده در طول مدت هوازدگی ۱۱۹

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

تاریخ استفاده از چوب در محیط بیرونی به چندین میلیون سال پیش بر می‌گردد. تقریبا ۲۵۰۰ سال قبل از میلاد مسیح قایق‌های کوچک توسط مصری‌ها برای حمل و نقل استفاده می‌شدند (حاجز[1]، ۱۹۷۰). همچنین رومی‌ها و یونانی‌ها از چوب به‌عنوان ستون در زیرسازی ساختمان‌ها استفاده می‌کردند. در این زمان، سعی برای افزایش دوام چوب در کاربردهای بیرونی صورت گرفته شد؛ طبق نظر ریچاردسون[2] (۱۹۹۳) در زمان اسکندر برای جلوگیری از پوسیدگی سازه‌های چوبی آنها را با روغن زیتون حفاظت می‌کردند.

دلایل استفاده از چوب در گذشته احتمالاً مشابه با کاربردهای امروزی شامل کاربردهای محلی به‌عنوان یک ماده خام، کم هزینه، با ویژگی‌های ذاتی مناسب و سهولت فرآوری بوده است. بنابراین خصوصیات ذکر شده باعث شده که چوب به‌عنوان یک ماده مرغوب برای استفاده‌های متعددی نظیر ساختمان‌سازی، پنجرها، وسایل باغبانی، قایق و کشتی و... باشد (جانز[3]، ۲۰۰٤). به‌علاوه، چوب به‌واسطه ظاهر زیبا مورد توجه معماران و طراحان زیادی قرار گرفته است. این تمایل به ویژه در بازار برای استفاده در نمای خارجی ساختمان مشهود است که به خاطر قابلیت ظاهر وزین، با شیشه و فولاد برابری می‌کند بدین جهت استفاده از آن رو به گسترش است (فرسایف[4]، ۲۰۰۷). افزایش سهم بازار برای کاربردهای بیرونی چوب، هم راستا با افزایش تقاضا برای استفاده از مواد قابل تجدید شونده از قبیل چوب است. اما ایجاد ظاهر نامطبوع در روی سطوح آن در اثر هوازدگی در طولانی مدت استفاده از چوب و محصولات آن‌را در کاربردهای بیرونی محدود می‌کند (فیست و هون[5]، ۱۹۸٤؛ بیکنن و هانی[6]، ۱۹۹٤)؛ بنابراین افزایش دوام و دوستدار محیط بودن آن امری ضروری است. این واقعیت به خوبی شناخته شده که چوب یک ماده زیست تجزیه پذیر است و خصوصا زمانی که در شرایط محیطی واقع گردد نیاز به تیمار شیمیایی برای توسعه عمر مفید دارد (اُسیفیکی و اُزپک[7]، ۲۰۰۸؛ آرنولد[8] و همکاران، ۱۹۹۲).

1- Hodges
2- Richardson
3- Jones
4- Forsythe
5- Feist and Hon
6- Buchanan and Honey
7- Ozcifci and Ozpak
8- Arnold

تیمارهای چوب از قبیل، اصلاح چوب و یا تیمار با مواد حفاظتی برپایه مس (CCA[1]، ACQ[4]، CA[3] و...) توسط روش‌های متعدد می‌تواند خصوصیات چوب زیرلایه را بهبود دهد. مواد حفاظتی محلول در آب، عمدتاً مس می‌باشند که از قرن ۱۸ برای حفاظت چوب مورد استفاده قرار گرفته است (فریمن و مکلنتایر[4]، ۲۰۰۸). قابل قبول است که این مواد سبب بهبود عملکرد پوشش در برابر نور UV[5] خورشید می‌گردد (یالینکینک[6] و همکاران، ۱۹۹۹؛ نژاد و کوپر[7]، ۲۰۱۱)، اما در صورتی که در درجه نخست نقش خیلی مهم و اصلی مواد حفاظتی بر پایه مس افزایش مقاومت و حفاظت چوب‌آلات در برابر عوامل بیولوژیک می‌باشد و معمولاً آن‌ها را در برابر سایر عوامل مخرب (قارچ‌ها، هوازدگی و ...) با یک مکانیسم سمی محافظت می‌کنند. این در حالی است که توجه به بحث پوشش‌دهی و ایجاد کارایی موثرترشان در جایگاه‌های بعدی واقع می‌گردد که می‌توان روی چوب‌آلات تیمارشده را با پوشش‌های متنوع محافظت نمود؛ این موضوع اشاره به این دارد که سطح چوب به‌واسطه پوشش‌هایی که در آینده اهمیت قابل ملاحظه‌ای خواهند یافت، حفاظت شود (جانز، ۲۰۰٤). پوشش‌های روی چوب به‌صورت مات، نیمه‌شفاف، و یا شفاف می‌باشند (فیست و مرض[8]، ۱۹۸۰). پوشش‌های مات در مقابل تخریب چوب در اثر نور UV موثرترند، زیرا از رسیدن نور به سطح به‌واسطه درصد رنگدانه بالاتر جلوگیری می‌کند (اسچالر و روگر[9]، ۲۰۰۷؛ آلن[10] و همکاران، ۲۰۰۲). در بین این سه نوع پوشش، عمدتاً پوشش‌های شفاف برای اینکه ظاهر طبیعی چوب را حفظ می‌کنند به‌طور قابل ملاحظه‌ای مورد استفاده و تقاضا است (سل و فیست[11]، ۱۹۸٦؛ جرج[12] و همکاران، ۲۰۰۵)، هر چند که این پوشش‌ها و به‌ویژه پوشش‌های شفاف بکار برده شده برای حفاظت چوب‌های مورد استفاده در بیرون زود دچار تخریب می‌شوند و پیشنهاد نمی‌شوند (یالینکینک و همکاران، ۱۹۹۹؛

1- Chromated Copper Arsenate
4- Alkaline copper quaternary
3- Copper azole
6- Freeman & Mclntyre
5- Ultraviolet
6- Yalinking
7- Nejad and Cooper
8- Feist and Mraz
9- Schaller and Roger
10- Allen
11- Sell and Fiste
12- Gorge

برناد[1] و همکاران، ۲۰۰۸)، مگر اینکه پایداری این پوشش‌ها به وسیله استفاده از جذب کننده‌های UV (آلی و معدنی) که تخریب نوری چوب را کاهش می‌دهد، افزایش داده شود (آزجنک[2] و همکاران، ۲۰۱۲؛ کریستا[3] و همکاران، ۲۰۱۱).

به طورکلی برای افزایش کیفیت نهایی پوشش‌ها از لحاظ میزان چسبندگی، سه مکانیسم اصلی شیمیایی، مکانیکی، و الکترواستاتیک وجود دارد (ریجکارت[4] و همکاران، ۲۰۰۱؛ میجر و میلیتز[5]، ۲۰۰۰؛ جیک و زیوانویک[6]، ۱۹۷۷). در این میان خصوصیات چسبندگی پوشش روی این سطوح چوب تیمارشده نیز ممکن است توسط پارامترهای مختلفی نظیر شرایط استفاده و کاربرد، نوع رنگ بکار برده روی سطح و.... تحت تاثیر قرار گیرد (آتار و کولاکوگلا[7]، ۲۰۰۹). غلظت ماده حفاظتی بر روی چسبندگی پوشش نیز ممکن است تاثیر گذار باشد. همچنین عوامل موثری دیگر شامل خصوصیات چوب، میزان خلل و فرج، ساختار شیمیایی، واکنش بین چوب و رنگ (اُزدمیر و هیزرگلو[8]، ۲۰۰۷) کیفیت سطح زیر لایه، غلظت رنگ (توکر[9] و همکاران، ۲۰۱۲) و عامل مهم‌تری چون درصد رطوبت چوب در حین پوشش‌دهی (سونمز[10]و همکاران، ۲۰۱۱) می‌باشد که در این امر دخیل‌اند. همچنین از نظر آناتومی می‌توان اشاره کرد که در چوب پایان به علت تخلخل کمتر ساختار نسبت به چوب بهاره، نفوذپذیری کمتری صورت می‌گیرد که در مقاومت به اتصال (چسبندگی) پوشش تاثیر گذار است (اُزدمیر و هیزرگلو، ۲۰۰۷). تغییر رنگ پوشش در اثر نور خورشید و سایر عوامل محیطی، یکی از موارد دیگری است که در بحث پایداری پوشش‌های روی سطح چوب مطرح است. گزارشات منتشر شده حاکی از این است که پایداری مقاومت به هوازدگی چوب‌ها توسط تیمار با مواد غیر آلی (معدنی) نظیر مواد برپایه مس افزایش می‌یابد (ژنگ[11] و همکاران، ۲۰۰۹؛ گریلر[12] و همکاران، ۲۰۰۰؛ چهره، ۱۳۹۱). بنابراین چوب‌های تیمارشده با برخی از مواد حفاظتی می‌توانند یک

1- Bernard
2- Ozgenc
3- Cristea
4- Rijckaert
5- Meiger and Militz
6- Jaic and Zivanovic
7- Atar and colakogla
8- Ozdemir and Hiziroglu
9- Toker
10- Sonmez
11- Zhang
12- Grelier

زیرلایه مناسب برای پوشش‌ها ایجاد کنند (کوتاما[1]، ۱۹۹۲؛ باردیج و بجورمن[2]، ۱۹۹۸)، به‌طوری که اثبات شده است پوشش‌های سطحی روی بعضی از چوب‌های اشباع‌شده قادر به افزایش پایداری رنگ سطح چوب در مقابل با هوازدگی هستند (هیومر[3] و همکاران، ۲۰۱۱).

CCA یکی از مواد حفاظتی بر پایه مس می‌باشد که در سال‌های قبل از ۲۰۰۳ میلادی به مقدار قابل توجهی در حفاظت چوب در برابر عوامل مخرب زنده استفاده می‌شد ولی به دلیل اثرات خطرناک زیست محیطی و سمیت برای انسان، استفاده از آن در سال ۲۰۰۳ محدود و در سال ۲۰۰۷ ممنوع گردید. دیگر مواد برپایه مس گرچه به نسبت CCA مشکل‌زا نیستند ولی مس موجود در آنها حتی در غلظت‌های خیلی کم هم برای موجودات زنده به ویژه آبزیان سمیت ایجاد می‌کند. به‌طوری که بیشتر از ۱۵ میلی‌گرم از آن را هم برای انسان خطرناک گزارش داده‌اند (کوپر و نژاد، ۲۰۱۰). از این رو مشکل آب‌شویی شدن مس در این مواد حفاظتی باعث شد که محققین با تغییر در اندازه ذرات مس به فکر راه حل‌های برای کاهش یا جلوگیری از آب‌شویی باشند. تحقیقات نشان داده است که با تغییر در اندازه ذرات مس (۱۶۰nm) در فرمول‌بندی MCQ[4] آب‌شویی مس کاهش یافت (استوانویک و کوپر[5]، ۲۰۰٤؛ تمیز و ایوان[6]، ۲۰۰٤). اخیراً در چندین مطالعه اثر استفاده از نانو ذرات در بهبود مقاومت‌های چوب در برابر عوامل محیطی و مخرب مورد ارزیابی قرار گرفته است (ساهین و مانتانیس[7]، ۲۰۱۱؛ کلاسون[8] و همکاران ۲۰۱۰؛ کارتال[9] و همکاران، ۲۰۰۹؛ ساها[10] و همکاران، ۲۰۱۱؛ کلاسون و همکاران، ۲۰۱۱). نانو اکسید مس از جمله نانو ذرات فلزی است که پتانسیل خوبی در حفاظت چوب‌ها در مقابل قارچ‌های عامل پوسیدگی سفید و بعضی از قارچ‌های مولد پوسیدگی قهوه‌ای (چهره، ۱۳۹۱؛ کارتال و همکاران، ۲۰۰۹)، هوازدگی (چهره، ۱۳۹۱)، همچنین مقاومت به پوسیدگی فرآوردهای (چوب پلاستیک) آن (پورعبدالله، ۱۳۹۱) و نیز تحمل در برابر آب‌شویی، موریانه و کپک (نسبتاً مناسب) از خود نشان داده است (کارتال و همکاران، ۲۰۰۹).

1- Kotama
2- Bardage and Bjurman
3- Humar
4- Micronized copper quat
5- Stefanovic and cooper
6- Temiz and Evans
7- Sahin and Mantanis
8- Clausen
9- Kartal
10- Saha