دانشکده مهندسی چوب و کاغذ

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد (.M.Sc) در رشته حفاظت و اصلاح چوب

عنوان:

اثر نانو اکسید روی بر خواص چوب پلیمر

پژوهش و نگارش:

سیروس حبیب‌زاده

استاد راهنما :

اصغر امیدوار

اساتید مشاور:

محمدرضا ماستری فراهانی

مهدی مشکور

شهریور ۱۳۹۲

تعهد نامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های 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 موارد ذیل متعهد می‌شوند:

1) قبل از چاپ پایان نامه (رساله) خود، مراتب را قبلا به صورت کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع داده و کسب اجازه نمایند.

۲) در انتشار نتایج پایان نامه (رساله) در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشافات و سایر موارد ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.

۳) انتشار نتایج پایان نامه (رساله) باید با کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب **سیروس حبیب زاده** دانشجوی رشته **حفاظت و اصلاح چوب** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

سیروس حبیب زاده

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

تقدیر و شکر

سپاس بی‌کران یگانه خالقم که مرا به رفیع‌ترین روشنایی‌ها هدایت کرد و مرا به نور همیشه فروزان دانش، روشن ساخت. پس از در بندگی خاضعانه ستایشش می‌کنم و در ادامه راه، معرفت نفس خویش را از او طلب دارم.

سپاس ویژه خود را تقدیم می‌کنم به خانواده ارجمندم به ویژه پدر و مادرم به واسطه تشویق‌ها و حمایت‌های بی‌پایان‌شان که مرا در وادی دانش‌اندوزی پرورش دادند و اول بار با آیین علم‌آموزی آشنا نمودند. از خداوند مهر پیشه سربلندی‌شان را طلب می‌کنم.

در مسیری که برگزیدم همسفرانی راهبرم بودند که حضورشان همچون ستارگانی پر نور، فروزنده راهم بود و از این رو بر خود واجب می‌دانم مراتب بی‌پایان سپاس و تقدیر را نثارشان کنم. بیش از همه از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر امیدوار که هدایت‌ها و رهنمودهای ارزنده‌شان چراغی شد فرا رویم که تا پایان راه روشنگر لحظه‌هایم خواهد بود و اگر نبود این هدایت‌ها و رهنمودها، بی‌شک طی این راه، بس مشکل و چه بسا ناممکن می‌شد. صبر، سعه صدر و نیک‌اندیشی ایشان درس‌هایی است که هرگز از یاد نخواهم برد.

تقدیر و سپاس نثار اساتید مشاورم جناب آقایان دکتر ماستری فراهانی و مشکور که مصاحبت و مشورت با آن‌ها را مایه فخر خویش می‌دانم و شاگردی در مکتب‌شان افتخاری است که به آن می‌بالم.

از داور و نماینده تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکتر طبرسا که مدیریت جلسه را تقبل نمودند سپاسگزارم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه و کلیات

۱-مقدمه ۲

۱-۱ اهداف ۳

۱-۲ فرضیه‌ها ۳

۱-۲ کلیات ۳

۱-۲-۱- تعریف چوب- پلیمر ۳

۱-۲-۱-۱- انواع چوب- پلیمر ٤

۱) چوب- پلیمر حفره‌ای ٤

۲) چوب- پلیمر دیواره‌ای ٥

۳) چوب- پلیمر ترکیبی ٥

۱-۲-۲- ویژگی‌های گونه چوبی و مونومر مورد استفاده در این تحقیق ٥

۱-۲-۲-۱- معرفی و ویژگی‌های صنوبر دلتوئیدس ٦

۱-۲-۲-۱-۱- ساختمان چوب صنوبر ٦

۱-۲-۲-۱-۱-۱- مشخصات ماکروسکوپی ٦

۱-۲-۲-۱-۱-۲- مشخصات میکروسکوپی ٦

۱-۲-۲-۱-۲- خواص فیزیکی و مکانیکی ۷

۱-۲-۲-۱-۳- خواص عمومی چوب صنوبر ۷

۱-۲-۲-۱-٤- موارد مصرف ۷

۱-۲-۲-۱-٥- ضرورت بررسی و شناخت صنوبر ۷

۱-۲-۲-۱- وضعیت کنونی صنوبر در ایران ۸

۱-۲-۲-۲- مونومر مورد استفاده در این تحقیق ۹

۱-۲-۲-۲- ۱- استایرین ۹

۱-۲-۳- عوامل محیطی و بیولوژیکی موثر بر روی چوب ۹

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱-۲-۳-۱- پوسیدگی چوب	۹
۱-۲-۳-۱-۱- شرایط مورد نیاز برای رشد قارچ	۱۰
۱-۲-۳-۱-۱- ۱- مواد غذایی	۱۰
۱-۲-۳-۱-۱-۲- هوا	۱۰
۱-۲-۳-۱-۱-۳- مقدار رطوبت چوب	۱۱
۱-۲-۳-۱-۱- ٤- درجه حرارت	۱۱
۱-۲-۳-۱-۱- ٥- PH مورد نیاز قارچ‌ها	۱۱
۱-۲-۳-۱-۱-٦- نور	۱۲
۱-۲-۳-۱-۲- قارچ‌های عامل پوسیدگی چوب	۱۲
۱-۲-۳-۱-۲-۱- قارچ‌های عامل پوسیدگی قهوه‌ای	۱۲
۱-۲-۳-۱-۲-۱-۱- قارچ پوسیدگی قهوه‌ای مورد استفاده در این تحقیق (*C. puteana*)	۱٤
۱-۲-۳-۱-۲-۲- قارچ‌های عامل پوسیدگی سفید	۱٥
۱-۲-۳-۱-۲-۲-۱- پوسیدگی انتخابی	۱٥
۱-۲-۳-۱-۲-۲-۲- پوسیدگی غیرانتخابی	۱٦
۱-۲-۳-۱-۲-۲-۳- قارچ پوسیدگی سفید مورد استفاده در این تحقیق (*T. versicolor*)	۱۷
۲-۳-۱-۲-۳- قارچ‌های عامل پوسیدگی نرم	۱۸
۱-۲-۳-۲- پدیده هوازدگی	۱۸
۱-۲-۳-۲-۱- تفاوت پدیده هوازدگی با تغیر رنگ در محیط های داخلی	۱۹
۱-۲-۳-۲-۲- تفاوت بین پوسیدگی و پدیده هوازدگی	۱۹
۱-۲-۳-۲-۳- طیف UV و واکنش با پیوندهای شیمیایی	۲۰
۱-۲-۳-۲-٤- تغییرات شیمیایی	۲۲
۱-۲-۳-۲-٤-۱- شکل‌گیری رادیکال آزاد	۲۲
۱-۲-۳-۲-٤-۲- هیدروپروکسیدها	۲٤
۱-۲-۳-۲-٤-۳- محصولات واکنش و آنالیز شیمیایی آن‌ها	۲٤

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

۱-۲-۳-۲-٤-٤- عمق تخریب ۲٤
۱-۲-۳-۲-٤-٥- تخریب لایه بین سلولی، دیواره سلولی و منافذ بین سلولی ۲٥
۱-۲-۳-۲-٤-٦- ترک‌ها و برجستگی بافت چوب ۲٦
۱-۲-۳-۲-٤-۷- تغییر رنگ چوب و اندازه‌گیری رنگ با استفاده از تکنیک‌های نوری ۲٦
۱-۲-٤- روش‌های مورد استفاده برای کاهش تاثیر پوسیدگی و هوازدگی روی خواص چوب ۲۹
۱-۲-٤-۱- نانو فناوری ۲۹
۱-۲-٤-۲- روش‌های تولید نانوذرات ۳۰
۱-۲-٤-۲-۱- روش بالا به پایین ۳۰
۱-۲-٤-۲-۲- روش پایین به بالا ۳۱
۱-۲-٤-۳- دسته بندی نانو مواد ۳۱
۱-۲-٤-۳-۱- نانو پوشش‌ها ۳۱
۱-۲-٤-۳-۲- نانو خوشه‌ها ۳۲
۱-۲-٤-۳-۳- نانو لوله‌ها ۳۲
۱-۲-٤-۳-٤- نانو ذرات ۳۳
۱-۲-٤-٤- نانو اکسید روی ۳٥
۱-۲-٤-٤- ۱- تاثیر نانو اکسید روی بر مقاومت به هوازدگی ۳٥
۱-۲-٤-٤- ۲- فعالیت ضدمیکروبی نانو اکسید روی ۳٦
۱-۲-٤-٥- اصلاح سطحی نانو ذرات ۳۷
فصل دوم: سابقه تحقیق ۳۸
۲- سابقه تحقیق ۳۹
فصل سوم: مواد و روش‌ها ٥۸
۳-۱ مواد و روشها ٥۹
۳-۱-۱- تهیه نمونه‌ها ٥۹
۳-۲ ماده حفاظتی ٥۹
۳-۲-۱- اصلاح سطحی نانو اکسید روی و تهیه سوسپانسیون از آن ٥۹
۳-۲-۱-۱- اصلاح سطحی نانو اکسید روی ٥۹

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۲-۱-۲- تهیه سوسپانسیون	۵۹
۳-۳ اشباع نمونه‌ها با نانو اکسید روی	٦۰
۳-۳-۱ معرفی تیمارها	٦۱
۳-٤ آزمون هوازدگی مصنوعی	٦۲
۳-٤-۱- اندازه‌گیری تغییر رنگ	٦۳
۳-٦ آزمون پوسیدگی و اندازه کاهش وزن	٦۳
۳-٦-۱- کشت قارچ	٦۳
۳-٦-۱- ۱- محیط خاک	٦٤
۳-٦-۱- ۲- نوارهای چوبی جهت تغذیه قارچ	٦٤
۳-٦-۱- ۳- انتقال قارچ به محیط خاک	٦٤
۳-٦-۱- ٤- انتقال نمونه‌های حفاظت شده	٦٥
۳-٦-۲- اندازه‌گیری کاهش وزن پس از پوسیدگی	٦٥
۳-۷ اندازه‌گیری خواص فیزیکی	٦٥
۳-۷-۱- جذب آب و واکشیدگی ضخامت	٦٥
۳-۸ اندازه‌گیری خواص مکانیکی	٦٦
۳-۸-۱- مقاومت به خمش استاتیک	٦٦
۳-۸-۲ مقاومت به کشش در راستای الیاف	٦۷
۳-۸-۳- آزمون تعیین مقاومت فشاری موازی الیاف	٦۸
۳-۹ محاسبات آماری	٦۸
٤-۱ نتایج تغییر رنگ در اثر زمان‌های مختلف	٦۹
٤-۲ پوسیدگی	۷۳
٤-۲-۱- کاهش وزن نمونه‌ها در اثر پوسیدگی سفید (*T. versicolor*)	۷۳
٤-۲-۲- کاهش وزن نمونه‌ها در اثر پوسیدگی قهوه ای (*C. puteana*)	۷٤
٤-۳ خواص فیزیکی	۷٦
٤-۳-۱- جذب آب و واکشیدگی ضخامت	۷٦

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
٤-٤ خواص مکانیکی	٧٧
٤-٤-١- مقاومت خمشی	٧٧
٤-٤-٢- مدول الاستیسیته در خمش	٧٩
٤-٤-٣- مقاومت کششی موازی الیاف	٨٠
٤-٤-٤- مقاومت فشار موازی الیاف	٨٢
٤-٥ نتیجه‌گیری کلی	٨٤
٤-٦ پیشنهادات	٨٥

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱- ۱ مکانیسم کلی تخریب (ویلیام، ۲۰۰۵) ۲۳

شکل ۱- ۲ ریزنگار مقطع عرضی کاج جنوبی قبل(الف) و بعد (ب) از هوازدگی (ویلیام، ۲۰۰۵) ۲۶

شکل ۱- ۳ فرسایش پس از ده سال؛ الف) سدر قرمز غربی ، ب) داگلاس فیر ، ج) نراد، د) توسکا (ویلیام و همکاران، ۲۰۰۱b) ۲۷

شکل ۱-٤ گروه‌های رنگ ساز در ساختار لیگنین، الف و ب، (بیتریک و همکاران، ۲۰۰۵) ۲۸

شکل۱- ۵ فضای رنگی CIE-Lab (بیکچراینی و همکاران، ۲۰۰۵) ۲۹

شکل۱-٦ نانو پوشش ۳۲

شکل ۱-۷ تصویر شماتیکی از یک نانو خوشه ۳۳

شکل ۱-۸ نمایی از نانو لوله‌های کربنی تک‌دیواره و چنددیواره ۳۳

شکل۱-۹ نانو ذره با اندازه ذرات۵۰ نانومتر ۳۵

شکل ۳-۱ دستگاه هوازدگی مصنوعی ٦۳

شکل٤-۱ مقادیر تغییر رنگ برای نمونه‌های مختلف آزمایش پس از هوازدگی ۷۱

شکل ٤-۲ تصویر نمونه‌های هوازده نشده و هوازده شده ۷۲

شکل ٤-۳ درصد کاهش وزن نمونه‌های تهیه شده پس از پوسیدگی سفید قهوه‌ای ۷٤

شکل ٤-٤ درصد کاهش وزن نمونه‌های تهیه شده پس از پوسیدگی ۷۵

شکل ٤-۵ تاثیر افزایش زمان غوطه‌وری بر جذب آب نمونه‌های مختلف آزمایش ۷۷

شکل٤-٦ تاثیر افزایش زمان غوطه‌وری بر واکشیدگی حجمی نمونه‌های مختلف آزمایش ۷۷

شکل٤-۷ مقادیر مقاومت خمشی برای نمونه‌های مختلف آزمایش ۷۸

شکل٤-۸ مقادیر مدول الاستیسیته برای نمونه‌های مختلف آزمایش ۸۰

شکل٤-۹ مقادیر مقاومت کششی موازی الیاف برای نمونه‌های مختلف آزمایش ۸۱

شکل٤- ۱۰ مقادیر مقاومت فشار موازی الیاف برای برای نمونه‌های مختلف آزمایش ۸۳

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱ مقدمه

چوب به‌عنوان ماده‌ای مهندسی دارای ویژگی‌های ممتازی نسبت به سایر مواد مهندسی مانند فولاد، آهن و غیره است که کاربردهای ویژه‌ای را برای آن رقم می‌زنند. علی‌رغم آن، چوب و فراوردهای حاصل از آن دارای معایب فنی مهمی می‌باشد که در بسیاری از مواد کاربردشان را محدود می‌کنند، مانند تخریب آن توسط اشعه ماورای بنفش، قارچ‌ها، قابلیت اشتعال و غیره.

با توجه به رشد شتابان جمعیت جهان و به‌تبع آن افزایش تقاضا برای مصرف چوب از یک سو، و محدودیت منابع جنگلی از سوی دیگر، لزوم استفاده بهینه از این ماده پربها را بیشتر کرده است (محبی، ۱۳۸۲). از زمان‌های دور راه‌کارهای مختلفی برای بهره‌وری بیشتر چوب‌آلات پیشنهاد شده است، که از آن جمله می‌توان به بهره‌وری از روش‌های خشک‌کردن و استفاده از مواد حفاظتی اشاره نمود. به‌هرحال در سال‌های اخیر کاربرد قارچ‌کش و حشره‌کش به دلیل مسائل زیست‌محیطی با محدودیت مواجه شده است و محققین به دنبال جایگزینی مواد حفاظتی بی‌خطر برای محیط‌زیست و مناسب برای افزایش دوام چوب‌آلات می‌باشد. با پیشرفت علم پلیمر، محققین با گروه جدیدی از مواد شیمیایی برای اصلاح چوب آشنا شدند و نتیجه فعالیت آن‌ها منجر به معرفی فرآورده‌ی جدیدی تحت عنوان چوب-پلیمر (wpc) گردید که نیاز صنایع را تا حد زیادی به لحاظ استفاده بهینه از چوب مرتفع ساخت (امیدوار، ۱۳۸۲). فرآورده مرکب چوب‌پلیمر توسط اشباع چوب با مواد مونومری انجام می‌شود. این مواد مونومری در داخل حفرات و دیواره چوب، پلیمر شده و سپس منعقد و سخت می‌گردد، بدین ترتیب محصول نهایی یعنی چوب‌پلیمر تولید می‌شود (حسین‌زاده، ۱۳۷۱). وقتی این چند سازه در محیط بیرونی و در معرض عوامل طبیعی (مانند هوا، آب و نور) و آلودگی‌های ایجاد شده به دست بشر (مانند گازهای سمی O_3 و SO_2، باران‌های اسیدی و....) قرار می‌گیرد، یک سری تغییرات پیچیده فیزیکی و شیمیایی در آن اتفاق می‌افتد که به آن فرایند هوازدگی می‌گویند و همچنین یکسری عوامل مخرب (قارچ‌ها، باکتری و موریانه) به آن‌ها حمله کرده و باعث تخریب چوب می‌شوند. این فرآیند مخرب اغلب باعث تغییر رنگ و تخریب فیزیکی در سطح چوب شده و شکاف و ترک‌هایی در سطح چوب پدیدار می‌شود. اخیراً در کشورهای پیشرفته، اصلاح چوب جهت حفاظت آن در برابر هوازدگی به مسئله‌ی مهمی تبدیل شده و مطالعات و بررسی‌های زیادی در این زمینه انجام شده است.

همانطور که ذکر شد در زمینه افزایش مقاومت به هوازدگی و پوسیدگی چوب کارهای زیادی تاکنون انجام شده و از مواد مختلفی نیز استفاده شده است اما در سال‌های اخیر از مواد جدیدی مانند نانو

موادها در اصلاح چوب استفاده شده است. از جمله از این نانو موادها، نانو اکسید روی می‌باشد که در مقالات محدودی به عنوان ماده حفاظت‌کننده در برابر قارچ‌ها و در مواردی نیز به عنوان جذب و تجزیه کننده نور معرفی شده است. با توجه به ضرورت‌های یاد شده، در این تحقیق اثر تیمار با نانو ذرات اکسید روی، بر روی مقاومت به پوسیدگی قارچی، هوازدگی و خواص مکانیکی چند سازه چوب پلیمر مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱-۱-۱ سوالات تحقیق

۱) آیا چوب‌پلیمرتیمار شده با نانو اکسید روی تغییر رنگ ناشی از هوازدگی را کاهش می‌دهد؟

۲) آیا چوب‌پلیمر تیمار شده با نانو اکسید روی سبب افزایش مقاومت به پوسیدگی می‌شود؟

۳) آیا چوب پلیمر تیمار شده با نانو اکسید روی سبب افزایش مقاومت‌های مکانیکی می‌شود؟

۱-۱-۲ فرضیه‌ها

۱) اشباع چوب‌پلیمر با نانو اکسید روی، تغییر رنگ ناشی از هوازدگی را کاهش می‌یابد.

۲) اشباع چوب‌پلیمر با نانو اکسید روی، مقاومت به پوسیدگی بهبود می‌یابد.

۳) اشباع چوب‌پلیمر با نانو اکسید روی، مقاومت‌های مکانیکی بهبود می‌یابد.

۱-۱-۳ اهداف

٤) بررسی اثر نانو اکسید روی بر تغییر رنگ نمونه‌های چوب‌پلیمر در اثر هوازدگی مصنوعی

۵) بررسی اثر نانو اکسید روی بر مقاومت به پوسیدگی چوب‌پلیمر

٦) بررسی اثر نانو اکسید روی بر مقاومت‌های مکانیکی و فیزیکی چوب‌پلیمر

۱-۲ کلیات

۱-۲-۱- تعریف چوب- پلیمر

چوب-پلیمر چوب اصلاح شده‌ای است که در آن، ابتدا چوب با مونومری تیمار(اشباع) می‌شود، سپس طی فرایندی مونومر تبدیل به پلیمر می‌گردد. در نتیجه فرآورده حاصل چوبی خواهد بود که حفره‌های سلولی و بین‌سلولی آن توسط پلیمر اشغال شده است. چوب- پلیمر در مقایسه با چوب

تیمار نشده دارای خواص فیزیکی و مکانیکی بهبود یافته‌ای می‌باشد که از این رو در صنایع کاربرد ویژه‌ای پیدا کرده است. فهرست مونومرها و پیش پلیمرهایی که در ساخت چوب- پلیمر مورد استفاده قرار می‌گیرند در جدول ۱-۱ مشخص شده است (امیدوار، ۱۳۸۵).

جدول ۱-۱ انواع منومرها و پیش پلیمرهای مورد استفاده برای ساخت چوب- پلیمر (امیدوار، ۱۳۸۸)

مونومرها و پیش پلیمرها	ویژگی ها
مونومرهای ونیلی و شبیه آن (متیل متااکریلات، استایرن، پلی استر- استایرن)	معمولا شفاف هستند و می‌توان به آنها پیوند دهندهای عرضی و رنگ اضافه کرد. غالباً به داخل دیواره نفوذ نمی‌کنند. بنابراین چوب پلیمر حاصله از نوع حفره‌ای می‌باشند. بوی استایرن تا مدتی در چوب- پلیمر می‌ماند و به سختی می‌توان آن را برطرف کرد.
پلیمرهای قابل حل در آب و الکل(فنل، اوره و ملامین فرماآلدئید)	برای روکش‌ها استفاده می‌شوند تا تولید Impreg و Compreg نمایند. رزین‌های فنول روشن تا قهوه ای تیره می‌باشند. رزینن‌های ملامین و اوره رنگ روشن دارند و می‌توانند رنگ شوند.
رزین‌های اپوکسی با ویسکوزیته پایین	فرمول بندی آن به دلیل قطبی بودن به داخل دیواره نفوذ می‌کند و موجب پایداری ابعاد می شود.
مونومرهای قطبی(الکل فورفوریل)	در داخل دیواره نفوذ می‌کند و موجب واکشیدگی می‌گردد و باعث افزایش مقاومت در مقابل مواد شیمیایی و پایداری ابعاد در آب می‌شود.
مونومرهای وینیلی اصلاح شده	توسط گروه‌های قطبی اصلاح شده‌اند تا به داخل دیواره نفوذ کنند و موجب واکشیدگی گردند، و یا با قارچ ها و مواد ضد آتش مخلوط شده‌اند.
ایزوسیانات‌ها (پلی‌اورتان‌ها)	واکنش‌دهنده با چوب است و می‌توان با اضافه کردن مواد حفاظتی آن را اصلاح نمود.

۱-۲-۱-۱- انواع چوب- پلیمر

در چوب پلیمر، پلیمر بیشتر به داخل حفره‌های سلولی و روزنه‌های بین‌سلولی می‌رود و ممکن است به مقدار کمی هم در داخل دیواره نفوذ نماید. بسته به قرار گرفتن پلیمر درحفره‌های سلولی یا روزنه‌های داخل دیواره و یا هر دو، انواع چوب- پلیمر به شرح زیر است:

۱) چوب- پلیمر حفره‌ای[۱]

۱- Cell-Lumen WPC

اگر مونومری که وارد چوب می‌شود فقط به داخل حفره‌های سلولی نفوذ نماید و وارد روزنه‌های دیواره سلولی نشود، به چندسازه حاصل چوب- پلیمر حفره‌ای می‌گویند. اکثر مونومرهای معروف وینیلی همچون استایرن و متیل متااکریلات در این گروه قرار می‌گیرند (امیدوار۱۳۸۸). مونومرهای وینیلی عمدتاً حفره‌ها را اشغال می‌کنند و وارد دیواره سلولی نمی‌شوند و یا به مقدار کمی در دیواره نفوذ می‌کنند. از آنجا که حفره‌های سلولی مهم‌ترین گذرگاه‌های موجود در چوب به حساب می‌آیند، بنابراین اشغال آنها توسط پلیمر موجب کندشدن روند جذب رطوبت به ویژه در جهت طولی چوب می‌شود. این عقیده وجود دارد که حضور پلیمر در داخل حفره‌ها باعث کاهش واکشیدگی چوب- پلیمر می‌شود و به پایداری ابعاد کمک می‌کند.

۲) چوب- پلیمر دیواره‌ای[۱]

اگر مونومر یا پیش پلیمری، به خاطر طبیعت قطبی بودنشان یا وزن مولکولی پایینشان بتوانند به داخل دیواره سلولی نفوذ کنند و روزنه‌های ریز آن را اشغال نمایند، در این صورت چندسازه‌ی به دست آمده را چوب-پلیمر دیواره‌ای می‌گویند. طبیعی است که این نوع چوب- پلیمرها از پایداری ابعاد بیشتری برخوردارند. وجود پلیمر در داخل روزنه‌های دیواره سلولی موجب می‌شود که چوب در حالت آماس کرده باقی بماند و دیگر همکشیده نشود. همچنین چون در این حالت روزنه‌ها دیگر ظرفیتی برای جذب آب ندارند بنابراین واکشیده نخواهند شد.

۳) چوب- پلیمر ترکیبی

اگر تیمارهای دیواره‌ای را با حفره‌ای تلفیق کرد و چوب-پلیمر حاصل ترکیبی خواهد بود که خواص هر دو نوع چوب-پلیمر را داراست. مونومرهایی که اساساً وارد دیواره نمی‌شوند و موجب واکشیدگی چوب نمی‌گردند، می‌توانند توسط حلال‌های نفوذکننده به دیواره رقیق شوند و برای تیمار چوب مورد استفاده قرار گیرند .حلال‌ها در خلال عمل پخت تبخیر می‌شوند و از چوب خارج می-شوند و پلیمر را به جای می‌گذارند. تیمار چوب- پلیمر حفره‌ای توسط مونومرهای قابل نفوذ در دیواره می‌تواند منجر به چوب- پلیمر ترکیبی شود. اختلاط مونومرهای حفره‌ای با دیواره‌ای، همچنین اضافه نمودن سازگار کننده‌های سیلانی به مونومرهای غیرواکشیده کننده و تیمار چوب- پلیمر حفره-

۲- Cell-Wall WPC

ای با آن به عنوان چوب- پلیمر ترکیبی می‌تواند موجب پایداری بیشتر ابعاد چوب گردد (امیدوار، ۱۳۸۸).

۱-۲-۲- ویژگی‌های گونه چوبی و مونومر مورد استفاده در این تحقیق

۱-۲-۲-۱- معرفی و ویژگی‌های صنوبر دلتوئیدس

گونه صنوبر ازخانواده Salicacea، از راسته بیدها (Salicales)، از زیر رده Dillenidae و رده Magnoloitsida و شاخه Salix است که دارای دو جنس بید (Salix) با حدود ۳۰۰ گونه و صنوبر (Populus) با ٤٠ گونه می‌باشد. جنس صنوبر به معنی درخت عمومی و Populus به منعنی لرزان و لرزیده نامیده می‌شود (حسین‌زاده و طغرائی، ۱۳۷۸).

۱-۲-۲-۱-۱- ساختمان چوب صنوبر

۱-۲-۲-۱-۱-۱- مشخصات ماکروسکوپی

چوب گونه‌ها و پایه‌های مختلف صنوبر به سختی از هم تمیز داده می‌شوند و در واقع همه آن‌ها دارای خواص مشترکی هستند. چوب صنوبر بسیار همگن، راست‌تار، دانه‌ریز و بسیار سبک است. حالت چوب کمی درخشنده و لکه‌های مغزی در آن دیده می‌شود. در مقطع عرضی، حدود دوایر سالیانه به علت پارانشیم پایانی تقریباً مشخص است. اثر آوندها و اشعه‌چوبی در هیچ یک از برش‌ها با چشم معمولی دیده نمی‌شود و متن چوب کاملاً یکنواخت است.

۱-۲-۲-۱-۱-۲- مشخصات میکروسکوپی

در مقطع عرضی این چوب، آوندها در دوایر سالیانه تقریباً قطر یکسانی دارند. معمولاً مجزا و گاهی در جهت شعاعی ردیف شده‌اند. پارانشیم پایانی به صورت نوار باریکی در حدود دوایر دیده می‌شود. بافت پارانشیم به صورت پراکنده نیز دیده می‌شود و اشعه‌چوبی ظریف و یک ردیفه است. در برش شعاعی عناصر، دریچه ساده دارند و اشعه‌چوبی آن همگن و کوتاه می‌باشد. در محل تلاقی اشعه‌چوبی و آوندها، منافذ بیضی شکل خیلی فراخ دیده می‌شود. منافذ روی دیواره آوندی، چند ضلعی و از نوع هاله‌دار است (دوست حسینی و پارساپژوه، ۱۳۷٦).

تمام آوندها دارای دریچه منفرد ساده، پونکتواسیون آوندی بزرگ گرد تا بیضی و گاهی گوشه‌دار هستند. قطر پونکتواسیون از ۸ تا ۱۲ میکرومتر، با آرایش متناوب با تعداد کم می‌باشد. بافت فیبری منحصراً از فیبر تراکئید با دیواره نازک تشکیل شده است که اغلب آن‌ها ژلاتینی شده‌اند.

۱-۲-۲-۱-۲- خواص فیزیکی و مکانیکی

چوب صنوبر سبک و وزن آن بین ۰/۳۵ تا ۰/۵۵ تغییر می‌یابد. همکشیدگی این چوب متوسط ولی با توجه به سبکی آن تا حدودی زیاد است. چوب صنوبر نسبت به وزن مخصوص سبکش بسیار محکم و با استقامت است. به خصوص پایداری آن در برابر شکاف‌خوری زیاد و در حالت مرطوب ضریب تردی آن مشابه چوب بلوط است (دوست حسینی و پارساپژوه، ۱۳۷٦).

۱-۲-۲-۱-۳- خواص عمومی چوب صنوبر

صنوبر در گروه پهن‌برگان پراکنده‌آوند می‌باشد. چوب صنوبر سبک بوده و با داشتن جرم ویژه کمتر از ۰/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب در گروه پهن‌برگان خیلی سبک طبقه‌بندی می‌شود و الیاف آن کم و بیش طویل می‌باشند. از نظر درجه سختی نیز در گروه چوب‌های خیلی نرم قرار می‌گیرند. از نظر تحمل در برابر نیروها (کیفیت مکانیکی) در حد متوسط است. چوب فاقد بو و طعم بوده و دارای رنگ روشن، چوب‌برون کم رنگ و چوب‌درون قهوه‌ای رنگ متمایل به خاکستری است. آوندها کوچک و فراوان که با عدسی (۱۰X) غیر قابل رویت هستند.

۱-۲-۲-۱-٤- موارد مصرف

چوب صنوبر مصارف عدیده‌ای دارد به‌طوریکه که چوب‌های گرد آن برای تهیه خمیر کاغذ و کارتن بسیار مناسب و طول الیاف آن به ۱۳۰۰ میکرون می‌رسد. همچنین صنوبر تا سن ۲۰ سالگی تنه-های خوب قابل بهره‌برداری می‌دهد و در زراعت چوب می‌توان از این گونه استفاده کرد. در مصارفی همچون تهیه تخته چند لایه و روکش استفاده فراوانی دارد و در حالت تازه و بدون نیاز به پخت گرده‌بینه‌ها قابل تبدیل هستند که از نظر اقتصادی بسیار با صرفه می‌باشد. چوب‌های تبدیل شده صنوبر برای کلیه مصارف و کاربردهای داخلی ساختمان و به خصوص به علت سبکی و در عین حال استقامت در برابر نیروها برای داربست‌های سبک قابل توصیه نیست، مگر آنکه با روش‌های حفاظتی

دوام طبیعی آن را افزایش داد. همچنین از این چوب به علت راست‌تاری، رنگ سفید، بی‌طعم و بی‌بو و ارزان قیمت بودن می‌توان در مصارف بسته‌بندی، تهبه خلال دندان و کبریت‌سازی استفاده کرد.

۱-۲-۲-۱-۵- ضرورت بررسی و شناخت صنوبر

صنوبر از درختان سریع‌الرشدی هستند که در زمان نسبتاً کوتاهی (۱۰ سال) به ابعاد مناسب جهت بهره‌برداری می‌رسند. صنوبرها بیش از ۸۰ درصد درختکاری غیرجنگلی را تشکیل می‌دهند. در نتیجه بزرگترین بخش تولید چوب نیز متعلق به این گونه می‌باشد. صنوبرکاری در ایران به جز گیلان و مازندران در سایر مناطق از طریق آبیاری کشت می‌شوند. این درختان با فواصل کم در کنار یکدیگر می‌کارند و در ۱۰ تا ۲۰ سالگی به سن بهره‌برداری می‌رسند. در این هنگام قطر برابر سینه آن‌ها ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر است. رشد حجمی این گونه به انواع آن، شرایط آب و هوایی، خاک و نیز میزان آبیاری بستگی دارد. مقدار آب مورد نیاز برای کشت صنوبرها بیش از درختان میوه است. اما در مناطقی که آب فراوان است (مناطق ساحلی دریای خزر) شرایط آب و هوایی برای کشت گونه‌های محلی صنوبر نامناسب است. در بهترین شرایط درخت صنوبر می‌تواند سالانه ٤٠ متر مکعب در هر هکتار رشد کند ولی بالعکس این رشد در شرایط نامطلوب می‌تواند سالانه به ۱۰ متر مکعب در هر هکتار تقلیل یابد. بنابراین زراعت چوب با کشت صنوبر یک راه اساسی است که در کوتاه مدت می‌تواند بحران ناشی از کمبود چوب را سامان بدهد (حسین زاده و ظغرائی، ۱۳۷٦).

صنوبر در مقایسه با سایر گونه‌های سریع‌الرشد دارای ویژگی‌های منحصر به فردی هستند که می‌توان برخی از آن‌ها را چنین ذکر کرد:

۱- کوتاه بودن مدت بهره‌برداری در مقایسه با زمان بهره‌برداری درختان جنگلی.
۲- صنوبرها تطابق اکولوژیکی کم‌نظیری دارند و می‌توان آن‌ها را در اغلب اقلیم‌ها کاشت.
۳- امکان دو رگه‌گیری (Hibridation) و ترکیب خواص ممتاز صنوبر زیاد است و می‌توان به این وسیله اصلاحات زیادی بر روی آن ایجاد کرد.
٤- صنوبرها درختانی اجتماعی هستند و کاشت آن‌ها در کنار هم امکان‌پذیر است و از برخی گونه-ها و واریته‌های آن می‌توان قلمستان‌های خالص و انبوه تولید کرد.
۵- صنوبر به عملیات جنگلداری پاسخ مناسب می‌دهد.

۱-۲-۲-۱- وضعیت کنونی صنوبر در ایران

در مجموع نواحی زیر کشت صنوبر از شمال به جنوب و از شرق به غرب در حال حاضر ۱۵۰۰۰۰ هکتار می‌باشد. صنوبر به طور سنتی در ایران کشت می‌شود و درختان صنوبر عمدتاً در کنار رودخانه-ها، اطراف مزارع غلات و باغ‌ها به‌عنوان بادشکن دیده می‌شوند. میانگین رشد صنوبر در حدود ۱۵-۱۰ متر مکعب در هکتار در سال است و تولید سالانه چوب صنوبر در ایران حدود ۲/۵-۲ میلیون متر مکعب می‌باشد (رسام و دوست حسینی، ۱۳۸۱).

۱-۲-۲-۲- مونومر مورد استفاده در این تحقیق

۱-۲-۲-۲- ۱- استایرین

استایرین (اتیل بنزن، فنیل اتیلن، وینیل بنزن) مونومری است که با آلکیلاسیون بنزن و تبدیل آن به اتیل بنزن و سپس با دهیدروژناسیون اتیل بنزن تولید می‌شود. این مونومر با ساختار شیمیایی $C_6H_5CH=CH_2$ ترکیبی آروماتیک است که دارای یک زنجیر وینیلی متصل به حلقه‌ی بنزنی می‌باشد. پلیمریزاسیون استایرین به راحتی از سمت زنجیر وینیلی انجام می‌گیرد. این فرایند در تولید پلی استایرین (PS) و سایر پلیمرها مانند اکریلونیتریل – بوتا دی ان – استایرین(ABS) و همچنین رزین‌های پلی‌استر غیر اشباع و طیف وسیعی از مواد مصنوعی کاربرد دارد. استایرین مایعی شفاف، بی رنگ و بودار می‌باشد. این مونومر به مقدار کمی در آب قابل حل است ولی در اتر، اتانول و استون محلول است و به مقدار زیادی در بنزن حل می‌شود. در دمای معمولی به آرامی به پلیمر تبدیل می‌شود. هر چند دما بالاتر رود یا اینکه در معرض نور و یا مجاورت پراکسیدها قرار گیرد، سرعت پلیمریزاسیون بیشتر می‌شود. از تماس مس یا آلیاژهای این فلز با استایرین باید به شدت جلوگیری شود، چون مس با مونومر ترکیب می‌شود و باعث کاهش کیفیت آن و جلوگیری از پلیمریزاسیون می‌گردد. به همین دلیل شرکت‌های تولید کننده همواره نسبت به این نکته اتفاق نظر دارند که شبکه‌های فولاد کربن دار بهترین وسیله برای نگهداری این ماده‌ی شیمیایی است. اما مرتب باید این شبکه‌ها را کاملا تمیز نمود و از زنگ‌زدگی آنها جلوگیری کرد، زیرا مواد بازدارنده با ذرات زنگ زده در حضور مقادیر اندکی رطوبت واکنش نشان داده و سبب پیدایش رنگ زرد و یا سبز مایل به زرد در مونومر می‌گردد.

۱-۲-۳- عوامل محیطی و بیولوژیکی موثر بر روی چوب

۱-۲-۳-۱- پوسیدگی چوب

چوب به‌عنوان یک ماده طبیعی توسط عوامل بیولوژیک مختلفی مانند: قارچ‌های عامل پوسیدگی، کپک‌ها، حشرات، موریانه و ... تخریب می‌شود. قارچ‌ها نمی‌توانند غذای خود را تولید کنند و برای ادامه زندگی از طریق تجزیه گیاهان و جانوران دیگر مواد غذایی مورد نیاز خود را تهیه می‌کنند. تخریب چوب به وسیله قارچ‌های عامل پوسیدگی چوب، جزئی از اکوسیستم طبیعی جنگل است که شرایط مناسب برای رشد درختان نورسته و جوان را فراهم می‌کند. در این فرایند، ترکیباتی مانند سلولز، که محصول فعالیت درخت هستند و از طریق عمل فتوسنتز ساخته شده است تجزیه می‌شود و به شکل‌های مختلف به خاک و هوا بر می‌گردند. عدم وجود این فرایند، پرشدن جنگل‌ها از درختان پیر و فرسوده را درپی دارد که امکان رشد برای درختان جوان غیر ممکن می‌شود. اما این عوامل مفید برای چرخه زندگی در جنگل‌ها، بر روی محصولات ساخته شده از چوب که مورد استفاده انسان‌ها قرار گرفته نیز تاثیر گذاشته و خسارات زیادی را به بار می‌آورند. عوامل مختلفی از جمله: عوامل فیزیکی و شیمیایی مانند ماده مغذی، آب، هوا، دما، pH[۱] و نور بر روی فعالیت قارچ‌ها تاثیر می‌گذارند.

۱-۲-۳-۱-۱- شرایط مورد نیاز برای رشد قارچ

۱-۲-۳-۱-۱- ۱- مواد غذایی

ساختمان بدن قارچ از ۹۰ درصد آب و ۱۰ درصد ماده خشک تشکیل شده است. قارچ‌های پوسیده کننده چوب، از کربن موجود در ترکیبات چوبی مانند سلولز، همی‌سلولز و لیگنین به عنوان غذا استفاده می‌کنند. این قارچ‌ها همچنین هیدروژن مورد نیاز خود را برای تولید انرژی از ترکیبات آلی چوب تهیه می‌کنند. وجود مواد غذایی محلول در چوب، آن را مستعد تخریب به وسیله قارچ‌های عامل پوسیدگی نرم و باکتری‌ها در هنگام قرار گرفتن در تماس با سطح زمین می‌کند (اشمیت، ۲۰۰۶).

[۱] - power hydrogen