

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرجان

دانشکده جنگلداری و فناوری چوب

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc.)
در رشته فرآورده‌های چندسازه چوب

اثر تیمار شیمیایی با رزین فنل و اوره فرمالدئید بر پسماند فشرده‌گی و خواص مکانیکی چوب پالونیا

پژوهش و نگارش:

مژگان سکالو

استاد راهنما:

دکتر ابوالقاسم خزاعیان

اساتید مشاور:

دکتر تقی طبرسا

دکتر محمدرضا ماستری‌فراهانی

تابستان ۱۳۸۹

تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه (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، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به موارد ذیل متعهد می‌شوند:

۱) قبل از چاپ پایان‌نامه (رساله) خود، مراتب را قبلاً بطور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع داده و کسب اجازه نمایند.

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

۳) انتشار نتایج پایان‌نامه (رساله) باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب **مژگان سکالو** دانشجوی رشته **فرآورده‌های چندسازه چوب** مقطع **کارشناسی‌ارشد** تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

تقدیم به

پدر و مادر مهربانم

که همواره چشم به موفقیت من دوخته اند

و

خواهر و برادران عزیزم

که همواره چشم به موفقیت آنها دوخته ام

شکر و قدردانی

سپاس از یاور همیشه یارم، یاور همیشه یادم، مهربانی که هر چه داریم از اوست و سپاس از سرورانی که یاری ایشان نیاز را هم برده است. از یاری و بزرگواری استاد ابراهیم، جناب آقای دکتر ابوالقاسم خزاعیان که علم و دانش خود را بی هیچ چشم داشتی بر من ارزانی داشتند، بزرگواری که در پناه یاری ایشان سخت‌ترین محظبات این راه، شیرین‌ترین خاطراتم شد. با سپاس از همراهی اساتید مشاورم، جناب آقای دکتر تقی طبرسا و دکتر محمد رضا ماستری فراوانی که در طی این تحقیق و تمامی مراحل تحصیل بار ابراهیمی‌های ارزشمندشان به‌راستیم کردند و نهایتاً ساکلامم.

با شکر از داوران محترم جناب آقای دکتر مدبوشی و جناب آقای دکتر قاسمیان و نماینده محترم تحصیلات تکلیفی جناب آقای دکتر آزادفر که با حضورشان بر کار من ارزش ننهادند. با شکر و قدردانی از اساتید محترم گروه صنایع چوب و کاغذ که ساگردی ایشان برایم افتخاری است که انبیا، با سپاس از تلاش و بهنگری مسئولین و کارکنان محترم آزمایشگاه صنایع چوب و کاغذ جناب آقای زاهدی، رضایی‌نژاد، سرکار خانم نیک اختر و حسین خانی، آقای ملک و مقدس زاده که از هیچ گلی دریغ نوزیدند، سخاوتمندی و بزرگواری ایشان منق است ابدی.

فرصتی است مقننم تا از محبت و دگر می‌های تمامی دوستانی که در این مدت به‌یاد من بوده‌اند، خانم باحیبه و تقی زاده، احمدی، مرادپور، فلاح نیا و آقایان مهندس محمود کیا، ربین و ناشی و کلیه دوستانی که در طول دوره تحصیلی کارشناسی ارشد افتخار آشنایی با ایشان را داشته‌ام شکر و قدردانی نمایم. از خداوند منان سربلندی و بهروزی ایشان را در تمام مراحل زندگی خواستارم.

در نهایت به‌سپاس تعبیر عظیم و انسانی‌شان از کلمه: ایثار و از خودگذشتگی‌شان، به‌سپاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان که در این سردترین روزگار ان به‌ترین پشتیبان است، به‌سپاس قلب‌های بزرگشان که فریادس است و سرگردانی و ترس در پناه‌شان به‌شجاعت می‌گرید و به‌سپاس محبت‌های بی‌دریغشان که هرگز فروکش نمی‌کند. دست‌پدر و مادرم رامی بوسم و از خداوند ساکلامم که از روی کرم‌پدر و مادری فداکار نصیص ساخته‌ماد. سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش کنم.

چکیده

کمبرود مواد اولیه چوب و تقاضای روزافزون این ماده، صنعت چوب را با مشکلاتی مواجه کرده است و سبب گرایش این صنعت به استفاده از گونه‌های تند رشد مانند پالونیا گردیده است. کاشت درختان سریع‌الرشد راه‌حل مناسبی است اما از طرفی این گونه با داشتن دانسیته کم، از مقاومت‌های کمی برخوردار است. در این تحقیق اصلاح شیمیایی چوب پالونیا (*Paulownia fortunei*) و فشرده‌سازی آن به‌منظور بهبود ویژگی فیزیکی پسماند فشردگی در دو محیط آب و هوا و برخی ویژگی‌های مکانیکی صورت گرفت و تأثیر فاکتورهای نوع رزین، جهت و درصد فشردگی و دما و زمان پرس مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور گرده‌بینه‌های پالونیا از جنگل شصت‌کلاته تهیه گردیدند و به بلوک‌های چوبی $20 \times 20 \times 60$ میلی‌متری تبدیل شدند. دو نوع رزین فنل و اوره‌فرمالدئید، جهت فشردگی در دو سطح شعاعی و مماسی، درصد فشردگی در سه سطح ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد، زمان پرس ۸ و ۱۲ دقیقه و دمای پرس ۱۷۰ و ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد اعمال شد. در نهایت دانسیته نمونه‌ها پس از فشرده‌سازی و پسماند فشردگی نمونه‌ها پس از یک هفته در هوا و ۲۴ ساعت در آب مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین ویژگی‌های مکانیکی مانند مقاومت به ضربه، مقاومت خمشی و فشار موازی الیاف نیز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که تیمار شیمیایی سبب افزایش پسماند فشردگی در پالونیا می‌شود. در هوای آزاد بیشترین درصد پسماند فشردگی مربوط به نمونه‌های اشباع شده با اوره‌فرمالدئید (۳۵/۱۲٪) در جهت شعاعی و درصد فشردگی ۵۰ و زمان ۱۲ دقیقه بوده است. در صورتی‌که در محیط مرطوب مثل آب نمونه‌های حاوی فنل (۲۸/۶۸٪) در جهت شعاعی و درصد فشردگی ۵۰ و دمای پرس ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۱۲ دقیقه بیشترین پسماند فشردگی را داشتند. دانسیته نمونه‌های تیمار شده در مقایسه با شاهد (فشرده شده بدون رزین) اختلاف معنی‌داری داشتند و در نمونه‌های اشباع شده با اوره ($0/511 \text{ g/cm}^3$) در مقایسه با فنل ($0/468 \text{ g/cm}^3$) و شاهد ($0/414 \text{ g/cm}^3$) افزایش داشته است. همچنین تیمار شیمیایی، مقاومت‌های مکانیکی به‌جز مقاومت به ضربه را بهبود بخشید. مقاومت به ضربه نمونه‌های شاهد نسبت به نمونه‌های تیمار شده با اوره و فنل بیشتر بوده است. بیشترین مقدار مدول گسیختگی، مدول الاستیسیته و مقاومت به فشار موازی الیاف در نمونه‌های اشباع شده با فنل‌فرمالدئید در جهت شعاعی با درصد فشردگی ۵۰ حاصل شده است.

واژه‌های کلیدی: پالونیا (*Paulownia fortunei*)، پسماند فشردگی، فنل‌فرمالدئید، اوره‌فرمالدئید،

مدول گسیختگی، مدول الاستیسیته

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول - مقدمه و کلیات

۲	۱-۱- مقدمه
۴	۲-۱- خواستگاه گونه مورد مطالعه
۵	۱-۲-۱- مشخصات
۶	۲-۲-۱- ویژگی های درخت پالونیا
۶	۳-۲-۱- شرایط رویش پالونیا
۷	۴-۲-۱- ویژگی های ماکروسکوپی پالونیا
۸	۵-۲-۱- ساختمان میکروسکوپی
۹	۶-۲-۱- خصوصیات شیمیایی
۱۰	۷-۲-۱- ویژگی های مورفولوژی
۱۰	۸-۲-۱- مزایا و موارد مصرف پالونیا
۱۱	۳-۱- مشخصات رزین های مورد مورد مطالعه
۱۱	۱-۳-۱- رزین اوره فرمالدئید
۱۱	۲-۳-۱- رزین فنل فرمالدئید
۱۳	۴-۱- افزایش دانسیته
۱۳	۱-۴-۱- روش مکانیکی
۱۳	۲-۴-۱- روش شیمیایی
۱۴	۳-۴-۱- کاربردهای چوب فشرده شده
۱۵	۴-۴-۱- مشکلات فشرده سازی
۱۵	۱-۴-۴-۱- برگشت ضخامت پس از برداشتن فشار پرس
۱۵	۲-۴-۴-۱- تخریب ساختار چوب فشرده شده
۱۶	۳-۴-۴-۱- برگشت ضخامت در شرایط مرطوب
۱۶	۵-۱- فرضیه های تحقیق
۱۶	۶-۱- اهداف تحقیق

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل دوم- بررسی منابع

- ۱-۲- بررسی منابع ۱۸
- ۱-۱-۲- سابقه تحقیق در ایران ۱۸
- ۲-۱-۲- سابقه تحقیق در خارج از کشور ۲۰

فصل سوم- مواد و روش‌ها

- ۱-۳- مواد و روش‌ها ۳۰
- ۱-۱-۳- تیمارها ۳۰
- ۲-۱-۳- مشخصات رزین فنل و اوره‌فرمالدئید ۳۰
- ۳-۱-۳- تهیه نمونه ۳۰
- ۴-۱-۳- تعیین درصد رطوبت نمونه‌ها ۳۴
- ۵-۱-۳- مشروط‌سازی نمونه‌ها ۳۴
- ۶-۱-۳- اشباع نمونه‌ها ۳۴
- ۷-۱-۳- خشک کردن نمونه‌ها ۳۶
- ۸-۱-۳- فشرده‌سازی چوب‌ها ۳۶
- ۹-۱-۳- مرحله شرایط‌دهی پس از پرس ۳۷
- ۱۰-۱-۳- آزمون‌های مکانیکی ۳۸
- ۱-۱۰-۱-۳- آزمون تعیین مدول گسیختگی ۳۸
- ۲-۱۰-۱-۳- آزمون تعیین مدول الاستیسیته خمشی ۳۹
- ۳-۱۰-۱-۳- آزمون تعیین مقاومت فشاری موازی الیاف ۴۰
- ۴-۱۰-۱-۳- آزمون تعیین مقاومت به ضربه ۴۱
- ۵-۱۰-۱-۳- آزمون تعیین رطوبت و دانسیته نمونه‌های آزمون ۴۲
- ۱۱-۱-۳- مطالعات میکروسکوپی ۴۲
- ۱-۱۱-۱-۳- مطالعه با استریو میکروسکوپ مجهز به دوربین دیجیتال ۴۲
- ۱۲-۱-۳- طرح آماری ۴۳

فصل چهارم- نتایج و بحث

۴۶	۱-۴- نتایج و بحث
۴۶	۱-۱-۴- بررسی خواص فیزیکی نمونه‌های تیمار شده
۴۶	۱-۱-۱-۴- اثر عوامل متغیر بر فشردگی نهائی (پسماند) پالونیا در هوا
۴۷	۱-۱-۱-۱-۴- بررسی اثرات مستقل بر فشردگی نهائی (پسماند) پالونیا
۵۸	۲-۱-۱-۱-۴- بررسی اثرات متقابل بر فشردگی نهائی (پسماند) پالونیا در هوا
۶۴	۲-۱-۱-۴- اثر عوامل متغیر بر فشردگی نهائی (پسماند) پالونیا در آب
۶۵	۱-۲-۱-۱-۴- بررسی اثرات مستقل بر فشردگی نهائی (پسماند) پالونیا در آب
۶۹	۲-۲-۱-۱-۴- بررسی اثرات متقابل بر فشردگی نهائی (پسماند) پالونیا در آب
۷۴	۳-۱-۱-۴- اثر عوامل متغیر بر دانسیته نمونه‌های تیمار شده پالونیا
۷۵	۱-۳-۱-۱-۴- بررسی اثرات مستقل بر دانسیته پالونیا
۷۸	۲-۱-۴- بررسی خواص مکانیکی نمونه‌های تیمار شده
۷۸	۱-۲-۱-۴- اثر متغیرها بر مقاومت به ضربه
۷۸	۱-۱-۲-۱-۴- بررسی اثرات مستقل بر مقاومت به ضربه پالونیا
۸۲	۲-۱-۲-۱-۴- بررسی اثرات متقابل بر مقاومت به ضربه پالونیا
۸۴	۲-۲-۱-۴- اثر متغیرها بر مدول گسیختگی
۸۴	۱-۲-۲-۱-۴- بررسی اثرات مستقل بر مدول گسیختگی پالونیا
۸۸	۲-۱-۲-۱-۴- بررسی اثرات متقابل بر مدول گسیختگی پالونیا
۹۱	۳-۲-۱-۴- اثر متغیرها بر مدول الاستیسیته خمشی
۹۱	۱-۳-۲-۱-۴- بررسی اثرات مستقل بر مدول الاستیسیته خمشی پالونیا
۹۴	۴-۲-۱-۴- اثر متغیرها بر مقاومت به فشار موازی الیاف
۹۵	۱-۴-۲-۱-۴- بررسی اثرات مستقل بر مقاومت به فشار موازی الیاف پالونیا

فصل پنجم- نتیجه گیری و پیشنهادات

۱۰۲	۱-۵- نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۰۲	۱-۱-۵- نتیجه گیری
۱۰۳	۲-۱-۵- پیشنهادات
۱۰۵	منابع

فهرست جداول

صفحه

عنوان

جدول ۱-۱- در صد مواد شیمیایی	۹
جدول ۱-۳- ویژگی رزین اوره و فنل فرمالدئید.....	۳۰
جدول ۲-۳- تیمارهای پسماند فشرده گی	۳۱
جدول ۳-۳- تیمارهای آزمون‌های مکانیکی	۳۳
جدول ۱-۴- نتایج تجزیه واریانس متغیرها در پالونیای فشرده شده در هوا.....	۴۶
جدول ۲-۴- گروه‌بندی دانکن برای پسماند فشرده گی در هوا.....	۴۸
جدول ۳-۴- گروه‌بندی دانکن برای پسماند فشرده گی در هوا.....	۴۹
جدول ۴-۴- نتایج تجزیه واریانس متغیرها در پالونیای فشرده شده در آب.....	۶۴
جدول ۵-۴- گروه‌بندی دانکن برای پسماند فشرده گی در آب.....	۶۵
جدول ۶-۴- گروه‌بندی دانکن برای پسماند فشرده گی در آب.....	۶۷
جدول ۷-۴- نتایج تجزیه واریانس متغیرها بر دانسیته پالونیای فشرده شده.....	۷۴
جدول ۸-۴- گروه‌بندی دانکن برای دانسیته	۷۵
جدول ۹-۴- گروه‌بندی دانکن برای دانسیته	۷۶
جدول ۱۰-۴- نتایج تجزیه واریانس متغیرها بر مقاومت به ضربه.....	۷۹
جدول ۱۱-۴- گروه‌بندی دانکن برای مقاومت به ضربه.....	۸۰
جدول ۱۲-۴- گروه‌بندی دانکن برای مقاومت به ضربه.....	۸۱
جدول ۱۳-۴- نتایج تجزیه واریانس متغیرها بر مدول گسیختگی.....	۸۴
جدول ۱۴-۴- گروه‌بندی دانکن برای مدول گسیختگی.....	۸۵
جدول ۱۵-۴- گروه‌بندی دانکن برای مدول گسیختگی.....	۸۷
جدول ۱۶-۴- نتایج تجزیه واریانس متغیرها بر مدول الاستیسیته خمشی.....	۹۱
جدول ۱۷-۴- گروه‌بندی دانکن برای مدول الاستیسیته خمشی.....	۹۲
جدول ۱۸-۴- گروه‌بندی دانکن برای مدول الاستیسیته خمشی.....	۹۴
جدول ۱۹-۴- نتایج تجزیه واریانس متغیرها بر مقاومت به فشار موازی الیاف.....	۹۵
جدول ۲۰-۴- گروه‌بندی دانکن برای مقاومت به فشار موازی الیاف.....	۹۶
جدول ۲۱-۴- گروه‌بندی دانکن برای مقاومت به فشار موازی الیاف.....	۹۹

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- نهال پالونیا	۵
شکل ۲-۱- مقطع عرضی پالونیا با بزرگنمایی ۲۰	۹
شکل ۱-۳- دستگاه سیلندر اشباع	۳۵
شکل ۲-۳- عکس از دستگاه پرس <i>OTT</i>	۳۷
شکل ۳-۳- سیکل فشرده‌سازی	۳۷
شکل ۴-۳- دستگاه اندازه‌گیری مقاومت خمش	۳۹
شکل ۵-۳- دستگاه اندازه‌گیری مقاومت فشار موازی الیاف	۴۰
شکل ۶-۳- دستگاه اندازه‌گیری مقاومت به ضربه	۴۱
شکل ۷-۳- دستگاه اندازه‌گیری مقاومت به ضربه	۴۲
شکل ۸-۳- دستگاه استریو میکروسکوپ	۴۲
شکل ۱-۴- اثر مستقل رزین، جهت و درصد فشردگی، زمان و دمای پرس بر فشردگی نهائی چوب پالونیا	۴۷
شکل ۲-۴- میانگین درصد پسماند فشردگی در نمونه‌های تیمار شده با رزین و شاهد	۴۸
شکل ۳-۴- میانگین درصد پسماند فشردگی در نمونه‌های تیمار شده و شاهد در جهات شعاعی و مماسی	۴۹
شکل ۴-۴- میانگین درصد پسماند فشردگی در نمونه‌های تیمار شده و شاهد در فشردگی‌های ۳۰٪، ۴۰٪ و ۵۰٪	۵۰
شکل ۵-۴- فشردگی مماسی تا ۳۰ درصد ضخامت اولیه	۵۰
شکل ۶-۴- فشردگی مماسی تا ۴۰ درصد ضخامت اولیه	۵۱
شکل ۷-۴- فشردگی مماسی تا ۵۰ درصد ضخامت اولیه	۵۲
شکل ۸-۴- فشردگی شعاعی تا ۳۰ درصد ضخامت اولیه	۵۳
شکل ۹-۴- فشردگی شعاعی تا ۴۰ درصد ضخامت اولیه	۵۴
شکل ۱۰-۴- فشردگی شعاعی تا ۵۰ درصد ضخامت اولیه	۵۵
شکل ۱۱-۴- اثر متقابل رزین و جهت فشردگی بر پسماند فشردگی (فشردگی نهائی)	۵۸
شکل ۱۲-۴- اثر متقابل نوع رزین و درصد فشردگی بر پسماند فشردگی (فشردگی نهائی)	۵۹
شکل ۱۳-۴- اثر متقابل رزین و زمان پرس بر پسماند فشردگی (فشردگی نهائی)	۶۰
شکل ۱۴-۴- اثر متقابل جهت و درصد فشردگی بر پسماند فشردگی (فشردگی نهائی)	۶۰

فهرست اشکال

صفحه

عنوان

- شکل ۴-۱۵- اثر متقابل جهت فشردگی و زمان پرس بر پسماند فشردگی (فشردگی نهائی)..... ۶۱
- شکل ۴-۱۶- اثر متقابل درصد فشردگی و زمان پرس بر پسماند فشردگی (فشردگی نهائی)..... ۶۲
- شکل ۴-۱۷- اثر متقابل درصد فشردگی و دمای پرس بر پسماند فشردگی (فشردگی نهائی)..... ۶۲
- شکل ۴-۱۸- نمودار اثرات مستقل متغیرها بر روی پسماند فشردگی پالونیا..... ۶۵
- شکل ۴-۱۹- میانگین درصد پسماند فشردگی در نمونه‌های تیمار شده و شاهد..... ۶۶
- شکل ۴-۲۰- میانگین درصد پسماند فشردگی در نمونه‌های تیمار شده و شاهد در دو جهت فشردگی..... ۶۶
- شکل ۴-۲۱- میانگین درصد پسماند فشردگی در نمونه‌های تیمار شده و شاهد در سه درصد فشردگی..... ۶۷
- شکل ۴-۲۲- میانگین درصد پسماند فشردگی در نمونه‌های تیمار شده و شاهد در دو زمان پرس..... ۶۸
- شکل ۴-۲۳- میانگین درصد پسماند فشردگی در نمونه‌های تیمار شده با فنل و شاهد در دو دمای پرس..... ۶۸
- شکل ۴-۲۴- اثر متقابل رزین و جهت فشردگی بر پسماند فشردگی نمونه‌ها در آب..... ۶۹
- شکل ۴-۲۵- اثر متقابل رزین و درصد فشردگی بر پسماند فشردگی نمونه‌های حاوی اوره‌فرمالدئید..... ۷۰
- شکل ۴-۲۶- اثر متقابل رزین و زمان پرس بر پسماند فشردگی نمونه‌ها..... ۷۱
- شکل ۴-۲۷- اثر متقابل رزین و دمای پرس بر پسماند فشردگی نمونه‌ها..... ۷۲
- شکل ۴-۲۸- اثر متقابل درصد فشردگی و دمای پرس بر پسماند فشردگی نمونه‌ها..... ۷۲
- شکل ۴-۲۹- اثر متقابل دما و زمان پرس بر پسماند فشردگی نمونه‌ها..... ۷۳
- شکل ۴-۳۰- نمودار اثرات مستقل رزین و درصد فشردگی بر دانسیته..... ۷۵
- شکل ۴-۳۱- میانگین دانسیته در نمونه‌های تیمار شده با رزین و شاهد..... ۷۶
- شکل ۴-۳۲- میانگین دانسیته در نمونه‌های تیمار شده و شاهد در فشردگی‌های ۳۰٪، ۴۰٪ و ۵۰٪..... ۷۷
- شکل ۴-۳۳- نمونه فشرده نشده (الف)، نمونه فشرده شده با ۳۰ درصد فشردگی (ب)، ۴۰ درصد فشردگی (ج)، ۵۰ درصد فشردگی (د)..... ۷۸
- شکل ۴-۳۴- نمودار اثرات مستقل متغیرها بر مقاومت به ضربه..... ۷۹
- شکل ۴-۳۵- میانگین مقاومت به ضربه در نمونه‌های تیمار شده با رزین و شاهد..... ۸۰
- شکل ۴-۳۶- میانگین مقاومت به ضربه در نمونه‌های تیمار شده و شاهد در دو جهت فشردگی..... ۸۱
- شکل ۴-۳۷- میانگین مقاومت به ضربه در نمونه‌های تیمار شده و شاهد در سه درصد فشردگی..... ۸۲
- شکل ۴-۳۸- نمودار اثرات متقابل متغیر رزین و درصد فشردگی بر مقاومت به ضربه..... ۸۳

فهرست اشکال

صفحه

عنوان

- شکل ۴-۳۹- نحوه شکست نمونه‌ها تحت بار ضربه، نمونه شاهد (الف)، نمونه تیمار شده (ب)..... ۸۳
- شکل ۴-۴۰- نمودار اثرات مستقل متغیرها بر مدول گسیختگی..... ۸۵
- شکل ۴-۴۱- میانگین مدول گسیختگی در نمونه‌های تیمار شده با رزین و شاهد..... ۸۶
- شکل ۴-۴۲- میانگین مدول گسیختگی در نمونه‌های تیمار شده و شاهد در دو جهت فشردگی..... ۸۷
- شکل ۴-۴۳- میانگین مدول گسیختگی در نمونه‌های تیمار شده و شاهد در سه درصد فشردگی..... ۸۸
- شکل ۴-۴۴- نمودار اثرات متقابل متغیر رزین و جهت فشردگی بر مدول گسیختگی..... ۸۹
- شکل ۴-۴۵- نمودار اثرات متقابل متغیر جهت و درصد فشردگی بر مدول گسیختگی..... ۹۰
- شکل ۴-۴۶- نمودار اثرات مستقل متغیرها بر مدول الاستیسیته خمشی..... ۹۲
- شکل ۴-۴۷- میانگین مدول الاستیسیته خمشی در نمونه‌های تیمار شده با رزین و شاهد..... ۹۳
- شکل ۴-۴۸- میانگین مدول الاستیسیته در نمونه‌های تیمار شده و شاهد در سه درصد فشردگی..... ۹۳
- شکل ۴-۴۹- نمودار اثرات مستقل متغیرها بر مقاومت به فشار موازی الیاف..... ۹۵
- شکل ۴-۵۰- میانگین مقاومت به فشار موازی الیاف در نمونه‌های تیمار شده با رزین و شاهد..... ۹۶
- شکل ۴-۵۱- میانگین مقاومت به فشار موازی الیاف در نمونه‌های تیمار شده و شاهد در دو جهت فشردگی..... ۹۷
- شکل ۴-۵۲- میانگین مقاومت به فشار موازی الیاف در نمونه‌های تیمار شده و شاهد در سه درصد فشردگی..... ۹۸
- شکل ۴-۵۳- خرد شدن تحت فشار موازی الیاف در نمونه‌های تیمار شده..... ۹۹
- شکل ۴-۵۴- شکست گوه‌ای تحت فشار موازی الیاف در نمونه‌های تیمار شده..... ۱۰۰

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

چوب یکی از اولین و قدیمی‌ترین موادی است که به‌طور طبیعی و فراوان در دسترس بشر قرار داشته است. از این رو تاریخ استفاده از آن به زمان‌های طولانی بر می‌گردد. به‌طور کلی مصارف چوب در گذشته و تا حدود دو‌یست سال پیش هنوز هم شکل سنتی خود را حفظ کرده بود و از قرن‌های متمادی بدون تغییر چشم‌گیری در جوامع انسانی رایج بوده است. این مصارف شامل استفاده از چوب در تهیه دست‌افزار، گهواره، خانه‌سازی، تختخواب، نرده‌بام، وسایل کشاورزی، کشتی و قایق‌سازی، وسایل نخ‌ریسی و بافندگی، وسایل جنگی و شکار، میز و نیمکت، درس‌سازی و گاری‌سازی، تابوت‌سازی و سوخت بوده است. در این میان ملاحظه می‌گردد که نقش چوب در تکامل تمدن انسان‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، از این‌رو استفاده از چوب و محصولات چوبی نشانه پیشرفت و توسعه یک کشور می‌باشد. با کمی تعمق در می‌یابیم که در سواحل آب‌ها وسیله حمل و نقل، قایق و کشتی بوده است و این وسیله حرکتی تا چه اندازه در اشاعه تمدن و تکامل و در کشف نواحی و منابع ناشناخته در کره زمین تاثیر داشته و یکی از اسباب حفظ بقای انسان در طی ادوار تاریخ بوده است (پارسا‌پژوه، ۱۳۷۳).

چوب مزایای زیادی به‌عنوان ماده ساختاری دارد و آن عبارت است از نسبت بالای مقاومت به وزن، قابلیت کاربرد عالی و پتانسیل خوبی برای اصلاح دارد. با این حال ویژگی‌های نامطلوبی هم دارد که خاصیت هیگروسکوپی، آنیزوتروپی و پوسیدگی طبیعی از آن جمله است. به‌منظور استفاده موثرتر از چوب در ساختمان یا کاربردهای دیگر، تاثیر این ویژگی‌ها باید کاهش یابد.

مصرف چوب و فرآورده‌های چوبی در کشورمان به‌علت توسعه و پیشرفت کشور و پیدایش فرآورده‌های نوین چوبی و همچنین تأسیس کارخانجات جدید، مصارف ساختمانی، صنایع مختلف چوب مانند مبلمان و دکوراسیون ابزار رشد قابل ملاحظه‌ای پیدا کرده است. این در حالی است که جنگل‌های کشورمان (به‌ویژه جنگل‌های صنعتی)، که منبع اصلی تامین چوب یعنی ماده اولیه کارخانجات صنایع چوب و صنایع وابسته به آن می‌باشد محدود بوده و متناسب با افزایش مصرف چوب، رشد و توسعه پیدا نکرده است (انتشارات صنعت چوب و کاغذ ایران، ۱۳۸۱). با بهره‌برداری مداوم از جنگل‌های بکر، ذخیره‌ی گرده‌بینه‌های جنگلی برای تولید الوار کاهش یافته است و صنایع چوب نیز با کاهش منابع مواد خام روبرو شده است. به‌ویژه در تهیه چوب ماسیو برای کارهای

درودگری، صنعت مبلمان و سایر تولیدکنندگان فرآورده‌های چوبی بسیار در تنگنا بوده، به طوری که بیشتر نیاز این بخش از صنعت به چوب از طریق واردات تأمین می‌شود. یکی از راه‌های برطرف کردن نیاز این بخش صنعت در حین حفظ و نگهداری جنگل‌ها، با توجه به روند رو به کاهش مجوز قطع سالانه کاشت درختان تندرشد می‌باشد. که توجه مراکز تحقیقاتی، اداره‌های منابع طبیعی و کارخانه‌های صنایع چوب و کاغذ نیز به آن معطوف شده است. چون تولید چوب توسط درخت به سال‌های زیادی نیازمند است به همین دلیل از جنگل‌کاری (زراعت چوب) برای برداشت چوب بیشتر در مدت زمان کمتر استفاده می‌شود. درختان تندرشد نسبت به سایر درختان، رشد سریع‌تری داشته و چوب‌دهی بیشتری دارند. لذا سن بهره‌وری و برداشت آنها به مراتب کمتر از سایر درختان چوبی می‌باشد (سن بهره‌وری حداقل ۲۰-۱۰ سال در مقایسه با سن بهره‌وری حداکثر ۱۵۰-۱۰۰ سال درختان معمولی). لذا با کاشتن درختان سریع‌الرشد می‌توان نیاز کارخانجات و صنایع وابسته به چوب را بر طرف نمود و همچنین در حفظ و نگهداری از جنگل‌های کشورمان که به علت برداشت بی‌رویه و بیش از حد در معرض نابودی و یا خسارت جبران‌ناپذیری قرار گرفته است نقش بسیار مهمی داشته باشد. پالونیا یکی از این گونه‌هاست (کریکورین، ۱۹۸۸)، اما چوب این درختان به دلیل تندرشد بودن، دانسیته و در نتیجه مقاومت‌های مکانیکی کمی دارند که کاربرد آنها را محدود و خاص می‌کند. لذا باید باید اقدامی صورت گیرد تا چوب این درختان برای کاربرد در موارد مورد نظر قابل قبول بوده و از نظر اقتصادی نیز به صرفه باشد. یکی از روش‌های بهبود ویژگی فیزیکی و افزایش خصوصیات مکانیکی این نوع چوب‌های تندرشد و سبک، اصلاح از طریق افزایش دانسیته^۱ آنها می‌باشد که طی آن دانسیته چوب با اعمال فشار روی آن (فشرده‌سازی^۲)، اشباع حفره‌های چوب با یک ماده سیال و یا ترکیب این دو روش افزایش یابد (کلمن و همکاران، ۱۹۷۵). با عمل فشرده‌سازی چوب عناصر سازنده چوب آوندها و فیبرها (الیاف چوبی) در هم فرو رفته و فاصله الیاف کمتر می‌شود. فضاها خالی موجود در چوب کمتر شده و تراکم الیاف بیشتر می‌شود (جنینگز، ۲۰۰۳). چوب همگن‌تر شده و وزن مخصوص آن افزایش می‌یابد و در نتیجه خصوصیات مکانیکی چوب افزایش می‌یابد (کلمن، ۱۹۶۸). اما چوب به دلیل رفتار الاستیکی که دارد پس از فشرده شدن، تمایل به بازگشت به شکل اولیه خود دارد یعنی وقتی که فشار برداشته می‌شود و در معرض رطوبت قرار می‌گیرد شکل قبلی خود را باز می‌یابد. این

1- Densification

2- Compressing

پدیده به اثر حافظه شکلی^۱ مشهور است و میزان بازگشت آن نیز بازیابی شکل^۲ نامیده می‌شود (دویانتو و همکاران، ۱۹۹۷؛ ایتو و همکاران، ۱۹۹۸ a,b؛ کولتیکووا، ۱۹۹۹؛ ناوی و گیراردت، ۲۰۰۰؛ هگر و همکاران، ۲۰۰۴؛ کامکه، ۲۰۰۶). برای رفع بازیابی شکل و بازگشت فزونی نمونه‌ها می‌توان از روش‌های گوناگونی مانند تیمار حرارتی، تیمار شیمیایی، تیمار گرمایی - مکانیکی استفاده نمود. فشرده‌سازی چوب از گزینه‌های مناسبی است که دانشمندان از مدت‌ها پیش روی آن مطالعه و تحقیق می‌نمایند. دانسیته مهم‌ترین ویژگی چوب است و افزایش آن سبب افزایش مقاومت‌های مکانیکی می‌گردد.

هدف از فشرده‌سازی کاهش فضاها ی خالی و حجم چوب برای رسیدن به جرم زیاد در واحد حجم است.

۱-۲- خواستگاه گونه مورد مطالعه

پالونیا یکی از مهم‌ترین گونه‌های چوبی تندرشد جهان است که از ۲۳۰۰ سال پیش به‌عنوان یکی از گونه‌های بومی در کشور چین کشت می‌شود. مهم‌ترین منطقه تولید این گونه در شمال جلگه چین است. در حال حاضر به‌طور طبیعی در کشورهایی هم‌چون ژاپن، کره، تایوان، کامبوج، لائوس، ویتنام و حتی در آمریکای جنوبی می‌رویند. چینی‌ها، ژاپنی‌ها و کره‌ای‌ها آن را به خاطر زیبایی و درخشندگی هم کشت می‌کنند. منشا جنس پالونیا از جنوب شرقی آسیاست و بعداً به اروپا، آمریکای شمالی و استرالیا برای کشت برده شد. پراکنش طبیعی این درخت از عرض جغرافیایی ۱۸ تا ۴۰ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۱۰۵ تا ۱۲۸ درجه شرقی در مناطق هم سطح دریا تا ارتفاع ۲۴۰۰ متری از سطح دریا می‌باشد و مناطقی با دمای بین ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا ۴۰+ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالانه بین ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ میلی‌متر در سال و اسیدیته خاک ۴/۵ تا ۸/۵ برای رشد پالونیا مناسب می‌باشد.

در ایران برای نخستین بار پالونیا در جنگل آموزشی - تحقیقاتی دکتر بهرام‌نیا به‌صورت نمونه کشت شده است که تاکنون سازگاری خوبی با شرایط اقلیمی منطقه نشان داده است. جنگل دکتر بهرام‌نیا در فاصله ۵ کیلومتری شهرستان گرگان و در عرض جغرافیایی ۵۲/۲۴' - ۵۲/۲۰' شرقی قرار دارد.

1- Shape memory

2- Set recovery

گزارش‌هایی در مورد کاشت این گونه در تهران و تبریز داده شده است (بیات‌ماکوئی، ۱۳۷۶). در سال‌های اخیر به‌صورت تجاری در منطقه توسکاستان گرگان در اراضی شیب‌دار این گونه کشت و بعد از ۴ سال برداشت شد که در هکتار بیش از ۵۰ تن چوب تولید نمود (طبرسا و عباسی، ۱۳۸۷).



شکل ۱-۱- نهال پالونیا

۱-۲-۱- مشخصات

درخت پالونیا از خانواده گل میمون^۱ بوده و شامل ۹ گونه به شرح زیر می‌باشد:

- 1- *P. tomentosa*
- 2- *P. catalpifolia*
- 3- *P. elongata*
- 4- *P. kawakamii*
- 5- *P. fargesil*
- 6- *P. albiplaoea*
- 7- *P. australis*
- 8- *P. taiwanica*
- 9- *P. fortunei*

گونه مورد استفاده در این تحقیق، گونه *P. fortunei* می‌باشد که برای نخستین بار توسط تیون بگ^۲ دانشمند گیاه‌شناس سوئیسی تحت نام *Paulownia fortunei* نام‌گذاری شد.

-
- 1- Scrophulariaceae
 - 2- Thunbeg

۱-۲-۲- ویژگی های درخت پالونیا

درخت پالونیا پوستی خاکستری، قهوه‌ای یا سیاه دارد که در جوانی صاف است ولی در درختان مسن ترک‌ها و شکاف‌های عمودی بر روی آن دیده می‌شود. برگ خزان‌کننده و به اشکال مختلف معمولاً پهن و با آرایش متقابل می‌باشند. جوانه‌های انتهایی و همچنین دومین و سومین جفت از جوانه‌های محوری مجاور به جوانه‌های انتهایی معمولاً تحت تاثیر سرمای ناشی از یخبندان زمستان، آسیب‌دیده و از بین می‌روند و در بهار بعد معمولاً چهارمین و پنجمین جفت از جوانه‌های جانبی جانشین جوانه‌های آسیب‌دیده می‌شوند و انشعابات جدیدی را به وجود می‌آورند. گل‌ها دو جنسی و نامنظم با آرایش خوشه‌ای مرکب و صورتی رنگ می‌باشند که در فصل بهار قبل از ظهور برگ‌ها شکفته می‌شوند. در هر گل ۵ کاسبرگ ضخیم و استکانی و پیوسته با ۵ دندانه انتهایی، جام لوله‌ای به هم پیوسته و نامنظم به رنگ صورتی و به ندرت سفید وجود دارد که در سطح داخلی آن لکه‌های صورتی و چین و چروک‌های زردرنگی دیده می‌شود. میوه آن کپسول و بیضوی شکل است که معمولاً پس از رسیدن با دو شکاف طولی از بالا شکفته شده و دانه آزاد می‌گردد. دانه‌ها بسیار ریز و دارای ۲ بال ظریف و غشایی در طرفین خود می‌باشد (فارسی، ۱۳۸۳).

۱-۲-۳- شرایط رویش پالونیا

رشد سریع یکی از خصوصیات بارز پالونیاست که به شرایط محیط و سن درخت بستگی دارد. سرعت اولیه رشد پالونیا زیاد است، ولی با افزایش سن درخت از رشد آن کاسته می‌شود به طوری که در اولین سال ارتفاع آن به ۶-۴ متر رسیده و در سال دوم ۳-۲ متر به آن افزوده می‌شود. در شرایط معمولی متوسط رویش قطری پالونیا در ارتفاع برابر سینه ۴-۳ سانتی‌متر در سال است که در بعضی سال‌ها به ۹-۸ سانتی‌متر نیز می‌رسد. رشد متوسط درخت پالونیا ۶/۰-۵/۰ مترمکعب در سال می‌باشد. پالونیا در مکان‌های مناسب در چین و ژاپن تا سن ۴ سالگی به ارتفاع ۱۰ متر و قطر برابر سینه ۲۲ سانتی‌متر و در ۱۰ سالگی به قطر ۵۰-۴۵ سانتی‌متر می‌رسد و به‌طور متوسط سالیانه ۱۲ مترمکعب در هکتار تولید می‌کند به طوری که با اعمال مدیریت صحیح می‌توان طی ۶-۵ سال پس از کشت پالونیا اقدام به بهره‌برداری و برداشت آن نمودند. در حال حاضر ۵/۲ میلیون هکتار از اراضی کشور چین زیر کشت درخت پالونیا است و سالانه بیش از ۱۰ میلیون مترمکعب الوار از آن تولید می‌شود. پالونیا دارای

ریشه‌های عمیق و گسترده‌ای است. ریشه‌های سطحی آن نازک، منشعب و متراکم می‌باشد و ممکن است حتی به طول ۶۰ سانتی‌متر نیز برسد. تارهای کشنده ریشه مانند الیاف پنبه می‌باشد. توسعه و گسترش ریشه گیاه تحت تاثیر وضعیت سفره‌های آب زیرزمینی، جنس و خواص فیزیکی خاک و تراکم مواد غذایی در خاک قرار دارد. پالونیا در خاک‌های ماسه‌ای و سبک با زهکشی مناسب، توسعه می‌یابد زیرا در این نوع خاک‌ها معمولاً چندین ریشه فرعی گیاه به صورت پنجه‌ای به طرف پایین رشد و گسترش می‌یابد. به‌طور کلی سه چیز برای پالونیا ضروری است. خاک‌های عمیق با زهکشی مناسب- نور خورشید- تابستان طولانی همراه با بارندگی کافی.

پالونیا در خاک‌های حاصلخیز بیشتر رشد می‌کند و خاک یا آب شور به رشد پالونیا آسیب می‌رساند از آنجایی که درختی نورپسند است در نور شدید بهتر رشد خواهد داشت. کشت توام پالونیا با سایر درختان سریع‌الرشد و نورپسند نتیجه مطلوبی نخواهد داشت به‌طوری‌که ۷۰٪ سایه برای پالونیا کشنده محسوب می‌شود. رشد پالونیا در دمای 8°C شروع شده و در دمای $24-29^{\circ}\text{C}$ به شرایط ایده‌آل می‌رسد که با طولانی‌تر شدن این محدوده دمایی در طی سال، رشد پالونیا نیز بهتر خواهد شد. توقف رشد قطری پالونیا معمولاً در فصل پائیز و همزمان با ریزش برگ‌ها رخ می‌دهد. وزش بادهای گرم و خشک به این درخت آسیب می‌رساند و آب راکد حتی به مدت ۳-۵ روز موجب ریزش برگ‌ها و در برخی موارد مرگ درخت می‌شود.

گونه پالونیا با شرایط اقلیمی و خاکی متنوع سازگاری نشان می‌دهد. آزمایشات نشان داد که استفاده از کودهای ازت، فسفات و پتاسیم برای درختان ۱۰-۸ ساله مفید است و اگر از کودهای ازته به تنهایی استفاده شود بسیار موثر خواهد بود (عموزاده‌عمرانی، ۱۳۷۹).

۱-۲-۴- ویژگی‌های ماکروسکوپی پالونیا

رنگ چوب پالونیا زرد کم‌رنگ تا قرمز کم‌رنگ است و حد فاصل بین چوب‌برون و چوب‌درون واضح نیست. معمولاً یک یا دو حلقه سالیانه در برون‌چوب دیده می‌شود. چوب‌درون گسترده و بافتی نسبتاً ریز دارد. اگر پالونیا رشد سریع همراه با حلقه‌های رویشی پهن داشته باشد اندازه منافذ حلقه‌ها به طرف خارج به‌تدریج کم می‌شود و در محل شروع رشد حلقه‌ها معمولاً نوار واضحی از چوب بهاره تشکیل نمی‌شود. بنابراین چوب پالونیا حلقه‌های بخش روزنه‌ای یا نیمه‌روزنه‌ای خواهد داشت.