

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی چوب و کاغذ

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

# بررسی خواص سطحی چوب صنوبر تیمار شده با نانو اکسید مس

پژوهش و نگارش:

سید محمدمهدی میری

استاد راهنما:

دکتر محمدرضا ماستری فراهانی

استاد مشاور:

دکتر داود رسولی

پاییز ۱۳۹۳

## تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه‌های 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 به‌منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

قبل از چاپ پایان‌نامه خود، مراتب را قبلاً به‌طور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع داده و کسب اجازه نمایند.

قبل از چاپ پایان‌نامه در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد، ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.

انتشار نتایج پایان‌نامه باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

این‌جانب سید محمدمهدی میری دانشجوی رشته حفاظت و اصلاح چوب مقطع کارشناسی ارشد تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی و امضاء

## تقدیم به

کسانی که نه میتوانم موهایشان را که در راه عزت من سفید شد، سیاه کنم و نه برای دستهای پینه بسته شان، که شمره تلاش برای من است مرهمی دارم و نه جبرانی برای محبت ایشان. پروردگار پس توفیقم ده که هر لحظه سکر کز ارشان باشم و ثانیه های عمرم را در عصای، دست بودشان بگذرانم.

## تقدیم به پدرم

کوهی استوار و حامی من در طول زندگی.

## تقدیم به مادرم

مقدس ترین واژه یاد لغت نامه دلم. سنگ صبوری که الفبای زندگی را به من آموخت.

## تقدیم به همسرم

که نشانه لطف الهی در زندگی من است. کسی که به واقع بان جویباری سنگ به سنگ راه را با من لمس کرد، و وجودش شادی و صفایش مایه آرامش من است.

## مشکر و قدردانی

به خاطر تمامی بختانی که به یادم بودی و غافل بودم، به خاطر تمام مهربانی که بی دریغ نثارم کردی، به خاطر تمام نفس هایی که کنارم بودی و به خاطر آغوش امن و مهربانت سپاس گذارت، هستم معبودم.

از یاری و بزرگواری استاد راہنمایم، جناب آقای دکتر محمد رضا ماس تری فراہانی کہ در طی این تحقیق و تمامی مراحل تحصیل بارہنمایی های ارزشمندشان ہمراہیم کردند مینہایت سپاسگذارم. با سپاس از ہمراہی استاد مشاورم، جناب آقای دکتر داود رسولی کہ علم و دانش خود را بی بیچ چشم داشتی بر من ارزانی داشتند، با مشکر از داوران محترم جناب آقای دکتر مہدی مسکور و جناب آقای دکتر حسین یوسفی کہ با حضورشان بر کار بندہ ارزش نهادند. و سخاوتمندی و بزرگواری ایشان نتیجتاً است ابدی. و سپاس از دیگر بزرگواری کہ در پناہیاری ایشان سحرین بختات این راہ، شیرین ترین خاطر اتم شد.

## چکیده

در این تحقیق اثر نانو ذرات اکسید مس بر روی زبری سطح و زاویه تماس قطره سطح نمونه‌های چوبی صنوبر دلتوئیدس صورت پذیرفت. برای این منظور نمونه‌های چوبی از برون‌چوب سالم و بدون عیب گونه صنوبر دلتوئیدس با ابعاد  $2 \times 50 \times 50$  میلی‌متر (طولی  $\times$  مماسی  $\times$  شعاعی) تهیه گردید. نمونه‌ها پس از شرایط دهی اولیه در ژرمیناتور (دمای  $20^\circ\text{C}$  درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی  $75\%$ ) و رسیدن به رطوبت  $12\%$  درصد برای انجام تست آماده گردید و سپس اندازه‌گیری‌های اولیه زبری و زاویه تماس بر روی سطح مماسی نمونه‌ها صورت پذیرفت در مرحله بعد نمونه‌ها با ماده حفاظتی کلونید نانو اکسید مس در غلظت‌های  $0.5$ ،  $1$  و  $1/5$  درصد به مدت  $120$  دقیقه در فشار اتمسفر اشباع شدند. وزن و حجم نمونه‌ها برای محاسبه ماندگاری اندازه‌گیری گردید. سپس نمونه‌ها مجدداً تحت شرایط توضیح داده شده رطوبت‌دهی گردیده و تست نهایی زبری سطح و زاویه تماس قطره صورت پذیرفت. نتایج در این تحقیق نشان داد که در اثر تیمار چوب با نانو اکسید مس زبری سطح چوب صنوبر افزایش می‌یابد. تیمار نمونه‌ها با نانو اکسید مس سبب افزایش در پارامترهای زبری تعیین‌کننده زبری سطح به جز پارامترهای  $Rvk$  و  $Rv$  گردید. همچنین تیمار چوب با نانو ذرات اکسید مس باعث افزایش زاویه تماس قطره گردید. این افزایش تا مقدار ماندگاری  $5/54$  روند افزایشی داشته است و در ماندگاری‌های بالاتر اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید.

**واژه‌های کلیدی:** نانو اکسید مس، ماندگاری، زبری سطح، زاویه تماس

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
<b>مقدمه و کلیات</b>	
۱-۱- مقدمه.....	۲
۱-۱-۱- اهداف تحقیق.....	۴
۱-۱-۲- فرضیات تحقیق.....	۴
۲-۱- کلیات.....	۴
۱-۲-۱- گونه مورد تحقیق.....	۴
۱-۱-۲-۱- مشخصات گیاه‌شناسی چوب صنوبر.....	۶
۲-۱-۲-۱- مشخصات مرفولوژیکی (ریخت‌شناسی) صنوبر.....	۶
۳-۱-۲-۱- مشخصات ماکروسکوپی صنوبر.....	۶
۴-۱-۲-۱- مشخصات میکروسکوپی صنوبر.....	۷
۵-۱-۲-۱- خواص فیزیکی و مکانیکی صنوبر.....	۷
۶-۱-۲-۱- خواص تکنیکی چوب صنوبر.....	۷
۷-۱-۲-۱- مصارف و کاربردهای چوب صنوبر.....	۸
۲-۲-۱- نانو و فناوری نانو.....	۸
۱-۲-۲-۱- نانو و فناوری نانو چیست؟.....	۸
۲-۲-۲-۱- کاربردهای نانو.....	۹
۳-۲-۲-۱- پیشینه فناوری نانو.....	۱۰
۴-۲-۲-۱- روش‌های کلی ساخت نانو ذرات.....	۱۰
۱-۴-۲-۲-۱- روش بالا به پایین.....	۱۰
۲-۴-۲-۲-۱- روش پایین به بالا.....	۱۱
۵-۲-۲-۱- روش‌های تولید نانو ذرات.....	۱۲
۱-۵-۲-۲-۱- چگالش از یک بخار.....	۱۲
۲-۵-۲-۲-۱- سنتز شیمیایی.....	۱۲

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۲	۱-۲-۲-۳-۵-۳- فرایندهای حالت جامد
۱۲	۱-۲-۲-۶- طبقه بندی مواد نانویی
۱۳	۱-۲-۲-۷- هدف اصلی نانو
۱۳	۱-۲-۲-۸- اهمیت نانو ذرات در صنایع چوب
۱۴	۱-۲-۲-۹- متداول ترین نانو ذرات
۱۴	۱-۲-۲-۹-۱- نانو ذرات نیمه رسانا (نقاط کوانتومی)
۱۵	۱-۲-۲-۹-۲- کاربردهای نانو ذرات نیمه رسانا
۱۵	۱-۲-۲-۹-۳- نانو ذرات سرامیکی
۱۵	۱-۲-۲-۹-۴- کاربردهای نانو ذرات سرامیکی
۱۶	۱-۲-۲-۱۰- روش های تولید نانو اکسید مس
۱۷	۱-۲-۳- کیفیت سطح چوب
۱۷	۱-۲-۳-۱- مهم ترین عوامل اثرگذار بر سطح چوب
۱۷	۱-۲-۳-۱-۱- آناتومی چوب
۱۷	۱-۲-۳-۱-۲- تخلخل چوب
۱۷	۱-۲-۳-۱-۳- رطوبت
۱۸	۱-۲-۳-۱-۴- عوامل مختلف تأثیرگذار
۱۸	۱-۲-۴- ناهمواری سطح چوب
۱۸	۱-۲-۴-۱- روش های اندازه گیری ناهمواری های سطح
۱۹	۱-۲-۴-۱-۱- از طریق روش حسی
۲۰	۱-۲-۴-۱-۲- روش غیر پروفیلومتری
۲۰	۱-۲-۴-۱-۳- از طریق روش پنوماتیکی



## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱-۲-۴-۱-۴- از طریق تصویربرداری.....	۲۰
۱-۲-۴-۱-۵- روش اندازه گیری غیر تماسی.....	۲۱
۱-۲-۴-۱-۶- روش اندازه گیری تماسی پروفیلومتری ( سوزنی).....	۲۱
۱-۲-۴-۲- پارامترهای ناهمواری سطح.....	۲۲
۱-۲-۴-۲-۱- پارامتر Ra.....	۲۳
۱-۲-۴-۲-۲- پارامتر Rz.....	۲۳
۱-۲-۴-۲-۳- پارامتر Rq.....	۲۴
۱-۲-۴-۲-۴- پارامتر Rmax.....	۲۴
۱-۲-۴-۲-۵- پارامترهای آبوت.....	۲۴
۱-۲-۵- زاویه تماس.....	۲۵
۱-۲-۵-۱- زاویه تماس استاتیک.....	۲۵
۱-۲-۵-۲- پیشروی زاویه.....	۲۶
۱-۲-۵-۳- پس روی زاویه.....	۲۷
۱-۲-۵-۴- اندازه گیری زاویه تماس.....	۲۷
۱-۲-۵-۵- تعریف آبدوستی سطوح چوب.....	۲۸
سابقه تحقیق	
۲-۱- سابقه تحقیق.....	۳۰
۲-۱-۱- اثر اصلاح بر روی زبری چوب و محصولات چوبی.....	۳۰
۲-۱-۲- اثر مواد حفاظتی بروی زبری سطح چوب.....	۳۱
۲-۱-۳- اثر اصلاح بر روی تر شوندگی چوب و محصولات چوبی.....	۳۲
۲-۱-۴- اثر مواد حفاظتی بر روی خاصیت تر شوندگی.....	۳۳
مواد و روش ها	

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱-۳- مواد و روش‌ها.....	۳۶
۱-۱-۳- تهیه نمونه‌های آزمونی.....	۳۶
۲-۱-۳- ماده حفاظتی.....	۳۷
۳-۱-۳- متعادل‌سازی نمونه‌ها.....	۳۸
۴-۱-۳- اشباع نمونه‌ها با نانو اکسید مس.....	۳۸
۵-۱-۳- محاسبه میزان ماندگاری.....	۳۹
۶-۱-۳- اندازه‌گیری کیفیت سطحی.....	۴۰
۱-۶-۱-۳- اندازه‌گیری زبری سطح نمونه‌ها (روش پروفیلومتری).....	۴۰
۷-۱-۳- اندازه‌گیری زاویه تماس.....	۴۱
۸-۱-۳- تجزیه و تحلیل آماری.....	۴۲
نتایج و بحث	
۱-۴- ماندگاری نانو اکسید مس.....	۴۴
۲-۴- اثر ماندگاری‌های مختلف نانو اکسید مس بر پارامتر زبری سطح.....	۴۴
۳-۴- زبری نسبی نمونه‌های تیمار شده با نانو اکسید مس.....	۵۰
۴-۴- تأثیر نانو اکسید مس بر خاصیت تر شونده‌گی و زاویه تماس.....	۵۲
۱-۴-۴- درصد افزایش زاویه تماس قطره‌ی نمونه‌های تیمار شده با نانو اکسید مس.....	۵۷
نتیجه‌گیری و پیشنهادات	
۱-۵- نتیجه‌گیری کلی.....	۶۲
۲-۵- پیشنهادات.....	۶۲
منابع.....	۶۴

## فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۳- ۱: مشخصات ماده حفاظتی مورد استفاده.....	۳۷
جدول ۴- ۱: میانگین ماندگاری نمونه‌ها در غلظت‌های مختلف.....	۴۴
جدول ۴- ۲: میانگین پارامترهای زبری سطح قبل و بعد از تیمار.....	۴۵
جدول ۴- ۳: سطح معنی‌داری مقدار <b>T</b> حاصل از آزمون مستقل برای مقایسه اثر ماندگاری مختلف نانو اکسید مس.....	۴۹
جدول ۴- ۴: زبری نسبی نمونه‌های تیمار شده با نانو اکسید مس.....	۵۱
جدول ۴- ۵: تجزیه واریانس زبری نسبی چوب تیمار شده با نانو اکسید مس در ماندگاری مختلف..	۵۲
جدول ۴- ۶: سطح معنی‌داری مقدار <b>T</b> حاصل از آزمون مستقل اثر نانو اکسید مس بر روی زاویه تماس.....	۵۵
جدول ۴- ۷: تجزیه واریانس زاویه تماس چوب تیمار شده با نانو اکسید مس در سه ماندگاری مختلف.....	۵۶
جدول ۴- ۸: نتایج آزمون توکی بر روی مقدار زاویه تماس قطره.....	۵۷
جدول ۴- ۹: درصد افزایش زاویه تماس قطره‌ی نمونه‌های تیمار شده با نانو اکسید مس.....	۵۷

## فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۱۱	شکل ۱-۱: نمایی از مقایسه روش بالا به پایین و پایین به بالا
۱۹	شکل ۱-۲: ارزیابی صافی سطح از طریق لامسه
۱۹	شکل ۱-۳: ارزیابی صافی سطح از طریق سنجش چشمی
۲۰	شکل ۱-۴: ارزیابی صافی سطح از طریق کاربن
۲۰	شکل ۱-۵: ارزیابی صافی سطح از طریق پنوماتیکی
۲۱	شکل ۱-۶: ارزیابی صافی سطح از طریق میکروسکوپ
۲۱	شکل ۱-۷: ارزیابی صافی سطح از طریق لیزر
۲۲	شکل ۱-۸: ارزیابی صافی سطح از طریق تکنیک سوزنی
۲۳	شکل ۱-۹: پارامتر <b>Ra</b>
۲۳	شکل ۱-۱۰: پارامتر <b>Rz</b>
۲۴	شکل ۱-۱۱: پارامتر <b>Rq</b>
۲۴	شکل ۱-۱۲: پارامتر <b>Rmax</b>
۲۵	شکل ۱-۱۳: پارامتر آبوت
۲۶	شکل ۱-۱۴: تغییر زاویه تماس استاتیک پس از گذشت زمان
۲۶	شکل ۱-۱۵: اندازه‌گیری پیش‌روی زاویه
۲۷	شکل ۱-۱۶: اندازه‌گیری پس‌روی زاویه
۲۸	شکل ۱-۱۷: نمایی از روش اندازه‌گیری زاویه تماس
۳۷	شکل ۳-۱: شمایی از نمونه‌های چوبی صنوبر
۳۷	شکل ۳-۲: کلوئید نانو اکسید مس
۳۸	شکل ۳-۳: دستگاه ژرمیناتور
۳۹	شکل ۳-۴: دستگاه اشباع چوب به روش خلاء و فشار

## فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۳-۵: دستگاه زبری سنج.....	۴۱
شکل ۳-۶: دستگاه اندازه‌گیری زاویه تماس.....	۴۲
شکل ۴-۱: پروفیل و پارامترهای زبری سطح نمونه قبل (الف) و بعد (ب) از تیمار با ماندگاری با نانو اکسید مس با ماندگاری ۳/۳۹ (کیلوگرم بر مترمکعب).....	۴۶
شکل ۴-۲: پروفیل و پارامترهای زبری سطح نمونه قبل (الف) و بعد (ب) از تیمار با ماندگاری با نانو اکسید مس با ماندگاری ۵/۵۴ (کیلوگرم بر مترمکعب).....	۴۷
شکل ۴-۳: پروفیل و پارامترهای زبری سطح نمونه قبل (الف) و بعد (ب) از تیمار با ماندگاری با نانو اکسید مس با ماندگاری ۹/۳۶۳ (کیلوگرم بر مترمکعب).....	۴۸
شکل ۴-۴: میانگین زاویه تماس نمونه‌های چوبی قبل و بعد از تیمار با نانو اکسید مس.....	۵۳
شکل ۴-۵: تغییرات زاویه تماس قطره آب قبل و بعد از تیمار با نانو اکسید مس با ماندگاری ۳/۳۹ کیلوگرم بر مترمکعب.....	۵۴
شکل ۴-۶: تغییرات زاویه تماس قطره آب قبل و بعد از تیمار با نانو اکسید مس با ماندگاری ۵/۵۴ کیلوگرم بر مترمکعب.....	۵۴
شکل ۴-۷: تغییرات زاویه تماس قطره آب قبل و بعد از تیمار با نانو اکسید مس با ماندگاری ۵/۵۴ کیلوگرم بر مترمکعب.....	۵۵
شکل ۴-۸: تصاویر قطره‌ی آب بر سطح چوب صنوبر قبل از تیمار با نانو اکسید مس.....	۵۹
شکل ۴-۹: تصاویر قطره‌ی آب بر سطح چوب صنوبر بعد از تیمار با نانو اکسید مس با ماندگاری ۳/۳۹ کیلوگرم بر مترمکعب.....	۵۹
شکل ۴-۱۰: تصاویر قطره‌ی آب بر سطح چوب صنوبر بعد از تیمار با نانو اکسید مس با ماندگاری ۵/۵۴ کیلوگرم بر مترمکعب.....	۵۹

## فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۵۹	شکل ۴-۱۱: تصاویر قطره‌ی آب بر سطح چوب صنوبر بعد از تیمار با نانو اکسید مس ماندگاری ۹/۳۶۳ با کیلوگرم بر مترمکعب.....

فصل اول

مقدمه و کلیات

## ۱-۱- مقدمه

چوب یک ماده طبیعی با کاربردهای بسیار گسترده است. تاریخ استفاده از چوب به زمان‌های خیلی دور می‌رسد. قرن‌هاست که از چوب به‌عنوان متداول‌ترین و راحت‌ترین ماده برای ساخت‌وساز استفاده می‌شود. چوب یک ماده بیولوژیکی است به علت داشتن ساختمان طبیعی مستعد حمله بسیاری از عوامل مخرب از جمله، آتش‌سوزی، حشرات، هوازدگی، انواع قارچ‌ها و... می‌باشد (کاسنس<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۴)، از این رو به‌سرعت تخریب‌شده و سبب کاهش شدید در ارزش اقتصادی و کاربردی این ماده با ارزش می‌گردد؛ به همین علت مسئله حفاظت چوب در برابر عوامل مخرب مطرح می‌گردد. محصولات چوبی تیمار شده با مواد حفاظتی در مقابل پوسیدگی، حمله حشرات و دیگر عوامل مخرب برای زمان طولانی‌تری مقاومت از خود نشان می‌دهند. به همین دلیل کارشناسان امر حفاظت چوب سعی می‌کنند تا با استفاده از انواع مواد سمی و قارچ‌کش از تخریب و کاهش کیفیت محصولات چوبی جلوگیری نمایند و همچنین بسیاری از مواد حفاظتی به لحاظ زیست‌محیطی مخرب می‌باشند و استفاده از آن‌ها ممنوع شده است از این حیث محققین و دانشمندان تحقیقات گسترده‌ای برای جایگزینی این مواد حفاظتی پرخطر با مواد حفاظتی کارآمدتر و کم‌خطر برای محیط‌زیست آغاز نمودند (حسینی، ۱۳۸۶).

مس نیز یکی از این مواد حفاظتی است که در زمینه حفاظت چوب در فرمول‌بندی‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. مواد حفاظتی حاوی مس از قبیل  $ACC^2$ ، کینولینولات-۸-مس<sup>۳</sup>،  $CA^4$ ،  $ACQ^5$ ،... مقاومت محصولات چوبی تیمار شده را نسبت به هوازدگی و پوسیدگی افزایش می‌دهد این مواد حفاظتی عمدتاً محلول در آب می‌باشند که از قرن ۱۸ برای امر حفاظت چوب مورد استفاده قرار گرفته است و  $CCA^6$  که یکی از مواد حفاظتی بر پایه مس می‌باشد که در سال‌های قبل از ۲۰۰۳

<sup>1</sup>- Casnes

<sup>2</sup>- Acid copper chromate

<sup>3</sup>- Copper 8-quinolinolate

<sup>4</sup>- Copper azole

<sup>5</sup>- Ammoniacal copper quaternary

<sup>6</sup>- Chromated Copper Arsenate



میلادی به مقدار زیادی در حفاظت چوب در مقابل عوامل مخرب استفاده می‌شد ولی به خاطر سمیت برای انسان و محیط‌زیست استفاده از آن در سال ۲۰۰۷ ممنوع گردید. دیگر مواد بر پایه مس همچون CCA خطر آفرین نیستند ولی بی‌خطر بودن آن‌ها نیز گزارش نشده است اما این ترکیبات مشکلات دیگری همچون خاصیت آبخوبی را به همراه دارند با تغییر اندازه ذرات مس در اندازه (۱۶۰nm) و ساخت فرمول‌بندی جدید به نام  $MCQ^1$  آبخوبی مس تا حد زیادی کاسته شده است (تمیز و ایوان<sup>۲</sup>، ۲۰۰۴) و همچنین نانو ذرات مس با اندازه ۲۰ نانومتر در برابر آبخوبی کاملاً مقاوم می‌باشند. نانو اکسید مس یکی از مواد حفاظتی جدیدی است که مورد توجه کارشناسان و محققین حفاظت و اصلاح چوب قرار گرفته است که پتانسیل خوبی در حفاظت چوب‌ها در مقابل قارچ‌های عامل پوسیدگی سفید و قهوه‌ای و همچنین هوازدگی دارد (چهره، ۱۳۹۱).

معرفی هر ماده حفاظتی جدید، مستلزم مطالعه‌ی تأثیر این مواد بر خواص مختلف چوب می‌باشد. از جمله خواصی که می‌توان تأثیر نانو اکسید مس را بر آن‌ها بررسی کرد، خواص سطحی چوب می‌باشد. و تحقیقات مربوط به خواص سطحی در تمام رشته‌های مهندسی به‌طور گسترده افزایش یافته است (سانداک<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۸). از میان خواص سطحی، زبری چوب در ساخت فرآورده‌های چند سازه‌های چوبی از جمله  $LVL^4$  و تخته لایه حائز اهمیت می‌باشد. زیرا افزایش زبری چوب می‌تواند با کاهش چسبندگی آن همراه شود، به دلیل اینکه سطوح لایه‌ها نقش مهمی در کیفیت اتصال بین لایه‌ها ایفا می‌کنند زبری سطح چوب تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند عرض دوایر سالیانه و تخلخل و میزان چوب بالغ و جوان چوب می‌باشد (سالکا<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۴). بررسی اثرات حضور مواد حفاظتی که در تخته لایه سازی استفاده می‌شوند بر روی زبری سطح لایه‌ها دارای اهمیت زیادی می‌باشد.

تر شونددگی نیز یک ویژگی مهم برای چسبندگی چوب است که معمولاً با آزمون زاویه تماس قطره ارزیابی می‌گردد که تحت تأثیر خواص چوب از جمله تخلخل، مواد استخراجی، مقدار PH، رطوبت و جهت الیاف چوب می‌باشد (لو<sup>۶</sup>، ۲۰۰۳؛ اونسال و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۱۱). همچنین زاویه تماس

<sup>1</sup> -Micronized copper quat

<sup>2</sup> -Temiz and Evans

<sup>3</sup> - Sandak

<sup>4</sup> - Laminated Veneer Lumber

<sup>5</sup> - Salca

<sup>6</sup> -Lu

نیز ممکن است در اثر تیمار با مواد حفاظتی افزایش پیدا کند که این افزایش موجب کاهش تر شوندگی چوب ماسیو می‌شود در صورتی که کاهش تر شوندگی سطح (افزایش زاویه تماس) باعث کاهش چسبندگی بین لایه‌ها در ساخت فراورده‌های لایه‌ای می‌شود (صدیقی ۱۳۹۱).

#### ۱-۱-۱- اهداف تحقیق

هدف از این تحقیق بررسی اثر تیمار با نانو اکسید مس بر روی خواص سطحی چوب صنوبر دلتوئیدس مانند زبری سطح و زاویه‌ی تماس می‌باشد، و تاکنون هیچ مطالعه‌ای در این زمینه صورت نپذیرفته است.

#### ۱-۲-۱- فرضیات تحقیق

۱. تیمار چوب صنوبر با نانو اکسید مس زبری سطح چوب را افزایش می‌دهد.
۲. زاویه‌ی تماس سطح چوب تیمار شده با نانو اکسید مس افزایش پیدا می‌کند.

### ۲-۱- کلیات

#### ۱-۲-۱- گونه مورد تحقیق

چوب و فراورده‌های آن از دیرباز مورد نیاز روزمره بشر بوده و به نظر می‌رسد تا به ابد هم به همین صورت باشد. با وجود ورود منسوجات و کالاهای جایگزین از جمله محصولات صنعتی مانند برخی فراورده‌های پتروشیمی، هنوز جایگزین شایسته‌ای برای چوب یافت نشده است. تقاضا برای مصرف چوب به دلیل برخورداری از خواص مخصوص به خود همواره در حال افزایش است. برداشت‌های سنتی و صنعتی چوب از تمامی رویشگاه‌های جنگلی و کشتگاه‌های زراعت چوب به انضمام واردات چوبی و فرآورده‌های سلولزی، تکاپوی نیازهای چوبی کشور را نمی‌نمایند. افزایش سریع

جمعیت، کاهش عرصه‌های طبیعی و بالا رفتن مصرف سرانه همه دست‌به‌دست هم داده تا زمینه تلاش و فعالیت بیشتری برای افزایش بهره‌وری و کاهش فشار بر جنگل‌های طبیعی را فراهم نمایند. یکی از مهم‌ترین راهکارهایی که امروز مورد توجه کارشناسان و محققان نیز می‌باشد، افزایش کارایی فیزیولوژیکی (یعنی افزایش عملکرد در واحد سطح) است که این مهم با اصلاح و معرفی ارقام جدید (به نژادی) و مدیریت صحیح مزرعه (به زراعی) میسر می‌گردد. گونه صنوبر با وضعیت و ویژگی‌های منحصربه‌فردی مانند سرعت رشد قابل ملاحظه، توان استقرار در شرایط اقلیمی متفاوت، توان استقرار در اراضی کم بازده و سیل گیر حاشیه رودخانه‌ها، قابلیت کاشت همزمان با دیگر محصولات زراعی، کاربرد گسترده در صنایع و غیره، تحولی بزرگ در زراعت چوب به وجود آورده است (نوری و همکاران، ۱۳۹۲). در اغلب کشورهای معتدله، شمار بسیاری از گونه‌ها و واریته‌های دست کاشت صنوبر به طور گسترده وجود دارد. این چوب‌ها مشابه‌اند و در آمریکای شمالی این چوب *cottonwood* نام دارد و به دلیل سریع‌الرشد بودن جزء گونه‌های پربازده پهن‌برگ نواحی معتدله هستند (کریمی و همکاران، ۱۳۸۶). در ایران زراعت گونه صنوبر با تولید دو میلیون مترمکعب در سال نقش بسیار زیادی در تأمین منابع چوبی و سلولزی و کاهش فشار بر جنگل‌های تجاری و کوتاه بودن مدت بهره‌برداری در مقایسه با زمان بهره‌برداری درختان جنگلی و نیز مقاومت بیشتر به شرایط محیطی، سرما، آب و خشکی در مقایسه با سایر گونه‌ها و همچنین کاهش سطح وابستگی و افزایش تولید داخلی چوب و نیل به خودکفائی دارند. مصرف روزافزون منابع چوبی در صنعت چوب و کاغذ کشور به زراعت گونه‌های تند رشد صنوبر به‌ویژه گونه‌های اصلاح‌شده خارجی و داخلی اهمیت می‌دهد که به این جهت در طی سالیان گذشته کلن‌ها و ارقام متعدد آن وارد ایران گشته است. میزان تولید چوب صنوبر در شرایط مطلوب سالانه تا حدود ۵۰ مترمکعب در هکتار (ایتالیا و ترکیه) و ۲۰ مترمکعب در شمال ایران می‌رسد که در مقایسه با رویش متوسط گونه‌های بومی جنگل‌های شمال ۱۵-۶ برابر است، به این ترتیب زراعت چوب با کشت صنوبر یک‌راه اساسی است که در کوتاه‌مدت می‌تواند بحران ناشی از کمبود چوب را سامان دهد. در بین این گونه صنوبر دلتوئیدس (*Populus deltoids*) که از سریع‌الرشدترین صنوبرهای مورد استفاده به شمار می‌رود با توجه به حجم تولید خود اهمیت زیادی پیدا کرده است (مهدوی، ۱۳۸۲).

### ۱-۱-۲-۱- مشخصات گیاه‌شناسی چوب صنوبر

صنوبر از شاخه پیدازادان (*Phanerogane*) زیرشاخه نهاندانگان (*Angiospermane*) رده دولپه‌ای‌ها (*Dictogledonae*) از راسته بیدها (*Salicales*) و خانواده (*Salicaceae*) که دارای دو جنس بید (*Sallix*) با حدود ۳۰۰ گونه و صنوبر (*Populus*) با بیش از ۴۰ گونه می‌باشند. صنوبر، درختی است گونه‌ای جنگلی محسوب نمی‌شود صنوبر دلتوئیدس در اصل متعلق به آمریکاست ولی با توجه به کاشت آن در اروپا، این گونه از قاره اروپا وارد ایران شد. اغلب پایه‌های صنوبر، دارای تاج متقارن هستند و کیفیت تنه بسیار خوب و شاخصی دارند به نحوی که ممکن است تا ۹۵ درصد دارای کیفیت تنه درجه یک باشند. صنوبر در شمال کشور، در دامنه‌های شمالی و در شیب ملایم، رشد بهتری دارد.

### ۱-۲-۱-۲- مشخصات مرفولوژیکی (ریخت‌شناسی) صنوبر

تنه این چوب (صنوبر) خاکستری کم‌رنگ است و بعد تیره‌رنگ می‌شود ولی انشعابات یک‌ساله آن قهوه‌ای‌رنگ است سپس خاکستری روشن می‌شود. برگ‌های آن دارای دم برگ بلند و پهنک آن سبز، براق، صاف، تخم‌مرغی بانوکی کشیده‌ای و قاندهای با زاویه باز منفرجه است. برگ‌های پائین درخت بزرگ و دارای قاندهای گوه‌ای کشیده و نوک کشیده کند است. گل‌آذین آن شاتون زودرس با ۳۰-۵۰ گل می‌باشد. محور شاتون صاف و پایک گل‌ها کوتاه است برگ آن صاف، مغز پسته‌ای یا تخم‌مرغی پهن یا حاشیه رشته، رشته بلند قهوه‌ای‌رنگ و بدون مژه است میوه آن صاف و تخم‌مرغی شکل تشکیل یافته است.

### ۱-۲-۱-۳- مشخصات ماکروسکوپی صنوبر

چوب گونه‌ها و پایه‌های مختلف صنوبر سختی از هم تمیز داده می‌شود و در واقع همه آن‌ها دارای خصوصیات مشترکی هستند. تنه این درختان از سنین ۷۰ تا ۸۰ سالگی تهی و پوسیده می‌شوند و نیز به علت رگه‌های مایل به قهوه‌ای یک نوع چوب درونی شدن را نشان می‌دهد ولی در صنوبر لرزان این مشخصه دیده نمی‌شود. صنوبر چوبی است بسیار همگن، راست تار و دانه‌ریز و سبک. حالت چوب کمی درخشنده است و لکه‌های مغزی در آن دیده می‌شود در مقطع عرضی حد دوایر سالانه به علت پارانشیم پایانی تقریباً مشخص است اثر آوندها و اشعه چوبی در هیچ‌یک از برش‌ها با چشم معمولی دیده نمی‌شود و متن چوب کاملاً یکنواخت می‌باشد (اشرفی بیرگانی، ۱۳۸۹).