

بررسی استفاده از چوب درخت صنوبر هیبریدی (پده-کبوده) رقم «مفید» در تولید تخته خرده چوب

علی کاظمی تبریزی^۱ و فرهاد زینلی^{۲*}

۱) دانش آموخته دکتری رشته صنایع چوب و کاغذ، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲) دانش آموخته دکتری رشته صنایع چوب و کاغذ، گروه صنایع خمیر و کاغذ، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. *رایانامه نویسنده مسئول مکاتبات: farhad.zeinaly@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۱۵

چکیده

کشت درختان صنعتی سریع‌الرشد یکی از راهکارهای رفع مشکل کمبود منابع چوبی است. به منظور جهت سرمایه‌گذاری بهینه در این بخش باید به مواردی از قبیل میزان رشد سالیانه گونه مورد کشت، تطابق گونه با آب و هوای منطقه، سازگاری با خاک محل کشت و همچنین کیفیت چوب تولیدی و قابلیت کاربرد آن در صنایع لیگنوسلولزی توجه گردد. یکی از ارقام صنوبر با رشد فوق‌العاده سریع که به تازگی معرفی شده، صنوبر هیبرید مفید (*Populus euphratica* Oliv. × *P. alba* L.) می‌باشد. از آنجایی که چوب‌های سبک و ضایعات چوبی، به‌عنوان منبع اصلی مورد استفاده در تولید تخته خرده‌چوب می‌باشند، در این پژوهش استفاده از چوب درخت ۴ ساله صنوبر هیبرید «مفید» به‌عنوان ماده اولیه در تولید تخته‌خرده‌چوب مورد بررسی قرار گرفت. برای ساخت تخته‌خرده‌چوب، خرده‌چوب‌های غربال شده به میزان ۱۲ درصد توسط چسبزن دوار چسب‌زنی شده و سپس به مدت ۵ دقیقه تحت پرس با دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۳۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع قرار گرفت. تست‌های مورد بررسی شامل دانسیته، واکنشیدگی ضخامت، مقاومت خمشی و مقاومت چسبندگی داخلی بود. نتایج نشان داد تخته‌خرده‌چوب‌های ساخته شده از چوب صنوبر «مفید» دارای خواص مکانیکی و فیزیکی قابل قبول و کم و بیش مشابه با تخته‌خرده‌چوب‌های ساخته شده از چوب درخت پالونیا (تیمارشاهد) بودند.

واژه‌های کلیدی: پالونیا، تخته‌خرده‌چوب، صنوبر هیبرید «مفید»، مقاومت چسبندگی داخلی، مقاومت خمشی.

مقدمه

کاغذ و چندسازه‌های چوبی، تخته‌خرده‌چوب و تخته فیبر به‌عنوان کالاهای راهبردی اهمیت روزافزونی یافته‌اند. در این راستا، کشورهایی که از جنگل‌های تجاری وسیع و مواد اولیه چوبی مناسب و فراوان برخوردار نیستند، سه راه برای تامین مواد اولیه سلولزی پیش‌رو دارند. این سه راه شامل توسعه بازیافت؛ زراعت درختان صنعتی سریع‌الرشد؛ و استفاده از منابع غیرچوبی هستند که در تمامی موارد کیفیت محصول تولیدی باید با دقت مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرد (فائزی‌پور و همکاران، ۱۳۸۱؛ زینلی و کاظمی‌تبریزی، ۱۳۹۳).

منابع گیاهی از قبیل چوب، از آغاز هستی انسان برای مصارفی مانند پناهگاه، سوخت، تزیینات و وسایل محافظتی استفاده می‌شود. چوب منبع بسیار مهم و مناسبی برای مواد ساختمانی، خمیرکاغذ، سوخت و چندسازه‌ها می‌باشد. درختان سرپا، ذخیره‌ای برای چوب محسوب می‌شوند که در طول سال قابل برداشت هستند و انبار کردن آن به دلیل تراکم چوب آسان بوده و در همه جا قابل دسترس و تجدیدشونده می‌باشند. با افزایش جمعیت و توسعه صنعتی، فرهنگی و اقتصادی در مقیاس جهانی، تولیدات و سازه‌های چوبی نظیر

2008). از میان گونه‌های صنوبر، هیبریدها به خاطر عملکرد بالا، بیشتر در طرح توسعه زراعت چوب به‌کار گرفته می‌شوند (جعفری‌مفیدآبادی و شهرزاد، ۱۳۹۴). هیبرید جدید صنوبر رقم «مفید» از تلاقی بین دو گونه صنوبر پده (*P. euphratica Oliv.*) و صنوبر کبوده (*P. alba L.*) جهت انتقال ژن عامل مقاومت در برابر گرمای هوا و شوری از پده به کبوده با استفاده از تغذیه مصنوعی جنین به‌دست آمده است (Jafari Mofidabadi et al., 2009). با توجه به تجمع صفات خوب والدین در این هیبرید و رشد فوق‌العاده سریع آن، ضمن اینکه از تنه سیلندریک و صاف برخوردار است که موجب تولید چوب صنعتی مطلوب خواهد شد، استفاده از آن در توسعه زراعت چوب به‌ویژه در مناطق لب‌شور و شور مثبت ارزیابی شده است و لازم است استفاده از چوب تولیدی آن در صنایع مختلف چوبی مورد آزمون و بررسی قرار گیرد. بنابراین در این پژوهش به بررسی ساخت تخته‌خرده‌چوب از چوب درخت ۴ ساله صنوبر هیبرید «مفید» (Jafari Mofidabadi & Modir-Rhamati, 2000) پرداخته شد و ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آن مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

چوب درخت صنوبر هیبریدی (پده-کبوده) رقم «مفید» (*P. euphratica* × *P. alba*) دارای سن ۴ سال با قطر برابر سینه ۲۰ سانتی‌متر از زمین زراعت چوب واقع در روستای مفیدآباد در ۲۰ کیلومتری غرب شهر گرگان تهیه گردید (شکل ۱).

اگر چه در سال‌های گذشته، صنعت تخته‌خرده‌چوب ایران از رشد نسبتاً قابل توجهی برخوردار بوده است، ولی به دلایل متفاوت - که اصلی‌ترین آنها کمبود ماده اولیه چوبی است - در سال‌های اخیر اکثر کارخانه‌های تولید تخته‌خرده‌چوب احداث شده با تولیدی کمتر از ظرفیت اسمی خود فعالیت می‌کنند. این امر در شرایطی است که با افزایش چشمگیر جمعیت و در نتیجه گسترش ساختمان‌سازی به‌ویژه در کلان‌شهرها، تقاضا برای مصرف فرآورده‌های لیگنوسلولزی به‌ویژه تخته‌خرده‌چوب روندی افزایشی داشته است. بنابراین به نظر می‌رسد استفاده از چوب‌های تولیدی در دوره‌های بهره‌برداری کوتاه‌مدت (زراعت چوب) جهت تامین ماده اولیه مورد نیاز صنایع فوق‌امری ضروری و با اهمیت باشد. در این راستا گونه‌های سریع‌الرشدی مانند صنوبرها، اکالیپتوس‌ها و برخی از سوزنی‌برگان به لحاظ قابلیت تولید بالای چوب در واحد سطح و در دوره‌های کوتاه‌مدت مورد توجه پژوهشگران زیادی در اکثر نقاط جهان قرار گرفته‌اند (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۸۰؛ نوربخش و همکاران، ۱۳۸۸). صنوبر به‌عنوان گونه‌ای سریع‌الرشد از جمله درختانی است که به‌دلیل دارا بودن صفاتی از قبیل قدرت تولید جست، نیاز به مراقبت کم، دامنه اکولوژیکی نسبتاً بالا، دوره بهره‌برداری کوتاه‌مدت، قابلیت تکثیر غیرجنسی و امکان اصلاح کمی و کیفی آن می‌تواند نقش بسیار مهمی در صیانت و احیای عرصه‌های جنگلی تخریب شده کشور ایفا نماید (Jafari Mofidabadi,)



شکل ۱. گرده‌بینه‌های ۴ ساله درخت صنوبر هیبریدی (پده-کبوده) رقم «مفید»

شده در محیط کارگاه هوا خشک گردید. در مرحله بعدی چوب‌هایی که در هوا خشک شده بود برای رسیدن به ابعاد

برای ساخت تخته‌خرده‌چوب ابتدا گرده‌های تهیه شده صنوبر توسط اره نواری برش داده شد. سپس چوب‌های بریده

بررسی استفاده از چوب درخت صنوبر هیبریدی (پده-کبوده) رقم «مفید» در تولید تخته خرده چوب/۱۴۷

پرس گرم ۵ دقیقه پس از بسته شدن کامل دهانه پرس و اعمال فشار) (شکل ۲). دمای و فشار پرس به ترتیب ۱۷۰ درجه سانتی گراد و ۳۲ کیلوگرم بر سانتی مترمربع تعیین گردید. پس از خروج تخته از پرس، برای ۱ هفته در اتاق کلیما نگهداری شدند (۶۵ درصد رطوبت نسبی و دمای ۲۰ درجه سانتی گراد) و در نهایت نمونه‌ها به ابعاد استاندارد برای انجام تست‌های فیزیکی و مقاومتی برش داده شدند. تست‌های مورد بررسی شامل تعیین دانسیته، واکنشیدگی ضخامت، مقاومت خمشی و مقاومت چسبندگی داخلی^۱ بود.

قابل قبول برای ورود به دستگاه خردکن، برش داده شدند. تهیه چپس (خرده چوب) توسط دستگاه پالمن^۱ انجام گردید. پس از غربال خرده چوب‌ها و جداسازی خرده چوب‌های بزرگ‌تر و کوچک‌تر از اندازه، خرده چوب‌های قابل قبول در آون ۱۰۳ درجه تا رسیدن به رطوبت ۳ درصد خشک گردید. چسب‌زنی خرده چوب‌ها توسط چسب‌زن دوار انجام شد. میزان درصد جامد چسب ۱۲ درصد وزن کل تخته تعیین گردید. به ازای هر میلی متر ضخامت تخته ۲۰ ثانیه زمان پرس گرم در نظر گرفته شد (ضخامت تخته ۱۵ میلی متر- زمان



شکل ۲. ساخت تخته خرده چوب از چوب درخت صنوبر هیبریدی (پده-کبوده) رقم «مفید»

فیبر بر پایه چوب) انجام شد. بدین منظور از دستگاه Instron موجود در آزمایشگاه چوب و چندسازه‌های چوبی موسسه تحقیقات البرز کرج استفاده شد (شکل‌های ۳ و ۴).

آزمون‌های مقاومت خمشی^۲ و مقاومت چسبندگی داخلی مطابق آیین نامه D۱۰۳۷ استاندارد ASTM (روش آزمون استاندارد برای ارزیابی خواص مواد پنلی تخته خرده و تخته



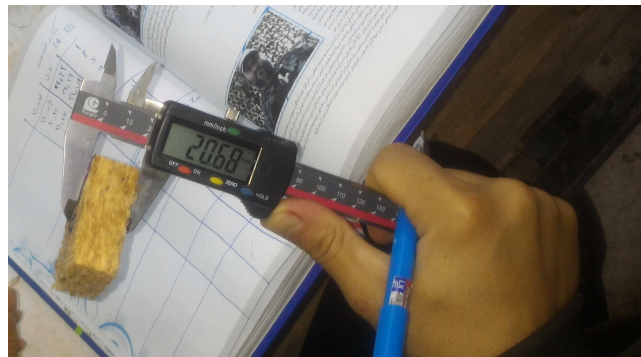
شکل ۳. نمونه تخته خرده چوب در حالت خمش



شکل ۴. تست چسبندگی داخلی نمونه‌های تخته‌خرده‌چوب

آزمون جذب آب، ابتدا نمونه‌ها در آون خشک، وزن و ضخامت آنها تعیین شد و به‌عنوان وزن و ضخامت اولیه ثبت شدند و سپس نمونه‌ها در داخل آب مقطر غوطه‌ور گردیدند. در زمان‌های مشخص وزن و ضخامت نمونه‌ها اندازه‌گیری شدند و به وسیله داده‌های به‌دست آمده مقدار جذب آب و واکنشیدگی ضخامت در زمان‌های مختلف محاسبه گردید.

واکنشیدگی ضخامت و جذب آب (۲ و ۲۴ ساعت) مطابق آیین‌نامه D1037 استاندارد ASTM (روش آزمون استاندارد برای ارزیابی خواص مواد پنبلی تخته‌خرده و تخته‌فیر بر پایه چوب) انجام شد. بر این اساس نمونه‌هایی به ابعاد ۵×۵ سانتی‌متر تهیه شدند. برای توزین نمونه‌ها از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم و برای اندازه‌گیری ضخامت نمونه‌ها از کولیس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر استفاده شد (شکل ۵).



شکل ۵. اندازه‌گیری واکنشیدگی ضخامت نمونه‌های تخته‌خرده‌چوب

هیبرید «مفید» در جدول (۱) نشان داده شده است. همچنین این نتایج با نمونه‌های شاهد ساخته شده از چوب ۴ و ۸ ساله درخت پالونیا و چوب درخت صنوبر دلتوئیدس (*Populus deltoides*) مقایسه شده است. نتایج نشان داد تخته ساخته شده با چوب درخت ۴ ساله صنوبر هیبرید «مفید» در مقایسه با نمونه‌های شاهد پالونیا و صنوبر دلتوئیدس مقاومت بیشتری دارد.

حداقل تعداد تکرار برای هر یک از آزمون‌ها ۴ بار بود. به‌منظور تجزیه و تحلیل ویژگی‌های اندازه‌گیری شده از آزمون تجزیه واریانس استفاده شد و سپس گروه‌بندی میانگین‌ها با کمک آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۹ درصد صورت پذیرفت.

نتایج

خواص مکانیکی تخته‌خرده‌چوب: ویژگی‌های مقاومتی تخته‌خرده‌چوب تولیدی از چوب درخت ۴ ساله صنوبر

بررسی استفاده از چوب درخت صنوبر هسپریدی (یده-کیوده) رقم «مفید» در تولید تخته‌خرده‌چوب/۱۴۹

جدول ۱. ویژگی‌های مقاومتی تخته‌خرده‌چوب تولیدی از چوب درخت صنوبر مفید

نوع چوب	مقاومت خمشی		مقاومت چسبندگی داخلی (MPa)
	MOR (MPa)	MOE (MPa)	
صنوبر مفید	۱۴/۹۶ ^a	۲۱۶۰ ^a	۰/۳۹ ^a
پالونیا (۴ ساله)	۹/۲۴ ^c	۱۲۵۳ ^c	۰/۲۸ ^c
پالونیا (۸ ساله)	۱۲/۱۸ ^b	۱۵۷۲ ^b	۰/۳۳ ^b
صنوبر دلتونیدس	۱۴/۹۰ ^a	۱۶۳۳ ^b	۰/۳۵ ^b

جدول ۲. نتایج آزمون تجزیه واریانس تاثیر نوع چوب بر ویژگی‌های مقاومتی تخته‌خرده‌چوب

منبع تغییرات	مجموع مربعات (SS)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)	مقدار F	سطح معنی‌داری (Sig.)
MOR	بین گروه‌ها	۳	۲۲/۱۷۴	۱۰۷۱/۲۰۹	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۸	۰/۰۲۱		
	کل	۱۱			
MOE	بین گروه‌ها	۳	۴۲۴۰۳۰/۰۰۰	۷۳/۹۰۱	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۸	۵۷۳۷/۸۳۳		
	کل	۱۱			
IB	بین گروه‌ها	۳	۰/۰۰۶	۹/۹۹۵	۰/۰۰۴
	درون گروه‌ها	۸	۰/۰۰۱		
	کل	۱۱			

نشان می‌دهد. نتایج نشان داد دانسیته تخته‌های ساخته شده از چوب صنوبر مفید اندکی بیشتر از تخته‌های حاصل از چوب پالونیا بوده، اگرچه تفاوت میان آنها معنی‌دار نبوده است.

خواص فیزیکی تخته‌خرده‌چوب: جدول (۳) ویژگی‌های فیزیکی تخته‌خرده‌چوب تولیدی از چوب درخت صنوبر «مفید» را در مقایسه با نمونه‌های شاهد ساخته شده از چوب ۴ و ۸ ساله درخت پالونیا و چوب درخت صنوبر دلتونیدس

جدول ۳. ویژگی‌های فیزیکی تخته‌خرده‌چوب تولیدی از چوب درخت صنوبر «مفید»

نوع چوب	دانسیته (g/cm3)	جذب آب ۲ ساعت (%)	واکشی‌دگی ضخامت ۲ ساعت (%)	جذب آب ۲۴ ساعت (%)	واکشی‌دگی ضخامت ۲۴ ساعت (%)
صنوبر مفید	۰/۷۰ ^a	۱۲/۸ ^b	۱۰/۲ ^a	۲۴/۶ ^b	۲۲/۹ ^b
پالونیا (۴ ساله)	۰/۶۹ ^a	۱۴/۰ ^a	۱۰/۲ ^a	۲۵/۰ ^b	۲۳/۱ ^b
پالونیا (۸ ساله)	۰/۶۸ ^a	۱۲/۵ ^b	۹/۷ ^a	۲۴/۳ ^b	۲۲/۰ ^c
صنوبر دلتونیدس	۰/۷۰ ^a	۱۴/۷ ^a	۱۰/۹ ^a	۲۶/۱ ^a	۲۵/۷ ^a

جدول ۴. نتایج آزمون تجزیه واریانس تاثیر نوع چوب بر ویژگی‌های فیزیکی تخته‌خرده‌چوب

منبع تغییرات	مجموع مربعات (SS)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)	مقدار F	سطح معنی‌داری (Sig.)
دانسیته	بین گروه‌ها	۳	۰/۰۰۰	۰/۶۲	۰/۶۰۴
	درون گروه‌ها	۸	۰/۰۰۱		
	کل	۱۱	۰/۰۰۲		
جذب ۲ ساعت	بین گروه‌ها	۳	۹/۳۵۳	۴/۳۱۰	۰/۰۴۴
	درون گروه‌ها	۸	۵/۷۸۷		
	کل	۱۱	۱۵/۱۴۰		
واکشی‌دگی ۲ ساعت	بین گروه‌ها	۳	۱/۹۶۹	۰/۱۹۳	۰/۸۹۸
	درون گروه‌ها	۸	۲۷/۱۴۰		
	کل	۱۱	۲۹/۱۰۹		
جذب ۲۴ ساعت	بین گروه‌ها	۳	۵/۵۲۹	۲/۱۸۸	۰/۱۶۷
	درون گروه‌ها	۸	۶/۷۴۰		
	کل	۱۱	۱۲/۲۶۹		
واکشی‌دگی ۲۴ ساعت	بین گروه‌ها	۳	۲۳/۱۸۷	۴۸/۳۰۶	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۸	۱/۲۸۰		
	کل	۱۱	۲۴/۴۶۷		

همچنین در جدول (۳) میانگین خصوصیات فیزیکی شامل جذب آب و واکنش پذیری ضخامتی بعد از غوطه‌وری ۲ و ۲۴ ساعت تخته‌های حاصل از تیمارهای مختلف ذکر شده است. همان‌طور که در مشخص است، اختلاف میزان جذب آب و واکنش پذیری ضخامتی تخته‌ها پس از دو ساعت غوطه‌وری در آب اندک بوده، اما با افزایش زمان غوطه‌وری تا ۲۴ ساعت اختلاف میزان جذب آب و واکنش پذیری ضخامتی نمونه‌ها افزایش می‌یابد. چنانچه مشاهده می‌شود میزان جذب آب و واکنش پذیری ضخامتی در تخته ساخته شده از صنوبر «مفید» هم‌ردیف با تخته‌های ساخته شده از چوب پالونیا می‌باشد و تخته صنوبر دلتوئیدس میزان جذب آب و واکنش پذیری ضخامتی بیشتری از دیگر نمونه‌ها داشته است.

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس داده‌های به دست آمده از آزمون‌های مقاومتی مشخص گردید ویژگی‌های مقاومتی تخته‌خرد چوب تولیدی از چوب درخت ۴ ساله صنوبر هیبرید «مفید» در مقایسه با نمونه‌های شاهد ساخته شده از چوب ۸ ساله درخت پالونیا و چوب درخت صنوبر دلتوئیدس (*Populus deltoides*) کم و بیش مشابه و در برخی موارد بیشتر بوده است. دلیل این موضوع دانسیته کم تمامی این درختان می‌باشد. در واقع در فرآیند تولید تخته‌خرد چوب، چوب‌های دارای دانسیته پایین از قابلیت فشردگی بیشتری در حین پرس برخوردار بوده و این موضوع سبب فشردگی و اتصالات وسیع‌تر در تخته نهایی گردیده است (حاجی‌حسینی و همکاران، ۱۴۰۰؛ مهدی‌نیا و همکاران، ۱۴۰۰).

به عبارت دیگر هر چه دانسیته ماده اولیه چوبی نسبت به دانسیته نهایی تخته کمتر باشد، ضریب فشردگی تخته بیشتر شده و این امر سبب می‌شود تا حجم بیشتری از ماده چوبی جهت توزیع تنش‌ها وجود داشته باشد و به‌علاوه افزایش سطح تماس بین خرده چوب‌ها سبب انتقال بهینه تنش در بافت تخته شده که نتیجتاً ویژگی‌های خمشی تخته‌خرد چوب را بهبود می‌بخشد (حبیبی و همکاران ۱۳۹۰؛ حبیبی و همکاران ۱۳۹۱؛ لتیباری و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین پدیده بازگشت ضخامت در تخته‌خرد چوب‌های ساخته شده با چوب‌های سبک‌تر، کمتر خواهد بود (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۸۰). از مهمترین عوامل تاثیرگذار بر مدول الاستیسیته

چندسازه‌ها، ویژگی‌های مکانیکی اجزای تشکیل‌دهنده آنها می‌باشد (Einollahi et al., 2021). چنانچه نقش ذرات در چندسازه‌های درشت‌بافتی نظیر تخته‌خرد چوب تقویت کردن مقاومتی چندسازه است (Dodiuk, 2022). چوب درخت پالونیا به دلیل میزان بالای بافت پارانشیمی خواص مقاومتی ذاتی پایینی داشته و ممکن است به این دلیل مقاومت نهایی تخته‌خرد چوب حاصل از این چوب کمتر از تخته‌خرد چوب ساخته شده با چوب صنوبر هیبریدی «مفید» باشد (نوربخش و همکاران، ۱۳۸۸). همچنین نتایج مقاومتی به دست آمده در این پژوهش با پژوهش‌های دیگر همخوانی داشته است (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۷۷؛ حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۸۰؛ نوربخش و همکاران، ۱۳۸۸).

نتایج نشان داد دانسیته تخته‌های ساخته شده از چوب صنوبر «مفید» در سطح قابل قبولی قرار داشته و تفاوت معنی‌داری بین این نمونه‌ها با نمونه‌های شاهد وجود نداشته است. هرچه دانسیته چوب‌های مورد استفاده در تولید تخته‌خرد چوب با دانسیته اسمی ثابت، کمتر باشد، به دلیل فشردگی شدن بهتر کیک خرد چوب و در نتیجه سطح تماس داخلی بیشتر و موثر بودن تماس میان ذرات خرد چوب آغشته به چسب، اتصالات بین ذرات مستحکم‌تر برقرار شده و برگشت ضخامت کمتر اتفاق می‌افتد. در نتیجه دانسیته تخته تولیدی به دانسیته اسمی نزدیک‌تر خواهد شد (حاجی‌حسینی و همکاران، ۱۴۰۰؛ مهدی‌نیا و همکاران، ۱۴۰۰).

اختلاف میزان جذب آب و واکنش پذیری ضخامتی تخته‌ها پس از دو ساعت غوطه‌وری در آب اندک بود، اما با افزایش زمان غوطه‌وری تا ۲۴ ساعت، اختلاف میزان جذب آب و واکنش پذیری ضخامتی نمونه‌ها افزایش یافت. چنانچه مشاهده شد میزان جذب آب و واکنش پذیری ضخامتی در تخته‌خرد چوب ساخته شده از صنوبر مفید هم‌ردیف با تخته‌های ساخته شده از چوب پالونیا می‌باشد و تخته صنوبر دلتوئیدس میزان جذب آب و واکنش پذیری ضخامتی بیشتری از دیگر نمونه‌ها داشته است. مقادیر به دست آمده از میزان جذب آب و واکنش پذیری ضخامتی با دیگر پژوهش‌ها مطابقت داشته (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۷۷؛ حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۸۰؛ نوربخش و همکاران، ۱۳۸۸) و تخته‌های ساخته شده از چوب صنوبر «مفید» دارای میزان جذب آب و واکنش پذیری

بررسی استفاده از چوب درخت صنوبر هیبریدی (بده-کبوده) رقم «مفید» در تولید تخته‌خرده‌چوب/۱۵۱

حسین‌زاده، ع.، نوربخش، ا.، گلبابایی، ف.، کارگر فرد، ا. و سلیمانی‌آشتیانی، ه. (۱۳۸۰) ویژگی‌های تخته‌خرده‌چوب ساخته شده از چوب تولیدی صنوبر در دوره بهره‌برداری کوتاه مدت (چهارساله) در کرج. نشریه تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، ۶(۱۴): ۴۹-۷۲.

زینلی، ف. و کاظمی‌تبریزی، ع. (۱۳۹۳) بررسی تاثیر استفاده از خمیر کاغذ پوست و کل ساقه کنف در اختلاط با خمیر کاغذ بسته‌بندی بازیافتی بر ویژگی‌های کاغذ حاصله. نشریه تحقیقات منابع طبیعی تجدیدشونده، ۵(۴): ۹۲-۷۷.

فائزی‌پور، م.، کبوری، ع. و پارسا پزوه، د. (۱۳۸۱) کاغذ و منابع چندسازه از منابع زراعی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران، ۵۷۳ صفحه.

لتیباری، ا.ج.، گلبابایی، ف.، تمجیدی، ع.، سبحانی، ب. و رئوف‌کیا، ک. (۱۳۹۲) بررسی استفاده از ضایعات چوبی شهری در تولید تخته‌خرده‌چوب. نشریه تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، ۲۸(۱): ۱۰۹-۱۲۲.

مهدی‌نیا، م.، احمدی، م. و موذنی، ا. (۱۴۰۰) بررسی قابلیت استفاده از سرشاخه هرس گونه توری (*Lagerstroemia spp*) در تولید تخته‌خرده‌چوب. مجله تحقیقات منابع طبیعی تجدیدشونده، ۱۲(۲): ۳۵-۴۶.

نوربخش، ا.، کارگر فرد، ا. و گلبابایی، ف. (۱۳۸۸) بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌خرده‌چوب ساخته شده از چوب پالونیا. تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، ۲۴(۱): ۱۵-۲۵.

Dodiuk, H. (2022) Handbook of Thermoset Plastics. A volume in Plastics Design Library. 4th Edition, William Andrew Publishing, Boston, P. 1088.

Einollahi, Y., Hemmasi, A.H., Khademi Eslam, H., Ghasemi, E. and Talaiepour, M. (2021) The Effect of different mineral fillers on starch/rice husk composite properties. BioResources, 16(1): 1772-1786.

Jafari Mofidabadi, A. (2008) Propagation of *Populus caspica* through mature ovary. Journal of Genetic Improvement of Forests and Rangelands Plant Species, 29(1): 13-21.

Jafari Mofidabadi, A., Modir-Rahmeti, A., Tavesoli, A., Kazemi, F., Kelagari, M. and Asadi, F. (2009) Application of embryo rescue (ovary, ovule-embryo culture) in interspecific poplar hybridization. Journal of Pejohesh and Sazendegi, 43(1): 38-41.

Jafari Mofidabadi, A. and Modir-rahmati. A. (2000) Production of *Populus euphratica* Oliv. x *P. alba* L. hybrid poplars through ovary and ovule cultures. Plant Genetic Newsletter, 122(1): 13-15.

Pan, Z., Zhang, R. and Zicari, S. (2019) Integrated Processing Technologies for Food and Agricultural By-Products. 1st Edition, Academic Press Inc, UK, libreria, P. 444.

ضخامتی قابل قبولی بوده است. نتایج دیگر تحقیقات نشان داده که تخته‌خرده چوب‌های ساخته شده با چوب‌های فشرده‌تر، بدلیل حجم کمتر چوب مورد استفاده، هنگام قرارگیری در معرض رطوبت، جذب آب و واکنشیدگی ضخامتی کمتری دارند (حبیبی و همکاران ۱۳۹۰؛ حبیبی و همکاران ۱۳۹۱؛ لتیباری و همکاران، ۱۳۹۲؛ Pan et al., 2019).

در نهایت نتایج نشان داد تخته‌خرده‌چوب تولیدی از چوب درخت صنوبر «مفید» دارای خواص مکانیکی و فیزیکی قابل قبول و کم و بیش مشابه و در برخی موارد بیشتر از نمونه‌های شاهد ساخته‌شده از چوب ۴ و ۸ ساله درخت پالونیا و چوب درخت صنوبر دلتوئیدس (*Populus deltoides*) می‌باشد. همچنین لازم به ذکر است به دلیل سریع‌الرشد بودن صنوبر «مفید» و دانسیته پایین چوب آن، قابلیت فشرده‌سازی در حین فرآیند تولید تخته‌خرده‌چوب از این چوب بالا بوده و در نتیجه تخته‌هایی با ضریب فشرددگی بالا و خصوصیات مکانیکی بهینه تولید خواهند شد.

منابع

جعفری‌مفیدآبادی، ع. و شهرزاد، ش. (۱۳۹۴) تکثیر غیر جنسی صنوبر هیبرید «مفید» (*Populus euphratica* Oliv. × *P. alba* L.) از طریق کشت بافت. نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۲(۳): ۱۲۷-۱۴۱.

حاجی‌حسینی، ر.، صادقی‌پور رنجبر، م. و قهری، س. (۱۴۰۰) امکان استفاده از پسماند لیگنوسولولزی پسته در ساخت تخته‌خرده‌چوب. نشریه تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، ۳۶(۴): ۳۲۹-۳۲۹.

حبیبی، م.، حسینخانی، ح. و مهدوی، س. (۱۳۹۱) قابلیت استفاده از چوب سمر در ساخت تخته‌خرده‌چوب. نشریه تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، ۲۷(۱): ۵۱-۶۸.

حبیبی، م.، حسینخانی، ح.، مهدوی، س. و سپیددم، ج. (۱۳۹۰) اثر گونه چوبی بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌خرده‌چوب. نشریه تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، ۲۶(۱): ۵۸-۷۱.

حسین‌زاده، ع.، نوربخش، ا. و گلبابایی، ف. (۱۳۷۷) بررسی ویژگی‌های تخته‌خرده‌چوب ساخته شده از چوب تولیدی صنوبر در دوره بهره‌برداری کوتاه مدت (سه ساله). نشریه تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، ۳(۷): ۳۷-۱۵.

Investigating the use of a hybrid populus (*euphratica-alba*) cultivar of “Mofid” in particle board production

Ali Kazemi Tabrizi¹ and Farhad Zeinaly^{2*}

- 1) Ph.D. in Wood and Paper Industries, Department of Wood and Paper Industries, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
 - 2) Ph.D. in Wood and Paper Industries, Department of Pulp and Paper Industries, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
- *Corresponding Author Email Address: farhad.zeinaly@yahoo.com

Date of Submission: 2022/12/06

Date of Acceptance: 2023/03/07

Abstract

Cultivation of fast-growing industrial trees is one of the solutions to overcome the wood resources lack. To invest optimally in this field, some cases such as annual growth rate of the cultivated species, species adaptation to the climate of the region, adaptation to the soil of the culture site, and also the quality of the produced wood and its applicability in lignocellulosic industries must be regarded. One of the recently introduced extremely fast-growing poplar cultivars is the Mofid hybrid poplar (*Populus euphratica* Oliv. × *P. alba* L.). Since low-density wood and wood waste, are used as the main source in the particle board production, in this study, the use of 4-year-old “Mofid” hybrid poplar wood as raw material in particle board production was investigated. To make particle board, the screened chips had been resined with 12% resin by a rotary gluer and then pressed for 5 min at a temperature of 170°C and a pressure of 32 kg/cm². The examined tests included density, thickness swelling, bending strength, and internal bonding strength. The results showed that the produced particle board samples with “Mofid” poplar wood had acceptable mechanical and physical properties and they were more or less similar to the paulownia particle board samples (control group).

Keywords: Bending strength, Internal-bonding strength, “Mofid” hybrid populus, Particle board, Paulownia.