Archive of SID

مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی
جلد سیزدهم، شماره ششم، بهمن- اسفند ۱۳۸۵
www.magiran.com/jasnr
www.sid.ir

تدوین برنامه خشک کردن چوب ممرز (*Carpinus betulus*) به ضخامت ۷/۵ سانتی‌متر در کوره

***محراب مدهوشی[۱]، آمیا کاظمی ویسری[۲]، اصغر امیدوار[۱] و قنبر ابراهیمی[۳]**

[۱و۲] به‌ترتیب اعضاء هیأت علمی و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳] عضو هیأت علمی گروه چوب‌شناسی و صنایع چوب دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۸٤/۲/۳۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۵/۲/۱٤

چکیده

چوب سبز و تجارتی ممرز (*Carpinus betulus*) به ضخامت ۷/۵ سانتی‌متر در ۳ مرحله جداگانه و با ۳ برنامه T_3-B_1 (برنامه پیشنهادی FPL)، T_3-B_2 و T_4-B_2 به‌منظور دستیابی به بهترین برنامه کوره به نحوی که کیفیت چوب را در حد اپتیمال حفظ کند تا رطوبت نهایی ۸ درصد خشک گردید. دمای خشک اولیه در هر یک از سه برنامه به‌ترتیب، ٤۳، ٤۳ و ٤٤ درجه سانتی‌گراد و دمای خشک نهایی ۷۱، ۷۱ و ۸۲ درجه سانتی‌گراد انتخاب گردید. مقدار معایب کمانی، انحناء، تاب و ترک سطحی تخته‌ها در هر یک از مراحل اندازه‌گیری و تحلیل و ارزیابی نتایج با استفاده از ترسیم نمودارهای کنترل کیفیت به‌عمل آمد. نتایج نشان دادند که میزان تغییرات معایب مورد نظر تخته‌های خشک شده در برنامه T_4-B_2 در مقایسه با دو برنامه دیگر نسبت به قبل از خشک شدن در دامنه قابل قبول آماری قرار دارند و پراکنش آنها نسبت به خط میانگین از وضعیت بهتری برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: برنامه کوره، ممرز، انحناء، تاب، ترک سطحی

مقدمه

آب بخش قابل توجه‌ای از درخت زنده را تشکیل می‌دهد، از این رو وقتی درختی می‌میرد یا در اثر قطع و استحصال تبدیل به الوار می‌شود بخش قابل توجه‌ای از رطوبت موجود خود را در اثر تبادل رطوبتی با محیط از دست می‌دهد (کلمن و کوت، ۱۹۸٤؛ اسکار، ۱۹۸۸؛ سیمپسون، ۱۹۸۳ب)، اما این مقدار کاهش به میزانی نیست که امکان دستیابی به مقدار رطوبت مورد نیاز در فرآیندهای بعدی تبدیل الوار در واحدهای تولید مصنوعات چوبی را فراهم سازد. بنابراین چوب الزاماً باید طی فرآیندهای مشخصی خشک گردد که به‌طور شاخص و تجارتی شامل چوب خشک‌کنی در هوای آزاد و چوب خشک‌کنی در کوره می‌باشد. بر خشک کردن چوب فوائدی مترتب است که می‌توان به‌طور خلاصه به موارد زیر اشاره نمود (ابراهیمی و فائزی‌پور، ۱۳۷۳؛ ابراهیمی، ۱۳٦۲؛ کلمن و کوت، ۱۹۸٤): ۱) ثبیت ابعاد بهتر چوب، ۲) افزایش قابل توجه عمر مفید چوب در هنگام مصرف به جهت کاهش تبادل رطوبتی با محیط، ۳) بهبود قابل توجه خواص مکانیکی، ٤) کاهش هزینه حمل الوار، ۵) سهولت پرداخت و ماشین‌خوری.

*- مسئول مکاتبه: madhoushi@gau.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

هر چند چوب خشک‌کنی در هوای آزاد در نگاه اول ساده و اقتصادی به‌نظر می‌رسد، معطل ماندن سرمایه و افت کیفیت قابل توجه چوب‌آلات از یکسو و عدم امکان دسترسی به رطوبت‌های پایین مورد نظر به هنگام مصرف از سوی دیگر از معایب این روش به شمار می‌روند (ابراهیمی، ۱۳٦۲؛ سیمپسون، ۱۹۸۳الف). بنابراین خشک کردن چوب در کوره تحت شرایط کنترل شده‌ای از دما و رطوبت نسبی تحت عنوان برنامه کوره[1] ضمن مرتفع ساختن موارد فوق، امکان دسترسی به پراکنش یکنواختی از رطوبت نهایی مطلوب را مهیا می‌سازد (ابراهیمی و فائزی‌پور، ۱۳۷۳؛ ونگارت و دنیگ، ۱۹۹۵؛ کازلیک و بوون، ۱۹۸۷).

هرگونه چوبی برنامه ویژه خود را دارد (کلمن و کوت، ۱۹۸٤؛ راسموسن، ۱۹٦۱؛ سیمپسون، ۱۹۸۳الف و ب؛ سیمپسون و وانگ، ۲۰۰۱) و به همین دلیل استفاده از برنامه‌های مخصوص به هرگونه به منظورخشک کردن آن با توجه به معضلات عدیده‌ای که بخش منابع طبیعی کشور به لحاظ تأمین مواد خام چوبی با آن روبروست، برای صنایع امری اجتناب‌ناپذیر است. از این رو هدف این مقاله در راستای مطالعات مربوط به تدوین برنامه‌های خشک‌کنی کوره برای گونه‌های ایران که توسط مدهوشی و ابراهیمی برای اولین بار در کشور در سال ۱۳۷۳ برروی گونه راش آغاز و در سال ۱۳۷٦ منجر به انتشار نتایج آن گردید و طی سال‌های بعدی توسط محققین دیگری برروی گونه‌های دیگر ادامه یافت، معرفی برنامه اصلاح و تدوین شده کوره برای چوب‌آلات ممرز ایران به ضخامت ۷/۵ سانتی‌متر می‌باشد. ممرز جزو گونه‌های صنعتی بومی ایران می‌باشد و در درودگری، صنایع مبلمان، قالب‌سازی و ماکوسازی مصارف بالایی دارد (پارساپژوه، ۱۳٦۸). علت انتخاب این ضخامت نیز به امکان تعمیم برنامه آن به ضخامت‌های پایین‌تر برمی‌گردد. با مروری بر منابع موجود متأسفانه سطح اختلاف فاحش بین وضعیت تحقیقات داخلی و مطالعات به‌عمل آمده در بسیاری از کشورهای دنیا در این زمینه مشخص و اهمیت بیش از پیش لزوم انجام تحقیقات در راستای تدوین برنامه‌های چوب خشک کنی گونه‌های داخلی روشن می‌گردد.

پس از معرفی اولین سری از برنامه‌های کوره گونه‌های ایالات‌متحده آمریکا در اوایل دهه ۱۹۵۰ (کلمن و کوت، ۱۹۸٤)، اولین راهنمای عملی راه‌اندازی کوره‌های چوب خشک‌کنی توسط راسموسن (۱۹٦۱) منتشر گردید که حاوی اطلاعات مفیدی در مورد کد برنامه‌های مختلف پهن‌برگان و سوزنی‌برگان ایالات متحده آمریکا بود. تدوین برنامه‌های کوره طی دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ برای گونه‌های دیگر و در کشورهای مختلف به همراه مطالعات تکمیلی و عمیق‌تر در خصوص رفتار خشک شدن آنها ادامه یافت (هوکز، ۱۹۷۷؛ سیمپسون، ۱۹۸۳ الف و ب). در دهه ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ و نیز قرن جاری این روند شتاب بیشتری یافت و منجر به انتشار مقالات متعددی در این رابطه گردید که به‌عنوان نمونه می‌توان به انتشار برنامه‌های مربوط به گونه‌های مناطق معتدله و استوایی (بوون و همکاران، ۱۹۹۳؛ کازلیک و بوون، ۱۹۸۷؛ سیمپسون و وانگ، ۲۰۰۱) و بررسی مسائل اقتصادی کوره‌های چوب خشک‌کنی پهن‌برگان (آرمسترانگ، ۱۹۸۹) اشاره نمود. تأثیر برنامه‌ها و شرایط داخلی کوره برروی سرعت و کیفیت خشک شدن و نیز انتشار گازهای سمی از چوب‌آلات حاوی صمغ در مطالعات دیگری مورد بحث قرار گرفت (رابین، ۲۰۰۰؛ سیمپسون، ۲۰۰۱).

در ارتباط با مطالعات به‌عمل آمده برروی گونه‌های داخلی به‌ترتیب قدمت می‌توان به جدول ۱ اشاره کرد که برنامه پیشنهادی در آنها بر پایه کد برنامه‌های FPL اصلاح شده است. شیوه بکار گرفته شده در اصلاح و تدوین برنامه‌ها در تمامی مراحل مطالعات ۲ تا ۷ یکسان و مشابه روش اتخاذ شده توسط مدهوشی و ابراهیمی (۱۳۷٦) می‌باشد و در این مطالعه نیز از همان روش به‌منظور اصلاح برنامه ممرز ۷/۵ سانتی‌متر استفاده گردید که بر مبنای اصول آماری کنترل کیفیت ذکر شده است (ابراهیمی، ۱۳۷۵؛ مدهوشی و ابراهیمی، ۱۳۷٦).

1- Kiln Schedule

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- سابقه تدوین مهم‌ترین برنامه کوره گونه‌های چوبی ایران به ترتیب قدمت.

ترتیب	محقق	سال انتشار	گونه و ضخامت (سانتی‌متر)	برنامه پیشنهادی
۱	مدهوشی و ابراهیمی	۱۳۷٦	راش، ۵	T_5- D_1
۲	عشوری و ابراهیمی *	۱۳۷۸	بلوط بلند مازو، ۲/۵	T_4- D_3
۳	تذکر رضایی	۱۳۷٦	راش، ۷/۵	T_4- B_2
٤	تمجیدی و ابراهیمی	۱۳۷۷	توسکای ییلاقی، ۵	T_8- E_4
۵	نجفی	۱۳۷۷	بلوط بلند مازو ، ۳/۲	T_5- D_3
٦	چاووشی اکبری	۱۳۷۸	بلوط بلند مازو، ۵	T_4- D_3
۷	پیمان سعادت	۱۳۷۹	ممرز، ۵	T_3- B_1

* سال انجام تحقیق ۱۳۷۵.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه‌های آزمایشی: تخته‌های مورد آزمایش به‌طور تجارتی و به ضخامت ۷/۵ سانتی‌متر از منطقه کلاردشت تهیه و به محل آزمایشگاه در کلارآباد منتقل گردید. مقاطع چوب‌ها قبل از برش و نیز به هنگام دسته‌بندی به‌ترتیب توسط ضد زنگ و پارافین اندود شدند. در مجموع سه بار جداگانه کوره به‌منظور اجرای سه برنامه مجزا تهیه گردید. جدول ۲ اطلاعات مربوط به هر بار را نشان می‌دهد. اندازه‌گیری ابعاد و معایب برروی تخته‌های ردیف‌های زوج و در مجموع ۳٦ تخته انجام گردید. معایب مورد نظر شامل عیوب کمانی، انحناء، تاب و ترک‌های سطحی بودند که مقادیر هر یک از آنها قبل و بعد از خشک شدن تعیین و مقدار تغییر آنها محاسبه گردید. تعیین درصد نوع برش‌ها به لحاظ اهمیت آنها در خشک شدن چوب نیز براساس مشاهدات بصری و برروی هر دو سطح انجام شد (جدول ۲). بار کوره پس از دسته‌بندی توسط بلوک‌های سیمانی از سمت بالا مهار گردیدند تا احتمال کمانی، انحناء و تاب برداشتن چند ردیف فوقانی کاهش یابد.

تهیه نمونه‌های کنترل و آزمونه‌های تعیین رطوبت اولیه چوب‌های بارکوره: نمونه‌های کنترل از هر بار کوره به تعداد ۱۲ عدد و به طول ۷۵ سانتی‌متر و به فاصله ۹۰ سانتی‌متر از انتهای تخته انتخاب گردید به‌طوری‌که معرف میانگین خصوصیات فیزیکی چوب‌های بار کوره بودند (شکل ۱). فاصله به‌منظور حذف اثر خشکی مقطع در نظر گرفته شد. آزمونه‌های تعیین رطوبت از دو سر نمونه‌های کنترل انتخاب و مقدار رطوبت برای ۳ بار کوره به‌ترتیب ۳۱/۳٦، ۳۳ و ۳۲/۹ درصد تعیین گردید.

اجرای برنامه‌ها: برروی هر بار کوره برنامه مجزایی اجرا و پس از تحلیل نتایج و ارزیابی وضعیت خشک شدن بار بعدی با برنامه دیگری خشک گردید. ابتدا برنامه T_3-B_1 (برنامه پیشنهادی FPL برای گونه ممرز آمریکایی به ضخامت ۷/۵ سانتی‌متر) (جدول ۳) به‌عنوان برنامه مبنا در نظر گرفته شد و برروی چوب‌های مرحله اول اجرا گردید. سپس چوب‌های مرحله دوم و سوم به‌ترتیب با برنامه‌های T_3-B_2 و T_4-B_2 خشک گردیدند.

جدول ۲- تعداد، میانگین ابعاد (میلی‌متر)، حجم کل (مترمکعب)، نوع برش (درصد) تخته‌ها به تفکیک هر مرحله.

مرحله	تعداد	طول	پهنا	ضخامت	حجم	مماسی	شعاعی	بینابینی
۱	۹۲	۲٦۰۵/۹ (۵۱/۸)*	۱۵۲/۹۹ (۱۰/۸۲)	۷۵/۸٦ (۱/۰۵)	۲/۷۸	۳۰/۵۵	۳۳/۳۳	۳٦/۱۱
۲	۹۵	۲٦۲۷ (٤۸)	۱۵۰/۰٤ (۱۱/۰۳)	۷۵/٦۱ (۰/٦۳)	۲/۸۳	۳۰/۵۵	٤۷/۲۲	۲۲/۲۲
۳	۹۳	۲٦۱۲/٦ (۳۱/۵)	۱۵۳/٤٦ (۱۰/۱٤)	۷۵/٤۲ (۰/٦۳)	۲/۸۱	۳٦/۱۱	٤۱/٦٦	۲۲/۲۲

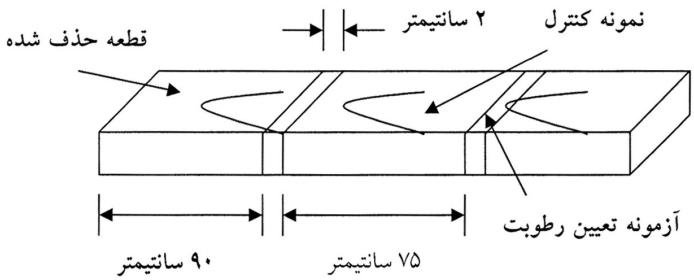
* اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده انحراف معیار می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- برنامه‌های اجرا شده برای بارهای کوره به تفکیک هر مرحله.

	برنامه بار اول -			$T_3 - B_1$
رطوبت چوب (درصد)	دمای خشک (درجه سانتی‌گراد)			اختلاف دمای خشک و تر (درجه سانتی‌گراد)
بالای ۳۵	٤۳			۲
۳۵	٤۳			۲
۳۰	٤۹			۳
۲۵	٥٤			٥
۲۰	٦۰			۱٤
۱٥	۷۱			۲۸
	۷۱	متعا دل سازی ۲٥ ساعت		۱۹
	۷۱	تنش زدایی ۲٤ ساعت		٥
	برنامه بار دوم -			$T_3 - B_2$
رطوبت چوب (درصد)	دمای خشک (درجه سانتی‌گراد)			اختلاف دمای خشک و تر (درجه سانتی‌گراد)
بالای ۳٥	٤۳			۲
۳٥	٤۳			۳
۳۰	٤۹			٤
۲٥	٥٤			۸
۲۰	٦۰			۱۷
۱٥	۷۱			۲۸
	۷۱	متعا دل سازی ۱٦/٥ ساعت		۱۹
	۷۱	تنش زدایی ۸ ساعت		٥
	برنامه بار سوم -			$T_4 - B_2$
رطوبت چوب (درصد)	دمای خشک (درجه سانتی‌گراد)			اختلاف دمای خشک و تر (درجه سانتی‌گراد)
بالای ۳٥	٤٤			۲
۳٥	٤٤			۳
۳۰	٤۹			٤
۲٥	٥٤			۸
۲۰	٦۰			۱۷
۱٥	۸۲			۲۸
	۸۲	متعا دل سازی ۲۳ ساعت		۲۰
	۸۲	تنش زدایی ٦ ساعت		٥



شکل ۱ - روش بریدن نمونه کنترل و آزمونه‌های تعیین رطوبت.

www.SID.ir

Archive of SID

همان‌طوری که از جدول ۳ مشخص است دمای خشک نهایی مطابق کدهای پیشنهادی در دو برنامه اول ۴۳ و در برنامه سوم ٤٤ درجه سانتی‌گراد انتخاب گردید. در حین اجرای برنامه متوسط رطوبت نمونه‌های کنترل هر ۲٤ ساعت به‌منظور انتخاب شرایط جدید گام برنامه برآورد می‌گردید. پس از پایان اجرای هر یک از برنامه‌ها، تیمارهای متعادل سازی به‌منظور یکنواخت کردن پراکنش رطوبتی نمونه‌ها و تنش‌زدایی جهت رفع عیب برون سختی با زمان‌های متفاوت و مطابق جدول ۳ اجرا گردید. زمان تنش‌زدایی با توجه به میزان برگشت عیب برون سختی لنگه‌های آزمونه تنش بعد از تنش‌زدایی در مقایسه با قبل از آن مشخص می‌شد.

تغییرات معایب: پس از تعیین مقدار تغییرات اعوجاج و ترک‌های سطحی قبل و بعد از خشک شدن، هر طبقه از چوب‌هایی که اندازه‌گیری برروی آنها انجام شده بود (در مجموع ٦ ردیف) به‌عنوان یک بهر فرض شد تا با استفاده از تکنیک‌های کنترل کیفیت و بر پایه قوانین آماری و تعیین حدود قابل قبول برای آنها، روند تغییرات این عیوب مشخص گردد. بدین منظور از نمودارهای بازرسی مشخصه کمی استفاده شد. همچنین وضعیت کل معایب در هر یک از بارهای خشک شده با استفاده از نمودارهای بازرسی مشخصه کیفی تحلیل گردید. در این ارتباط هر یک از معایب کمانی، انحنا، تاب و ترک سطحی به‌عنوان یک عیب و هر طبقه اندازه‌گیری شده در هر بار به‌عنوان یک بهر منظور گردید.

آزمون گرادیان رطوبتی: در پایان اجرای هر برنامه و پس از تنش‌زدایی تعداد ۱۲ عدد آزمونه گرادیان رطوبتی به‌منظور تعیین وضعیت تغییرات رطوبت در ضخامت چوب‌ها و نیز بهترین زمان تنش‌زدایی با توجه به آزمونه‌های تنش تهیه گردید.

نتایج و بحث

تغییرات رطوبت چوب‌ها و دمای برنامه: با توجه به وضعیت رطوبت نمونه‌های کنترل روند کاهش میانگین رطوبت کل نمونه‌های کنترل و نیز چگونگی تغییرات دماهای خشک و تر برنامه‌های ۳ گانه طی زمان خشک شدن در شکل ۲ ترسیم شده‌اند. ترسیم این نمودارها برای بارهای متعدد کوره از یک گونه می‌تواند گویای سرعت کاهش رطوبت چوب طی زمان باشد. همانگونه که مشاهده می‌شود برنامه دوم به‌رغم وجود رطوبت اولیه بیشتر در چوب‌ها شرایط شدیدتری را برای خشک کردن فراهم می‌کند که شاید چندان مطلوب به نظر نرسد. برنامه‌های اول و سوم شرایط تقریباً مشابه‌ای را نشان می‌دهند. شرایط شدید نامطلوب موجود در برنامه دوم با توجه به چگونگی تغییرات معایب نیز قابل اثبات است.

تغییرات معایب: نمودارهای مشخصه کمی برای مقدار تغییرات اعوجاج، ترک‌های سطحی و نیز نمودارهای کیفی مربوط به تعداد کل معایب در مراحل سه‌گانه خشک شدن در شکل ۳ ترسیم شده است. به‌منظور مقایسه نتایج حاصله از تغییرات معایب، نمودارهای مربوط به هر عیب به‌طور جداگانه به‌صورت جدول ٤ بررسی و برنامه مناسب‌تر در هر مورد انتخاب گردید. همان‌طوری که مشخص است در یک نتیجه‌گیری اولیه برنامه T_4-B_2 از وضعیت بهتری نسبت به سایر برنامه‌ها برخوردار می‌باشد.

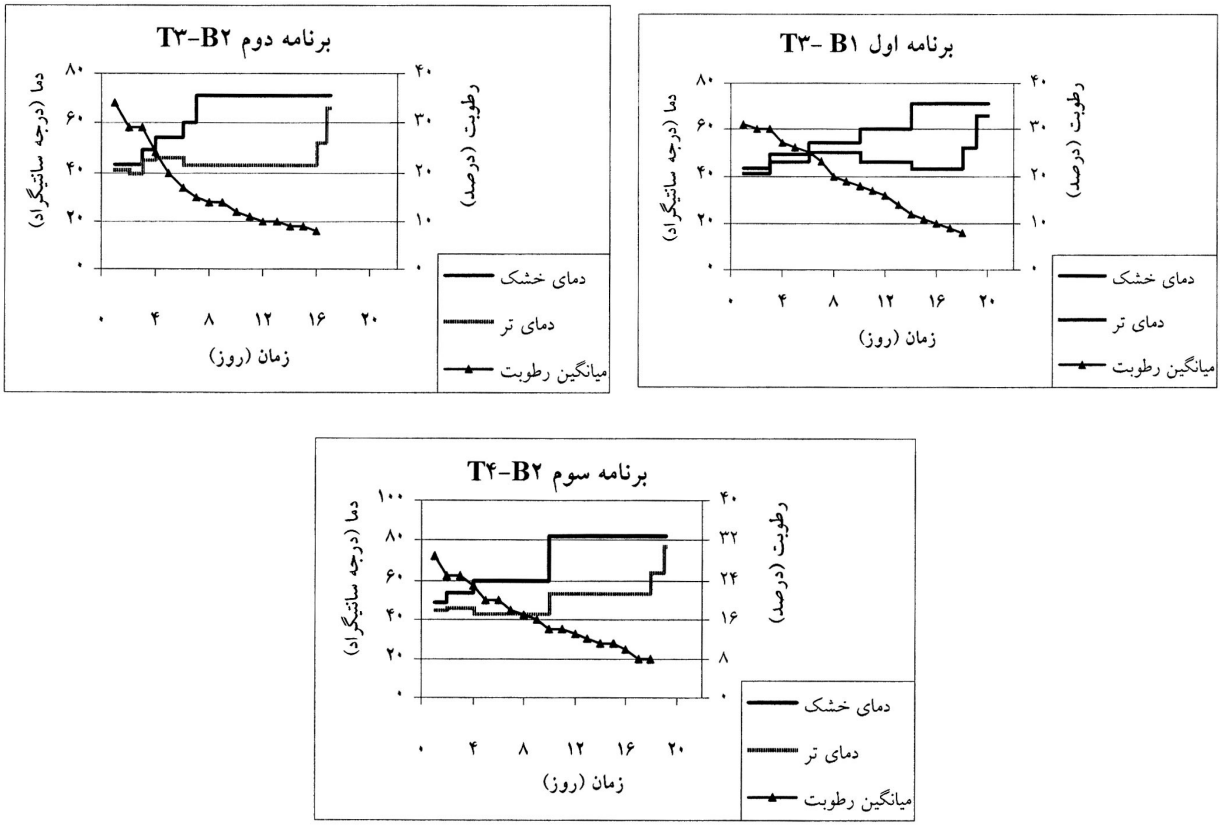
آزمون گرادیان رطوبتی: نتایج این آزمون پس از اجرای هر برنامه در شکل ٤ نشان می‌دهد که رطوبت در پوسته و مغزی نمونه‌ها در هر سه برنامه از توزیع قابل انتظاری برخوردار است، به‌طوری که مقدار رطوبت در مغزی بیشتر از مقدار آن در دو سطح ضخامتی است. لازم به یادآوری است که هرچند روند تغییرات در هر سه برنامه مشابه است برنامه سوم در بین دو برنامه دیگر قرار می‌گیرد و رطوبت از توزیع یکنواخت‌تری برخوردار است به نحوی که تغییرات کمتری مشاهده می‌شود، از این رو در مقام مقایسه مناسب‌ترین می‌باشد. لازم به ذکر است که برنامه دوم در این آزمون اختلاف بیشتری بین رطوبت مغز و سطح دارد، همان طوری که قبلاً در سایر موارد نیز شدت تغییرات معایب بیشتری را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

با اجرای برنامه‌های T_3-B_1 (برنامه پیشنهادی FPL)، T_3-B_2 و T_4-B_2 به منظور دستیابی به بهترین برنامه کوره چوب‌آلات ممرز ایران به ضخامت ۷/۵ سانتی‌متر مشخص گردید که از نظر کیفیت معایب، تا حدودی برنامه اول (T_3-B_1) و تا حد بسیار زیادی برنامه سوم (T_4-B_2) از شرایط مناسب‌تری برخوردار می‌باشند. اگرچه تعداد معایب ایجاد شده از نظر کیفی مطلوب و نیز گرادیان رطوبتی در هر سه برنامه تقریباً مشابه است و دلالت بر امکان اجرای این برنامه‌ها دارد برنامه سوم با توجه به تغییرات کمی اعوجاج و ترک‌های سطحی و نیز اختلاف کمتر رطوبت مغزی و سطحی به‌عنوان برنامه مناسب برای این گونه پیشنهاد می‌گردد.



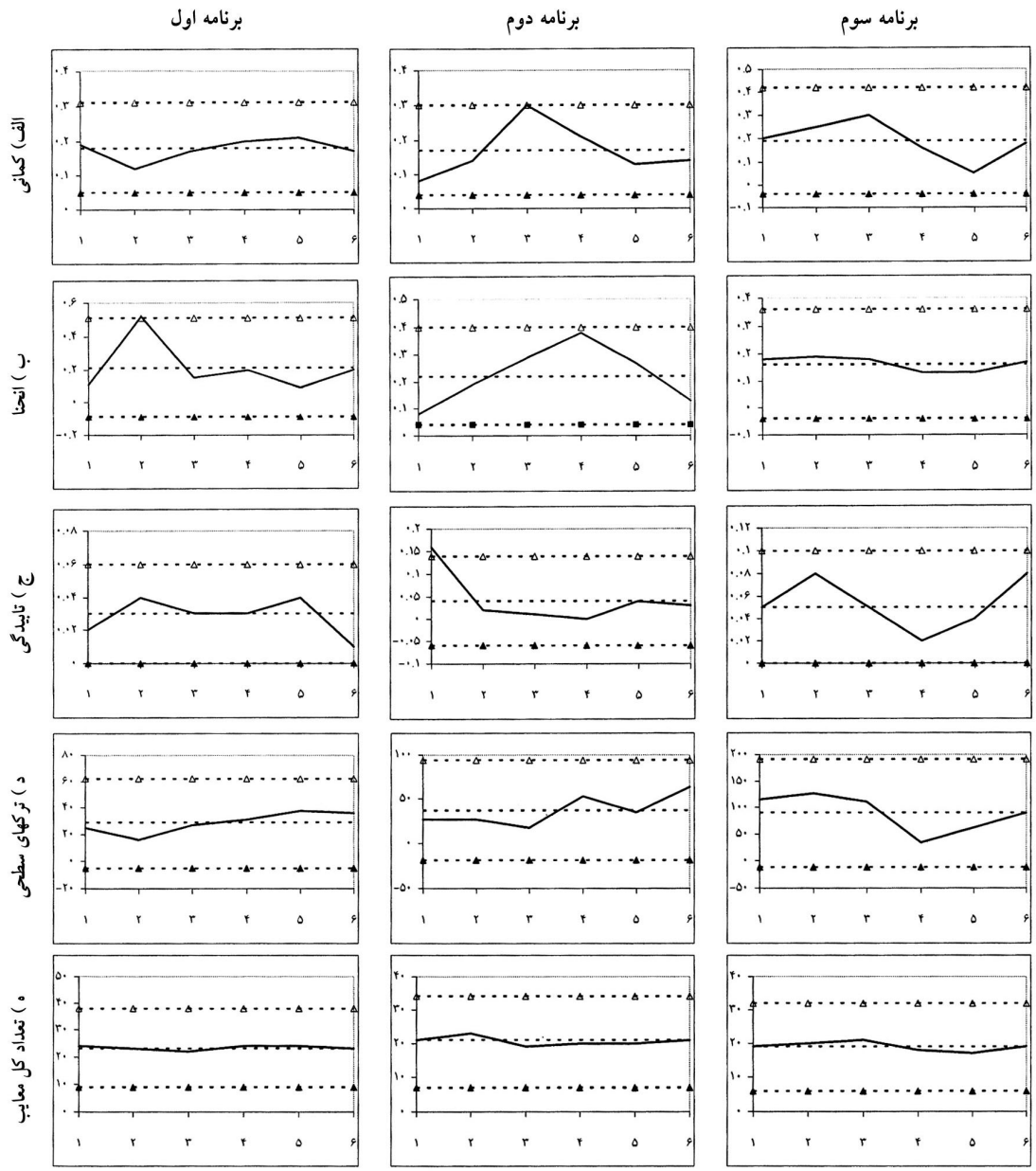
شکل ۲- منحنی تغییرات دمای سه برنامه کوره و کاهش رطوبت چوب‌های بار کوره طی زمان در سه مرحله خشک شدن.

جدول ٤- مقایسه کلی برنامه‌ها براساس نمودارهای کنترل کیفیت و نتایج حاصله.

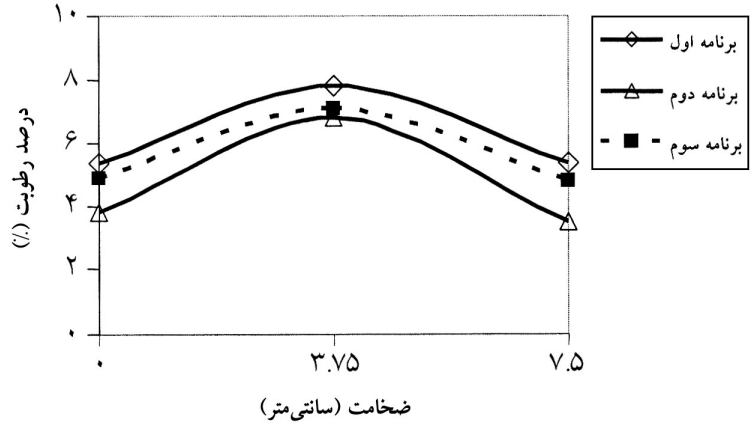
برنامه	نوع عیب				تعداد کل معایب	گرادیان رطوبتی
	کمانی	انحنا	تابیدگی	ترک‌های سطحی		
$T_3 - B_1$	مناسب	–	–	مناسب	مناسب	مناسب
$T_3 - B_2$	–	–	مناسب	–	مناسب	مناسب
$T_4 - B_2$	مناسب	مناسبترین	مناسب	مناسب	مناسب	مناسب ترین

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- نمودار مشخصه کمی برای میانگین شدت تغییرات اعوجاج و ترک‌های سطحی در مراحل سه گانه خشک شدن. محور افقی نشان‌دهنده شماره ردیف تخته‌هاست. محور قائم از الف تا د میلی‌متر و ح تعداد می‌باشد.



شکل ٤- منحنی توزیع رطوبت در آزمون گرادیان رطوبتی.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

۱.ابراهیمی، ق. ۱۳٦۲. چوب خشک کنی درهوای آزاد (ترجمه)، چاپ اول، انتشارات علمی و فن، ۲۵۳ صفحه.

۲.ابراهیمی، ق و م.فائزی پور. ۱۳۷۳. چوب خشک کنی در کوره. چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، ٤٦۱ صفحه.

۳.ابراهیمی، ق. ۱۳۷۰. کنترل کیفیت «علوم اطمینان، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۸۸ صفحه.

٤.پارسا پژوه، د. ۱۳٦۸. تکنولوژی چوب، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ٤۰٤ صفحه.

۵.چاووشی اکبری، ر. ۱۳۷۷ .تدوین برنامه کوره برای خشک کردن چوب بلوط بلند مازو ۵۰ میلی‌متر، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، ۹۸ صفحه.

٦.تذکر رضایی، ا. ۱۳۷٦ .تدوین برنامه کوره برای خشک کردن چوب راش ۷/۵ میلی‌متر، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، ۸۸ صفحه.

۷.تمجیدی، ع. و ابراهیمی، ق. ۱۳۷۷. تدوین برنامه خشک کردن چوب توسکا به ضخامت ۵ سانتی‌متر (*Alnus subcordata*). پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس، ۸۵ صفحه.

۸.سعادت، پ. ۱۳۷۹. تدوین برنامه خشک کردن چوب ممرز به صخامت ۵۰ میلی‌متر، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، ۷۹ صفحه.

۹.عشوری، ع و ابراهیمی، ق. ۱۳۷۸. تدوین برنامه خشک کردن چوب بلوط در کوره متعارف، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ٦(۳): ۳٦-۳۱.

۱۰.مدهوشی، م. و ابراهیمی، ق. ۱۳۷٦. تدوین برنامه خشک کردن چوب راش (*Fagus orientalis*) در کوره، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ٤ (٤): ۱٤-۵.

۱۱.نجفی، ه. ۱۳۷۷. تدوین برنامه کوره برای خشک کردن چوب بلوط بلند مازو ۳۲ میلی‌متر، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، ۸٦ صفحه.

12.Armstrong, J.P. 1989. Feasibility of integrated manufacturing system for kiln hardwood. Forest Prod. J.: 39 (3): 59-63.

13.Boone, R.S., Kozlik, Ch.J., and Bois, P.J. 1993. Dry kiln schedules for commercial wood. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory.

14.Hooks, R.A. 1977. Drying of British wood. TRADA. 4 pp.

15.Kollmann, F., and Cote, W.A. 1984. Principles of wood science and technology. Vol I. Springer-Verlag.

16.Kozlik, C.J., and Boone, R.S. 1987. High-temperature kiln drying of 1-inch red alder lumber. Forest Prod. J.: 37(6): 21-24.

17.Rausmussen, E.F. 1961. Dry kiln operator is manual: USDA Forest Service, 197 pp.

18.Rubin, Sh. 2000. Influence of drying schedule on VOC emission from kiln-drying Loblolly pine lumber. Forest Prod. J. 50 (4):

19.Skaar, C. 1988. Wood-water relations. Spring-verlag. 283 p.

20.Simpson, W.T. 1983a. Drying wood: A review, Part I. Drying Technology J. 2 (2): 235-264.

21.Simpson, W.T. 1983b. Drying wood: A review, Part II. Drying Technology J. 2 (2): 353-368.

22.Simpson, W.T. 2001. Effect of air velocity on the drying rate of single eastern White pine boards. USDA Forest Service Research Note. 7 p.

23.Simpson, W.T., and Wang, X. 2001. Time-based kiln drying schedule for sugar maple for structural uses. USDA Forest Service Research Note. 6.

24.Wengert, E.N., and Denig, J. 1995. Lumber drying today and tomorrow. Forest Products J.: 45(5): 22-30.

www.SID.ir

Archive of SID

J. Agric. Sci. Natur. Resour., Vol. 13(6), Feb-Mar 2007
www.magiran.com/jasnr

Kiln-drying schedule for *Carpinus betulus* with thickness of 7.5 cm

M. Madhoushi[1], A. Kazemi-Veisari[2], A. Omidvar[1] and Gh. Ebrahimi[3]
[1, 2]Respectively Faculty members and Former M.Sc. student, Dept. of wood and paper engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Dept., of wood Science and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran

Abstract

To establish a kiln-drying schedule for Iranian hornbeam *(Carpinus betulus)*, modification of a recommended FPL schedule (Forest Products Laboratory) was adopted. This study was conducted by using of a conventional kiln in pilot scale and by applying a three-step experimental modification on green and commercially cut hornbeam lumber with nominal thickness of 7.5 cm. T_3-B_1 was selected as basis schedule followed by applying of T_3-B_2 and T_4-B_2 as recommended by FPL. The physical characteristics of lumbers were recorded before and after drying for comparison by using of the quality control chart technique. Results showed that the drying of Iranian hornbeam with T_4-B_2 is more satisfactory compared with other kiln schedules.

Keywords: Kiln schedule; Hornbeam; Crooking; Warping; Surface check

www.SID.ir