

## مقایسه پارامترهای سفتی دو نوع نخل خرما به روش غیر مخرب

محمدعلی سعادت‌نیا<sup>۱\*</sup>، نوشین ستاری<sup>۲</sup>، مهران روح‌نیا<sup>۳</sup> و محسن بهمنی<sup>۴</sup>

\*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیا، بهبهان، ایران  
پست الکترونیک: msaadatnia92@gmail.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیا، بهبهان، ایران

۳- استاد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، ایران

۴- استادیار، گروه علوم جنگل، دانشگاه شهرکرد، ایران

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۶

### چکیده

هدف از انجام این تحقیق محاسبه و مقایسه مدول الاستیسیته و گسیختگی دو واریته *Khasi* و *Hajmohamadi* نخل خرما (*Phoenix dactylifera L*) موجود در استان خوزستان به روش استاتیک و دینامیک بود. برای ارزیابی استاتیکی از آزمون خمش استاتیک و برای روش غیرمخرب از تکنیک ارتعاش خمشی تیر دو سر آزاد استفاده شد. به منظور کاهش اختلاف مقادیر استاتیک و دینامیک، مدول الاستیسیته استاتیک دو نوع نخل با عدم تأثیر تغییر شکل برشی طی خمش اصلاح شد. همچنین برای ارزیابی دقیق‌تر ویژگی‌های مکانیکی چوب نخل، داده‌های به دست آمده با مقادیر اندازه‌گیری شده آن بر روی نمونه‌های آزمون‌ی صنوبر (*Populus deltoids*) مقایسه شدند. نتایج نشان داد که مدول دینامیک، مدول الاستیسیته استاتیک، مدول اصلاح شده و مدول گسیختگی نخل خاصی نسبت به نخل حاج محمدی به ترتیب ۷۲، ۱۰۵، ۱۰۹ و ۶۳ درصد کمتر بود. اگرچه میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده در نخل به مراتب کمتر از مقادیر آن در صنوبر مشاهده شد. همچنین داده‌های حاصل به وضوح نشان داد که بین مقادیر استاتیک و دینامیک اختلاف معنی‌داری وجود دارد، این اختلاف برای نخل خاصی، حاج محمدی و صنوبر به ترتیب ۸۱، ۵۳ و ۲۳ درصد ثبت شد. با صرف نظر از تغییر شکل برشی در هنگام خمش، فاصله بین داده‌های استاتیک و دینامیک برای نخل خاصی ۱۴، برای حاج محمدی ۱۶ و برای صنوبر ۹ درصد کاهش یافت. در پایان با مطالعه رگرسیون خطی ساده، همبستگی بالایی بین مدول الاستیسیته، مدول گسیختگی و مدول دینامیکی دو نوع نخل مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: نخل خرما، صنوبر، مدول الاستیسیته اصلاح شده، مدول گسیختگی.

### مقدمه

آزمون‌های غیرمخرب ابزاری مناسب برای ارزیابی خواص مکانیکی چوب و مواد مرکب چوبی محسوب می‌شوند. با استفاده از این روش درصد ضایعات کاهش،

زمان انجام آزمایش کوتاه و درعین حال تغییری در ماهیت ماده مورد مطالعه ایجاد نمی‌شود (Ross & Pellerin, 1994). یکی از ساده‌ترین روش‌های غیرمخرب مورد استفاده در محصولات چوبی، روش

می‌دهد. دو واریته فراوان موجود در استان خوزستان نخل خاصی<sup>۱</sup> و حاج محمدی<sup>۲</sup> بوده که علاوه بر تفاوت در شکل میوه، از نظر ویژگی‌های فیزیکی به ویژه دانسیته هم باهم متفاوت بوده، به طور مثال در مطالعه‌ای Tarmian و همکاران (۲۰۱۳) تغییرات دانسیته نخل‌های استان کرمان را بین ۰/۲۵ تا ۰/۳۹ gr/cm<sup>3</sup> گزارش کردند (Tarmian et al., 2013). تغییرات این ویژگی مهم بر مدول الاستیسته ویژه (که از تقسیم مقدار سفتی بر دانسیته نمونه به دست می‌آید) اثر گذاشته و این مسئله با اثر بر روی ثابت‌های الاستیک باعث تغییر ویژگی‌های ارتعاشی چوب می‌شود (Bremaud et al., 2012). بنابراین محاسبه ویژگی‌های مکانیکی دو نوع نخل به روش غیرمخرب همراه با تغییر خواهد بود. این تحقیق در نظر دارد در گام نخست دامنه تغییرات دانسیته دو واریته نخل را اندازه‌گیری کرده، سپس با یکی از ساده‌ترین تکنیک‌های ارتعاش (ارتعاش خمشی) مدول الاستیسته آن را محاسبه و با مقادیر استاتیکی مقایسه کند. در صورت تفاوت زیاد بین مقادیر مذکور علت را تشریح و از روش اعمال اثر تغییر شکل برشی طی آزمون استاتیک که توسط Tranishi و همکاران (۲۰۰۸) پیشنهاد شده (Tranishi et al., 2008)، اختلاف بین مقادیر دینامیکی و استاتیکی نمونه‌های آزمون نخل را کاهش دهد و در نهایت با ارزیابی‌های مقایسه‌ای اطلاعات پایه‌ای مناسبی را در کاربرد این ماده لیگنوسولوزی در اختیار مصرف‌کنندگان آن قرار دهد.

### مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق از منطقه غربی استان خوزستان، دو درخت نخل خرما (*Phoenix dactylifera*) با نام‌های محلی خاصی و حاج محمدی (شکل ۱) با مشخصات ذکر شده در جدول ۱ قطع و از هریک از آنها نمونه‌های آزمونی در دو جهت عمود برهم از سمت مغز به سمت

ارتعاش است که به سه شکل طولی، خمشی و پیچشی بر ماده مورد مطالعه اعمال می‌شود (Smith, 2001). در مقایسه با روش فراصوتی با فرکانس بالای ۲۰ کیلوهرتز، در این روش از سطوح فرکانسی پایین (بین ۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلوهرتز) استفاده می‌شود. توانایی ایجاد و انتقال ارتعاش در یک ماده متأثر از ثابت‌های الاستیک آن است و مدول الاستیسته تحت تأثیر خواص فیزیکی مانند دانسیته (نسبت وزن به حجم ماده چوبی) آن ماده می‌باشد، به همین دلیل است که با استفاده از پارامترهای موج، خواص دینامیکی یک ماده قابل اندازه‌گیری است (Bucur, 2006). یک چوب با دانسیته بیشتر دارای مدول الاستیسته دینامیک بالاتری بوده و در برابر تغییر شکل مقاومت می‌کند، این نکته کلیدی به محاسبه مدول الاستیسته و برش به روش دینامیکی کمک کرده و مطالعات انجام شده توسط محققان نیز در این رابطه همبستگی خطی معنی‌داری را بین پارامترهای استاتیکی و دینامیکی به وضوح نشان می‌دهد (Sales et al., 2011; Liang & Fu, 2007). البته در برآورد مقاومت‌های یک چوب به شیوه دینامیکی مانند ارتعاش مقادیر بالاتری به دست می‌آید که علت آن کوتاه بودن زمان آزمایش ارتعاش، خواص ارتوتروپیک چوب و از سویی تغییر شکل برشی حاصل در آزمایش استاتیک می‌باشد (Hunt et al., 2013; Tranishi et al., 2008). البته این اختلاف بین مقادیر دینامیکی و استاتیکی بیشتر خواهد شد، اگر بجای سطح فرکانس پایین از فرکانس‌های بالاتر از ۲۰ کیلوهرتز استفاده شود، مانند آنچه در روش فراصوتی معمول است. از سویی رفتار ویسکو الاستیک و میرایی ماده مرتعش شونده بر این اختلاف اثرگذار است و شکاف بین مقادیر دینامیکی و استاتیکی را بیشتر می‌کند. از این رو تلاش برای کمتر کردن این اختلاف از اهداف علمی مهم به شمار می‌آید (Halabe et al., 1997).

نخل‌های خرما (*Phoenix dactylifera L*) در نواحی جنوب ایران باهم فرق داشته و این تفاوت خود را در شکل درخت، میوه و حتی سایر اندام‌های گیاهی نشان

1- Khasi

2- Hajmohamadi

سانتی گراد و رطوبت نسبی  $5\% \pm 65$  به مدت دو هفته متعادل سازی و برای ارزیابی دینامیکی و استاتیکی آماده شدند. مشخصات نمونه‌های مورد آزمایش به طور خلاصه در جدول ۱ آورده شده است.

پوست تهیه گردید. به منظور مقایسه ویژگی‌های مکانیکی نخل خرما، با الگوی یکسان از گونه صنوبر (*Populus deltoids*) نمونه برداری انجام و برای ارزیابی مقایسه‌ای استفاده شد. پس از خشک کردن نمونه‌ها با یک برنامه ملایم چوب خشک‌کنی، نمونه‌ها در دمای  $1 \pm 20$  درجه

جدول ۱- ویژگی‌های نمونه‌های آزمونی مورد مطالعه

گونه	قطر درخت (cm)	ارتفاع برش (m)	ابعاد نمونه (cm <sup>3</sup> )
خاصی	۳۸	۱/۵	۳۵×۲×۲
حاج محمدی	۴۰	۱/۵	۳۵×۲×۲
صنوبر دلتوئیدس	۳۲	۱/۵	۳۰×۲×۲



شکل ۱- دو نوع نخل مورد مطالعه (خاصی سمت چپ، حاج محمدی سمت راست)

طی آزمون خمش استاتیک، مقادیر مدول الاستیسیته استاتیک با فرمول ۴ اصلاح و دوباره محاسبه شدند. از سویی برای کمک به تفسیر نتایج، کارایی تبدیل آکوستیک و تانژانت دلتا طبق فرمول ۵ و ۶ اندازه‌گیری گردیدند (Roohnia, 2016; Madhoushi & Daneshvar, 2014; ASTM, 2012; Tranishi et al., 2008). برای محاسبه مدول برشی نمونه‌ها به روش تقریب، از رابطه ۷ استفاده شد (Ebrahimi, 2013).

#### آزمون دینامیکی و استاتیکی

برای محاسبه مدول الاستیسیته با آزمون ارتعاش خمشی از سیستم ایرانی NDT-lab (واقع در دانشگاه آزاد کرج) طبق فرمول ۱ و برای محاسبه مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته نمونه‌های به روش استاتیکی (دستگاه اینسترون مدل ۴۴۸۶) بار متمرکز در وسط دهانه با سرعت ۵ میلی‌متر در دقیقه طبق استاندارد ISO-3133 از فرمول ۲ و ۳ استفاده شد. برای چشم‌پوشی از اثر تغییر شکل برشی

$$E_d = 0.9465 \left( \frac{mfr^2}{b} \right) \left( \frac{L^3}{t^3} \right) T_1 \quad (1)$$

$$MOR = \frac{3.L.P_u}{2bh^2} \quad (2)$$

$$E_s = \frac{L^3 P_{pl}}{4\delta_{pl}bh^3} \quad (3)$$

$$E_m = E_s (1+a) \quad (4)$$

$$a = \frac{6}{5} \left( \frac{E_s}{G} \right) \left( \frac{h}{l} \right)^2$$

$$ACE = \frac{K}{Tg \delta} \quad (5)$$

$$Tg \delta = \frac{1}{\pi n} Ln \frac{xi}{xi+1} \quad (6)$$

$$\frac{E}{G} = 16 \quad (7)$$

$E_d$ : مدول الاستیسیته دینامیک (Pa)،  $E_s$ : مدول الاستیسیته استاتیک (Pa)،  $E_m$ : مدول اصلاح شده،  $m$ : جرم (Kg)،  $f_r$ : فرکانس تشدید (Hz)،  $b$ : پهناي نمونه (m)،  $L$ : طول نمونه (m)،  $t$ : ضخامت نمونه (m)،  $T_1$ : ضریب تصحیح لاغری،  $P_u$ : بار حداکثر،  $L$ : طول نمونه،  $b$ : پهناي نمونه،  $h$ : ارتفاع تیر،  $\delta_{pl}$ : خیز تیر در حد تناسب،  $P_{pl}$ : بار حد تناسب،  $G$ : مدول برش (Pa)،  $L$ : فاصله بین دو تکیه‌گاه.

## نتایج

( $MOE_m$ ) و مدول گسیختگی (MOR) نمونه‌های آزمونی برای دو واریته مختلف نخل در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری شده برای صنوبر در جدول ۲ آورده شده است.

مقادیر میانگین مدول الاستیسیته دینامیک ( $MOE_d$ )، مدول الاستیسیته استاتیک ( $MOE_s$ )، مدول اصلاح شده

جدول ۲- میانگین پارامترهای سفتی اندازه‌گیری شده در نخل خرما و صنوبر

نمونه آزمونی	$MOE_d$ (MPa)	$MOE_s$ (MPa)	$MOE_m$ (MPa)	MOR (MPa)
خاصی	۹۰۹**	۵۰۱**	۵۴۶**	۶/۰۳**
	(۳۹۳)	(۱۲۵)	-	(۱/۷۹)
حاج محمدی	۱۵۶۷/۸۸	۱۰۲۸	۱۱۴۶/۴۲	۹/۸۲
	(۵۷۴)	(۲۸۲)	-	(۴/۰۹)
صنوبر	۸۶۰۰	۶۹۵۷/۴	۷۵۱۳/۹۹	۴۲/۳۱
	(۱۲۹۸)	(۱۲۸۵)	-	(۱۷/۹۲)

\*\* : در سطح ۱ درصد معنی‌دار.

پارامترهای دینامیکی و استاتیکی در نخل اختلاف زیادی وجود دارد. این اختلاف برای نخل خرماي خاصی، حاج محمدی و نمونه‌های صنوبر به ترتیب ۸۱، ۵۳ و ۲۳ درصد ثبت شد. البته کم کردن اختلاف بیم مقادیر استاتیک و دینامیک به روش‌های مختلف از اهداف محققان بوده، از این رو در این تحقیق یکی از ساده‌ترین روش‌های اصلاح (عدم تأثیر تغییر شکل برشی طی آزمون استاتیکی) بر روی نخل اعمال شد. مدول برشی نخل خرماي خاصی ۳۱/۳۵ و مقادیر آن برای نوع حاج محمدی و صنوبر به ترتیب ۶۴/۳۷

طبق آنچه در جدول بالا نشان داده شده است، مدول الاستیسیته دینامیک، مدول الاستیسیته استاتیک، مدول الاستیسیته اصلاح شده و مدول گسیختگی نخل خاصی نسبت به نخل حاج محمدی به ترتیب ۷۲، ۱۰۵، ۱۰۹ و ۶۳ درصد کمتر بوده است. اگرچه چوب نخل با ساختار ویژه خود در مقایسه با چوب صنوبر به عنوان یک چوب سبک و پراکنده آوند دارای مقادیر میانگین به مراتب کمتر بوده و خود نشان می‌دهد که چوب نخل در برابر نیروهای اعمال شده بسیار ضعیف است. از سویی طبق داده‌های جدول ۲ بین

محمدی و نمونه‌های صنوبر به ترتیب ۱۴، ۱۶ و ۹ درصد کاهش یافت. جدول ۳، مقایسه خواص فیزیکی و میرایی دو نوع نخل و صنوبر را نشان می‌دهد.

و ۴۳۵/۹۲ مگاپاسکال برآورد شد. با اعمال مقادیر مذکور، اختلاف بین داده‌های مربوط به میزان مدول الاستیسیته استاتیک و دینامیک پس از اصلاح، برای نخل خاصی، حاج

جدول ۳- مقایسه دانسیته و خواص میرایی دو نوع نخل با مقادیر اندازه‌گیری شده برای صنوبر

ACE (m4.kg-1.Hz-1)	Tan $\delta$ -	$\rho$ (gr/cm <sup>3</sup> )	نمونه آزمونی
۴۸/۷۲**	** ۰/۰۸۴	۰/۴۰**	خاصی
(۲۴/۲۱)	(۰/۰۲۸)	(۰/۰۳۶)	
۷۲/۳۸	۰/۰۴۵	۰/۵۷	حاج محمدی
(۲۴/۸۴)	(۰/۰۱۶)	(۰/۰۳۹)	
۸۹۱/۶۷	۰/۰۱۳	۰/۴۰	صنوبر
(۲۸۱/۱۲)	(۰/۰۰۴)	(۰/۰۳۳)	

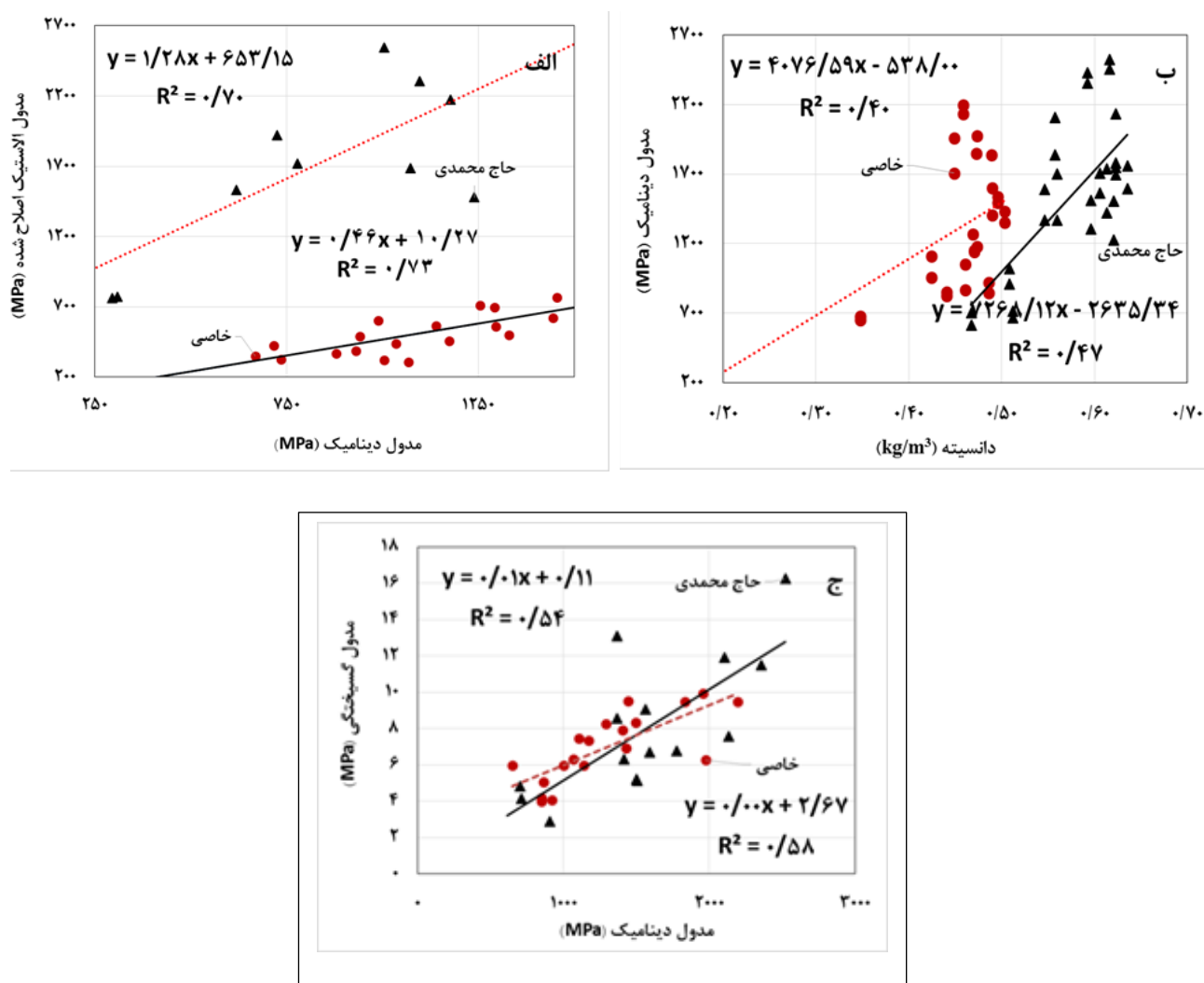
اعداد داخل پرانتز انحراف معیار، \*\* معنی‌دار در سطح ۱ درصد.

بالاتر نخل خاصی را به وضوح نشان می‌دهد (۴۸/۷۲ > ۷۲/۳۸) (m4.kg-1.Hz-1). مدول الاستیسیته یک ویژگی است که با آن میزان سفتی یک ماده توصیف می‌شود و سفتی متأثر از دانسیته چوب است. از این رو نمونه سبک‌تر دارای دیواره سلولی نازک‌تر و ماده چوبی کمتر است و این در روش غیرمخرب به معنی فرکانس تشدید پائین‌تر و در روش مخرب پایین بودن صلبیت ماده را نشان می‌دهد (Liang & Fu, 2007). همان‌طور که قبلاً بیان شد، میزان اختلاف بین مقادیر مدول دینامیک و استاتیک به خواص ارتوتروپیک چوب، کوتاه بودن زمان آزمون ارتعاش و تغییر شکل برشی هنگام آزمون استاتیک بستگی دارد. نتایج تحقیقات در بعضی از موارد نشان داده که میرایی بر این اختلاف تأثیرگذار بوده است، به طوری که وقتی یک ماده در یک دوره زمانی کوتاه تحت تأثیر یک نیرو قرار می‌گیرد مانند یک ماده الاستیک عمل کرده و هنگامی که در آزمون استاتیک طی یک دوره طولانی‌تر به آن نیرو اعمال می‌شود مانند یک ماده ویسکوز عمل کرده و پاسخ‌هایی به صورت جریان برشی و کرنش خطی از خود نشان می‌دهد (Halabe, 1997).

همبستگی بین مقادیر مدول دینامیک و استاتیک پس از کاهش دامنه اختلاف مدول الاستیسیته استاتیک با مقادیر دینامیک، ضرایب همبستگی بین آنها محاسبه شد. طبق آنچه در شکل ۲ (الف) نشان داده شده است، ضریب همبستگی مدول استاتیک اصلاح شده با مقدار به دست آمده به روش غیرمخرب برای نخل خاصی و حاج محمدی به ترتیب ۰/۷۳ و ۰/۷۰ اندازه‌گیری شد که همبستگی مطلوبی را به نمایش می‌گذارد.

## بحث

اختلاف فاحش بین مقادیر مدول دینامیک در دو نوع نخل به خواص فیزیکی و میرایی آنها مرتبط است (Hassan et al, 2013). همان‌طور که جدول ۳ نشان می‌دهد میانگین دانسیته نخل خاصی ۴۰۰ و برای نخل حاج محمدی ۵۷۰ (kg/m<sup>3</sup>) اندازه‌گیری شده است. از سویی تاثرات دلتا (اصطکاک داخلی موج طی انتشار) ۰/۰۸۴ و تقریباً دو برابر مقدار آن در نخل حاج محمدی بوده است (۰/۰۴۵). وضعیت مشابه در مقدار کارایی تبدیل آکوستیک اندازه‌گیری شده در دو نخل نیز میرایی ارتعاش



شکل ۲- رابطه بین مدول دینامیک و مدول استاتیک اصلاح شده (الف)، مدول دینامیک و دانسیته (ب)، مدول دینامیک و مدول گسیختگی (ج) در دو نوع نخل مورد مطالعه

بلوط بین مدول الاستیسیته استاتیک و دینامیک اختلاف ۳۲ درصد را گزارش کرده است (Smulski, 1991). در تحقیقی دیگر Yang و همکاران (۲۰۰۲) مقدار اختلاف را تا ۳۶ درصد مشاهده کرده‌اند (Yang et al., 2002). Tranishi و همکاران (۲۰۰۸) به منظور کاهش اختلاف مدول الاستیسیته استاتیک و دینامیک، ۳۰ گونه پهن‌برگ و ۵ گونه سوزنی‌برگ را به روش مشابه مورد مطالعه قرار داده و موفق

از این رو، این نتایج متأثر از ساختار آناتومی ویژه نخل‌ها در مقایسه با گونه‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ می‌باشد. وجود دسته‌های آوندی در یک بافت پارانشیم با دیواره نازک، قابلیت انتقال موج را کاهش و میرایی را افزایش داده است، درحالی‌که فیبرها در گونه صنوبر یک مسیر پیوسته و مناسب را برای انتقال موج با حداقل میرایی فراهم می‌کنند. Smulski (۱۹۹۱) با مطالعه بر روی گونه

تغییر شکل برشی طی آزمون خمش مطابق با پیشنهاد Tranishi و همکاران (۲۰۰۸) بر نمونه‌های آزمونی اعمال و دامنه اختلاف بین مقادیر استاتیک و دینامیک کاهش یافت. از سویی مقایسه مدول الاستیسیته و گسیختگی هر دو نوع نخل با گونه صنوبر نشان داد که مقادیر ثبت شده برای نخل بسیار کمتر بود که علت را می‌توان در ساختار غیر نرمال آناتومی نخل (نداشتن حلقه کامبیوم، وجود دسته‌های آوندی و بافت پارانشیمی عظیم با دیواره نازک) جستجو کرد.

### منابع مورد استفاده

- ASTM., 2002. Dynamic Young's Modulus, Shear Modulus, and Poisson's Ratio of Refractory Materials by Impulse Excitation of Vibration, Methods C1548-02.
- Bremaud, I., 2012. Acoustical properties of wood in string instruments soundboards and tuned idiophones: Biological and cultural diversity, Journal of Acoustical Society of America, 131(1): 807-818.
- Bucur, V., 2006. Acoustic of Wood, CRC Press, New York, pp. 420.
- Cho, C.L., 2007 Comparison of three methods for determining young's modulus of wood, Taiwan Journal of Forest Science, 22(3): 297-306.
- Ebrahimi, G., 2013. Mechanics of wood and wood composites, University of Tehran Press, 4th Edition, pp. 646.
- Haines, D.W., Leban, J.M., and Herbe, C., 1996. Determination of Young's Modulus for spruce, fir and isotropic materials by the resonance flexure method with comparisons to static flexure and other dynamic methods, Wood Science and Technology, 30(4):253-263.
- Halabe, U.B., Bidigalu, G.M., Gangarao, H.V.S., and Ross, R.J., 1997. Nondestructive evaluation of green wood using stress wave and transverse vibration techniques, Material Evaluation, 55(9):1013-1018.
- Hassan, K.T.S., Horacek, P., and Tippner, J., 2013. Evaluation of stiffness and strength of scots pine wood using resonance frequency and ultrasonic techniques, Bio resources, 8(2): 1634-1645.
- Horacek, P., Tippner, J., and Hassan, K.T., 2012. Nondestructive evaluation of static bending properties of scots pine wood using stress wave technique, Wood Research, 57(3):359-366.

شدند دامنه تغییرات را از ۲۷ به ۲۰ درصد کاهش دهند (Tranishie *et al.*, 2008).

شکل ۲ (ب) همبستگی بین میزان دانسیته و مدول دینامیکی را برای دو نوع نخل خرما نشان می‌دهد. این همبستگی برای نخل حاج محمدی نسبت به نخل خاصی بیشتر بوده، اگرچه مقدار آن در سطح ۵ درصد معنی‌دار و خود گویای آن است که علاوه بر دانسیته پارامترهای مهم دیگری بر خواص آکوستیکی چوب اثرگذار است (Bremaud, 2012). یک رابطه رگرسیون خطی ساده بین مدول گسیختگی آزمون خمش استاتیک و مدول دینامیک آزمون ارتعاش خمشی به‌وضوح نشان می‌دهد که مقادیر استاتیکی با یک ضریب همبستگی بالایی در هر دو نوع نخل قابل پیش‌بینی است. چنین همبستگی مطلوبی در مطالعات دیگر محققان نیز گزارش شده است (Hassan *et al.*, 2013; Sales *et al.*, 2011; Tranishi *et al.*, 2008; Yang *et al.*, 2002). در رابطه با مدول گسیختگی برای نخل خاصی، ضریب همبستگی ۰/۵۸ و برای نخل حاج محمدی مقدار ۰/۵۴ به‌دست آمد (شکل ۲ ج). همبستگی بالایی بین مدول گسیختگی و مدول دینامیک برای گونه کاج ۰/۷۴ گزارش شده است (Horacek *et al.*, 2012)، این نتایج بدین معنی است که روش ارتعاش خمشی به‌عنوان یک روش آسان، سریع و کارآمد قابلیت مناسبی در ارزیابی مکانیکی چوب نخل دارد. در مطالعه‌ای که بین سه روش ارتعاش خمشی، طولی و فراصوت انجام شده، بهترین و دقیق‌ترین روش ارتعاش خمشی بوده، زیرا بین مقادیر اندازه‌گیری شده به روش استاتیک و دینامیک آن حداقل تغییرات (۳/۸٪) مشاهده شده است (Hassan *et al.*, 2013).

### نتیجه‌گیری

اختلاف دانسیته بین دو نوع نخل مورد مطالعه (خاصی و حاج محمدی) بر رفتار ارتعاشی آنها اثر معنی‌دار داشت، این مسئله بر پارامترهای دینامیکی و استاتیکی آنها نیز اثر گذاشته، به طوری که مقادیر حاصل باهم تفاوت فراوانی داشتند. به‌منظور کاهش اختلاف مذکور روش عدم تأثیر

- Smith, W.R., 2001. Wood: acoustic properties, In: Encyclopaedia of materials, Science and Technology, Elsevier Science Ltd, London, 9578- 9583.
- Smulski, S.J., 1991. Relationship of stress wave and static bending determined properties of four northeastern hardwoods, wood and fiber science, 23(1):44-57.
- Tarmian, A., Foroozan, Z., Sepehr, A., Gholamiyan, H. and Oladi, R., 2013. Physical and anatomical features and drying behavior of the boards produced from old date palm trees (*Phoenix dactylifera* L.) in Bam city, Iranian Journal of Wood and Paper Science Research 28(3): 498-508.
- Tranishi, M., Koizumi, A., and Hirai, T., 2008. Evaluation of quality indexes of bending performance and hardness for hardwoods, Journal of Wood Science, 54(5): 423-428.
- Wang, S.Y., Chen, J.H., Tsai, M.J., Lin, C.J., and Yang, T.H., 2008. Grading of softwood lumber using nondestructive techniques, Journal of materials processing technology, 208(1-3):149-158.
- Yang, J.L., Ilic, J., and Wardlaw, T., 2002. Relationships between static and dynamic modulus of elasticity for a mixture of clear and decayed eucalypt wood, Australian Forestry, 66(3): 193-196.
- Hunt, J.F., Zhang H., Guo, Z., and fu, F., 2013. Cantilever beam static and dynamic response comparison with mid-point bending of thin MDF composite panels, Bio Resources, 8(1):115-129.
- Liang, S.Q. and Fu, F., 2007. Comparative study on three dynamic modulus of elasticity and static modulus of elasticity for Lodgepole pine lumber, Journal of Forestry Research, 18(4):309-312.
- Madhoushi, M., Daneshvar, S., 2014. Evaluation of modulus of elasticity in standing trees and sawn wood in populus deltoids using nondestructive stress wave testing, Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 5(1): 11-20.
- Roohnia, M., 2016. Wood: Acoustic properties, book chapter, Elsevier Inc, Reference Module in Materials Science and Materials Engineering, doi:10.1016/B978-0-12-803581-8.01996-2 1.
- Ross, R.J., Pellerin, R.F., 1994. Non-destructive testing for assessing structures: A review. Technical report. Madison, WI, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Product Laboratory, 40p
- Sales, A., Canadian, M., and Cardin, V.S., 2011. Evaluation of the mechanical properties of brazilian lumber (*Goupia Glabra*) by nondestructive techniques, Construction and Building Materials, 25(3): 1450-1454.



## Comparison of stiffness parameters of two types of date palmwood using nondestructive test

M.A. Saadatnia<sup>1\*</sup>, N. Sattari<sup>2</sup>, M. Roohnia<sup>3</sup> and M. Bahmani<sup>4</sup>

1\*-Corresponding author, Assistant prof., Department of wood and paper science, Behbahan Khatam Al Anbia University of Technology, Behbahan, Iran

2- M.Sc., student, Department of wood and paper science, Behbahan Khatam Al Anbia University of Technology, Behbahan, Iran

3- Prof., Department of wood and paper science, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

4- Assistant prof., Department of forest science, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

Received: Sep., 2017

Accepted: March, 2018

### Abstract

This study was aimed to determine the modulus of elasticity and rupture of two types of date palms (varieties of Khasi and Hajmohammadi) woods using static bending and dynamic (flexural vibration) techniques. To reduce the difference between static and dynamic stiffness values, the static bending modulus of elasticity was modified by taking into account the value of the shear deflection. In addition, for better understanding of the mechanical properties of date palm, values were compared to those measured for poplar wood samples (*Populus deltoides*). The results showed that, the mean values of the modulus of elasticity obtained by flexural vibration, the static modulus of elasticity, the modified static modulus of elasticity and rupture of Khasi were 72, 105, 109 and 63% less than Hajmohammadi respectively. In comparison with date palm, values measured for poplar samples were more pronounced. The difference between dynamic and static values of modulus recorded for Khasi, Hajmohammadi and poplar samples were 81, 53 and 23% respectively. After modification of the static values, the reductions of difference were 14% for Khasi, 16% for Hajmohammadi and 9% for poplar wood samples. Finally, a high correlation was found between the static and dynamic modulus of elasticity for both kinds of date palms.

**Keywords:** Date palm, poplar, modified modulus of elasticity, modulus of rupture.