مقاله پژوهشی

نشریه علمی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۳۸ شماره ۳، صفحه ۲۲۴-۲۱۵ (۱۴۰۲)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijwpr.2023.361805.1752
شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.17350913.1402.38.3.5.1

بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی دو گونه گردو ایران از مناطق نور و شهرکرد

محمد نجفیان اشرفی[۱*]، محمد قربانیان‌فر[۲]، اسماعیل راست بود[۳]، محمد صالحی[۳] و مهدی شمشیری[۴]

۱*- نویسنده مسئول، هیت علمی گروه صنایع چوب، دانشگاه فنی و حرفه ای، تهران، ایران، پست‌الکترونیک: najafiana@yahoo.com
۲- مدرس دانشگاه فنی و حرفه‌ای، گروه علوم چوب و کاغذ، دانشکده فنی ثامن‌الحجج مشهد (علیه‌السلام)، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، مشهد، ایران
۳- دانش‌آموخته کارشناسی، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده فنی شماره ۲ ساری، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، مازندران، ایران
۴- دانشجوی کاردانی، گروه علوم چوب و کاغذ، دانشکده فنی ثامن‌الحجج مشهد (علیه‌السلام)، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: اسفند ۱۴۰۱ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۴۰۲

چکیده

درخت گردو یکی از مهمترین گونه‌ها در اروپا، آسیا و ایران است که به‌دلیل مقاومت‌های بالا و زیبایی آن در صنایع مختلفی مانند مبلمان، روکش و ساختمان‌سازی استفاده می‌شود. در این پژوهش از درخت گردو در دو مکان مختلف یکی در جنگل‌های شمال کشور ایران (نور) و دیگری در غرب ایران (شهرکرد) انتخاب و ویژگی‌های فیزیکی شامل (دانسیته خشک، دانسیته بحرانی و هم‌کشیدگی) و خصوصیات مکانیکی شامل (مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته، فشار موازی به الیاف، برش موازی به الیاف، کشش موازی و عمود بر الیاف، مقاومت به پیچ‌خوری در دو جهت شعاعی، مماسی و ضربه) بررسی شد. در این تحقیق از استاندارد ISI 3129 و ASTM (D143-14) به ترتیب برای انجام آزمایش‌های فیزیکی و مکانیکی استفاده شد. رطوبت کلیه نمونه‌ها در هنگام انجام آزمایش‌های مکانیکی ۱۲ درصد بود. متوسط دانسیته خشک گردو نور و شهرکرد به ترتیب ۰/۶۱ و ۰/۵۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب به دست آمد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که خصوصیات و مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی این دو گونه به‌جز دانسیته خشک، هم‌کشیدگی شعاعی، مماسی و حجمی با هم تفاوت معنی‌داری ندارند. از سوی دیگر، با توجه به دانسیته بالاتر گونه درخت نور، مقاومت‌های مکانیکی آن درخت در مقایسه با گونه گردو شهرکرد، مقداری بالاتر بود.

واژه‌های کلیدی: گردو، خصوصیات فیزیکی، خصوصیات مکانیکی.

مقدمه

گردوی ایرانی نه‌تنها به دلیل تولید یک مغز بسیار سالم و مغذی (Bolling *et al.*, 2011) بلکه به دلیل چوب باکیفیت ارزش‌گذاری می‌شود (Cambria and Pierangeli, 2012). گردوی ایرانی یا معمولی (*Juglans regia* L.)، درختی چند ساله، قطور و بادوام است که در مناطق معتدل کره زمین کشت می‌شود. این گونه به‌طورکلی شناخته شده و بومی رشته کوه‌های جنوب شرقی اروپا و غرب آسیای مرکزی است و از استان شین جیانگ غرب چین، در جنوب قرقیزستان و ازبکستان به کوه‌های نپال، تبت، شمال هند، پاکستان، افغانستان، ترکمنستان و از طریق ایران به قفقاز (آذربایجان، ارمنستان، گرجستان و ترکیه شرقی) گسترش می‌یابد (Hemery *et al.*, 2005; Pollegioni *et al.*, 2014). از این درخت، بیشتر برای

تولید روکش، در صنعت مبلمان، پارکت و پانل‌های داخلی ساختمان استفاده می‌شود (Bachtiar *et al.*, 2018). حتی از الوارهای با قطر کوچک (۱۵-۲۵ سانتی‌متر) می‌توان برای ساخت صندلی و پانل‌های چوبی نیز استفاده کرد. گردوی معمولی بسیار حساس به شرایط خاک بوده و در خاک‌های عمیق، مرطوب و حاصلخیز بهترین شرایط رشد را دارد.

از سوی دیگر، درختان و محصولات مشتق شده از آنها برای کاربردهای متفاوت در ساختمان سازی برای مدت‌ها توسط جوامع مختلف در سراسر جهان استفاده شده است (Harte, 2017; Ramage *et al.*, 2017). برای نمونه، بخش عظیمی از ساختمان‌های اروپا از مواد چوبی ساخته شده است و هر ساله استفاده از چوب در ساختمان‌سازی با رشد بالایی روبرو بوده که این مقدار مصرف بین سال‌های (۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰) ۶/۴ میلیون تن بوده است (UNECE/FAO 2008). افزایش استفاده از چوب و سازه‌های چوبی در اواخر دهه ۱۹۸۰ در کشورهای اروپای غربی مانند انگلستان، اتریش، ایتالیا و آلمان گسترش یافته است. با توجه به اهمیت این گونه چوبی در صنعت چوب و موارد کاربرد آن، باید شناخت کافی از خصوصیات فیزیکی و مکانیکی درختان داشته باشیم، زیرا تعیین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی مانند مدول‌الاستیسیته (MOE)، مقاومت خمشی (MOR) و سایر مقاومت‌های مکانیکی از اهمیت بالایی برای محصولات چوبی و ساختمان‌سازی برخوردار است (Fathi *et al.*, 2020). باوجوداین، تحقیقات کمی بر روی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی گونه درخت گردو انجام شده است که این پژوهش‌ها به‌طور کافی به تمام مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی نپرداخته‌اند (Erik Valentine Bachtiar *et al.*, 2017; Bachtiar *et al.*, 2018; Erik V Bachtiar *et al.*, 2017; Castro *et al.*, 2019; Guler and Dilek, 2020). ازاین‌رو هدف اصلی این تحقیق، بررسی جامع و کافی از ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چوب درختان گردو از دو منطقه نور و شهرکرد است.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از دو مکان مختلف یکی از جنگل‌های شمال کشور ایران واقع در شهر نور با میانگین ارتفاع (۱۲۰۰ متر) از سطح دریا و دیگری در غرب ایران با میانگین ارتفاع (۱۹۲۰ متر) از سطح دریا انجام شد. سه درخت از هر منطقه به‌طور تصادفی انتخاب و قطع شدند که مشخصات اصلی آنها در جدول ۱ نمایش داده شده است. بخش‌های مورد استفاده از درختان قطع شده در این آزمایش در ارتفاع بین ۲ تا ۴ متر بوده است. از استانداردهای ISO 3129 و ASTM (D143-14) به ترتیب برای انجام آزمایش‌های فیزیکی و مکانیکی استفاده شد. آزمایش‌های مورد استفاده و ابعاد آنها به‌طور خلاصه شده در جدول ۲ بیان شده است. مطابق با استاندارد بیان شده، برای انجام آزمایش‌های فیزیکی گردو نور (۲۲۹) و گردو شهرکرد (۱۶۳) تکرار انجام شد.

برای اندازه‌گیری واکشیدگی، ابتدا نمونه‌ها در ظرف پر از آب غوطه‌ور شدند تا حفره‌ها کاملاً از آب اشباع شده و بعد از اندازه‌گیری ابعاد توسط کولیس و وزن آنها با ترازوی ۰/۰۱ گرم، واکشیدگی محاسبه گردید. سپس نمونه‌ها در آون در دماهای (۴۵، ۵۵، ۶۵، ۷۵، ۸۵ و ۱۰۳ در جه سانتی‌گراد) به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند تا کاملاً خشک شوند. هدف از این دماهای مختلف، آرام خشک شدن و بدون تنش نمونه‌ها بود. سپس وزن و ابعاد خشک نمونه‌ها را به دست آوردیم و بعد از اندازه‌گیری ابعاد نمونه‌ها، هم‌کشیدگی محاسبه شد. برای انجام آزمایش‌های مکانیکی، تمام نمونه‌ها در محیط آزمایشگاهی قرار گرفته تا به رطوبت ۱۲ درصد برسند، سپس با دستگاه تستر مکانیکی (SANTAM 150) آزمون‌های مکانیکی انجام شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Graphpad Prism ورژن 8 انجام شد. هنگام توزیع داده‌ها به‌طور معمول از ANOVA استفاده شد. در ادامه برخی از تصاویر از آزمایش‌های مکانیکی مشاهده می شود (عکس ۱ و ۲).

جدول ۱- ویژگی‌های اصلی دو درخت گردو در ایران

Table 1- Main features of two walnut trees in Iran from where samples were taken

خصوصیات Characteristics	گردو نور walnut wood from Noor	گردو شهرکرد walnut wood from Shahrkord
ارتفاع از سطح دریا (متر) Height from sea surface (m)	1200	1920
خاک Soil	خاک لومی Loam soil	خاک لومی Loam soil
مختصات Coordinates	$36^0 34' 02.8'' N / 52^0 03' 23.0'' E$	$32^0 20' 16.4'' N / 50^0 50' 51.7'' E$
میانگین سن درخت (سال) Mean tree age (years)	43	39
قطر در ارتفاع سینه (سانتی‌متر) Mean DHB[1](cm)	39/5	34

1: DBH: diameter at breast height

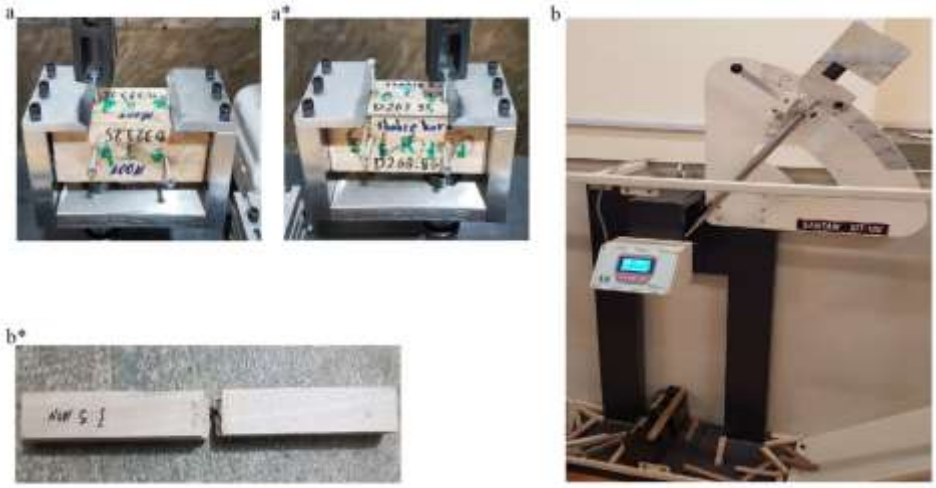
جدول ۲- روش‌های آزمایش چوب گردو

Table 2- Experimental tests methods for walnut woods

استاندارد Standard	روش آزمون Test Method	جهت Direction	اندازه نمونه (میلی‌متر) Specimen size(mm)	میزان بارگذاری (میلی‌متر/دقیقه) Loading rate (mm/min)
ISI 3129 (2012)	فیزیک Physics	–	20 × 20 × 25	–
ASTM D143	خمشی Bending	–	25 × 25 × 410	1/3
	فشار Compression	موازی به الیاف Parallel to the grain	50 × 50 × 200	0/3
	برش Shear	موازی به الیاف Parallel to the grain	25 × 25 × 63	0/6
	کشش Tensile	موازی به الیاف Parallel to the grain	25 × 25 × 460	0/9
		عمود بر الیاف Perpendicular to the grain	50 × 50 × 63	2/5
	قدرت خروج پیچ Screw withdrawal strength	مماسی Tangential	50 × 50 × 150	2
		شعاعی Radial		
	ضربه Toughness	شعاعی Radial	20 × 20 × 280	-

شکل ۱– **a)** عکس هوایی از ایران و محل‌های قطع درختان گردو، **b و *b)** مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته، **c و *c)** نمونه‌ها بعد از آزمون فشار موازی به الیاف، **d و *d)** آزمون برش موازی به الیاف، **e و *e)** نمونه‌ها بعد از آزمون کشش موازی به الیاف و **f و *f)** نمونه‌ها بعد از آزمون کشش عمود به الیاف

Figure 1. a) aerial photo of Iran and places where walnut trees were cut, b, b*) MOR and MOE, C, C*) the samples after compression parallel to the grain test, d, d*) shearing parallel to the grain test, e, e*) the samples after tensile parallel to the grain test, f, f*) the samples after tensile perpendicular to the grain test



شکل ۲- a و *a) آزمون مقاومت به پیچ‌خوری در جهت مماسی و شعاعی و b و *b) نمونه‌ها بعد از آزمون ضربه

Figure 2. a, a*) Screw withdrawal strength test in tangential and radial directions, b, b*) the samples after toughness test

نتایج

خواص فیزیکی

نتایج خصوصیات فیزیکی دو گونه گردوی مورد استفاده در جدول ۳ بیان شده است. دانسیته خشک گونه‌های گردو نور و شهرکرد به ترتیب برابر با ۰/۶۲ و ۰/۵۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب به دست آمد. به علاوه، به دلیل دانسیته بیشتر به‌دست‌آمده از گونه نور، سایر خصوصیات فیزیکی (هم کشیدگی طولی، شعاعی، مماسی و حجمی) اندازه‌گیری شده این گونه بیشتر از گونه شهرکرد بود.

جدول ۳- نتایج خصوصیات فیزیکی چوب گردو از دو ناحیه مختلف

Table 3- Physical properties of walnut woods from two sites

خصوصیات Property	گردو نور walnut wood from Noor		گردو شهرکرد walnut wood from Shahrkord		T test result P-value
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	
دانسیته خشک (g/cm^3) Dry density	0.62 (90)[1]	0.032	0.59 (90)	0.31	<0.01
دانسیته بحرانی (g/cm^3) Basic density	0.519 (90)	0.024	0.52 (90)	0.014	ns[2]
هم‌کشیدگی طولی٪ Axial shrinkage	0.182 (90)	0.061	0.181 (90)	0.195	ns
هم‌کشیدگی شعاعی٪ Radial shrinkage	6.2 (90)	0.881	5.68 (90)	0.595	<0.05
هم‌کشیدگی مماسی٪ Tangential shrinkage	10.7 (90)	1.124	8.91 (90)	1.155	<0.05
هم‌کشیدگی حجمی٪ Volumetric shrinkage	17.04 (90)	1.325	14.54 (90)	1.239	<0.05

1: The numbers in parentheses indicate the number of samples used
2: ns: not significant

خصوصیات مکانیکی

خصوصیات مکانیکی چوب گردو از دو منطقه ایران در جدول ۴ نشان داده شده است. مقادیر متوسط خواص مکانیکی چوب درختان گردو به‌دست‌آمده در این مطالعه با مقادیر گزارش شده در جدول ۵ مقایسه شد. نتایج نشان داد که مقاومت‌های خمشی و الاستیسیته از گونه نور به ترتیب برابر با ۹۶/۲۳ و ۱۰۰۹۲ نیوتن بر میلی‌متر مربع به دست آمد. در حالی که این مقاومت‌ها برای گونه گردو شهرکرد برابر با ۹۱/۱۳ و ۱۰۰۸۴ نیوتن بر میلی‌متر مربع اندازه‌گیری شد. به‌طورکلی، مقاومت‌های مکانیکی اندازه‌گیری شده گونه نور بیشتر از گونه شهرکرد بود.

جدول ۴- نتایج خصوصیات مکانیکی چوب گردو از دو ناحیه مختلف

Table 4- Mechanical properties of walnut woods from two sites

خصوصیات Property	شهر نور City of Noor		شهرکرد City of Shahrkord		T test results P-value
	میانگین Average	انحراف معیار Standard deviation	میانگین Average	انحراف معیار Standard deviation	
مقاومت خمشی ($N.mm^2$) Static bending	96.23(18)[1]	7.685	91.13(18)	6.992	ns[2]
مدول‌الاستیسیته ($N.mm^2$) Modulus of elasticity	10092(18)	6.21	10084(18)	5.911	ns
فشار موازی به الیاف ($N.mm^2$) Compression parallel to the grain	36.07(9)	4.246	32.47(9)	4.14	ns
برش موازی به الیاف ($N.mm^2$) Shear parallel strength to the grain	10.73(9)	0.741	9.92(9)	1.322	ns
کشش موازی به الیاف ($N.mm^2$) Tensile strength parallel to the grain	131.4 (9)	5.561	124. 7(9)	7.479	ns
کشش عمود به الیاف ($N.mm^2$) Tensile strength perpendicular to the grain	3.15(9)	0.563	3.10(9)	0.386	ns
قدرت خروج پیچ در جهت مماسی (N.mm) Screw withdrawal strength in tangential	150.3(9)	14.648	149.3 (9)	10.879	ns
قدرت خروج پیچ در جهت شعاعی (N.mm) Screw withdrawal strength in radial	178.5(9)	16.675	164.6(9)	13.007	ns
ضربه (Kj/m^2) Toughness	120.3(9)	13.896	110.1 (9)	7.217	ns

1: The numbers in parentheses indicate the number of samples used
2: ns: not significant

بحث

مقادیر میانگین پارامترهای چوب گردو به‌دست‌آمده در این مطالعه با مقادیر موجود در منابع دیگر مقایسه شد (جدول ۵). در بین دو گونه مورد استفاده تفاوت معنی‌داری بین دانسیته خشک، هم‌کشیدگی‌های شعاعی، مماسی و حجمی مشاهده شد. تفاوت معنی‌دار در خصوصیات فیزیکی چوب‌ها از دو ناحیه مختلف، عمدتاً به دلیل دانسیته چوب است، زیرا دانسیته مستقیماً بر روی بیشتر مقاومت-های فیزیکی و مکانیکی چوب تأثیر می‌گذارد. به علاوه، شرایط رشد و عوامل محیطی، به‌ویژه ارتفاع، آب و هوا و سن درخت ممکن است تغییراتی در خواص چوب ایجاد کند (Standovár and Kenderes, 2003). از سوی دیگر، دانسیته خشک به‌دست‌آمده در این پژوهش تقریباً با مقادیر به‌دست‌آمده توسط (Castro *et al.*, 2019) برای گردو واقع در ایتالیا، (Bachtiar *et al.*, 2018) برای گردو واقع در قفقاز و (Erik Valentine Bachtiar *et al.*, 2017) برای گردو واقع در شرق اروپا برابر بود. باوجوداین، برخی محققان (Guler and Dilek, 2020) برای چوب گردو در ترکیه و (Erik V Bachtiar *et al.*, 2017) برای گردو واقع در قفقاز، مقادیر بالاتر ۰/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب را برای دانسیته خشک درخت گردو گزارش کردند. دانسیته بحرانی در این پژوهش برای چوب گردو نور و شهرکرد به ترتیب برابر با ۰/۵۲ و ۰/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب اندازه-گیری شد. تغییرات رطوبت چوب در محدوده آب آزاد، تغییری در ابعاد چوب ایجاد نمی‌کند، اما اگر این تغییر رطوبت در آب آغشتگی باشد، تأثیر قابل توجهی بر ابعاد چوب دارد. بیشترین تغییر ابعاد به ترتیب در جهات مماسی و شعاعی بوده و کمترین آن مربوط به جهت طولی است (Sadoh and Christensen, 1967). مقدار هم‌کشیدگی شعاعی، مماسی و حجمی به‌دست‌آمده از گونه گردو نور از این پژوهش، نزدیک به مقادیر (Castro *et al.*, 2019) بود. درحالی‌که هم‌کشیدگی حجمی گونه شهرکرد بسیار نزدیک با پژوهش (Guler and Dilek, 2020) بود.

از سویی دیگر، محصولات چوبی نیاز به شناسایی دقیق عملکرد و قابلیت اطمینان سازه به‌ویژه برای مصالح ساختمانی دارند که مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته از خصوصیات مکانیکی مهم چوب است (Yu *et al.*, 2020). همان‌طور که ملاحظه می‌شود، هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری در بین خصوصیات مکانیکی گونه‌های گردو ایران مشاهده نشد. مقدار متوسط مقاومت خمشی در این پژوهش تقریباً برابر با مقادیر (Guler and Dilek, 2020) بود. در این پژوهش مقدار به‌دست‌آمده برای مدول‌الاستیسیته تقریباً نزدیک به عدد گزارش شده توسط (Erik V Bachtiar *et al.*, 2017; Guler and Dilek, 2020) بود. در این پژوهش مقاومت به فشار موازی به الیاف به‌دست‌آمده بسیار کمتر از عدد گزارش شده توسط (Bachtiar *et al.*, 2018) بود که ما آن را به دانسیته پایین‌تر گردو ایران نسبت دادیم. زیرا دانسیته به‌طور مستقیم بر روی تمام خصوصیات مکانیکی چوب تأثیر می‌گذارد (Zhang, 1997). به علاوه، متوسط برش موازی به الیاف نزدیک به عدد گزارش شده توسط (Erik Valentine Bachtiar *et al.*, 2017) برای چوب گردو واقع در قفقاز بود. در این پژوهش، کشش موازی و عمود بر الیاف نیز انجام شد که مقدار کشش موازی الیاف اندازه‌گیری شده بالاتر از (Bachtiar *et al.*, 2018) بود.

در این پژوهش با استفاده از استاندارد ASTM (D143-14)، مقاومت به خروج پیچ در دو جهت مماسی و شعاعی اندازه‌گیری شد که تفاوت معنی‌داری در بین دو منطقه مشاهده نشد. به علاوه، آزمون ضربه در جهت شعاعی نیز انجام شد که متأسفانه پژوهش مشابهی برای مقایسه این دو مقاومت از چوب گردو یافت نشد.

جدول ۵- خصوصیات فیزیکی و مکانیکی چوب گردو در این مطالعه (دو ستون اول) و سایر مطالعات

Table 5– Physical and mechanical properties of walnut woods from this study (last two columns) and from the literature

خصوصیات particularity	نور	شهرکرد	(Guler and Dilek, 2020)	(Castro et al., 2019)	(Bachtiar et al., 2018)	(Erik V Bachtiar et al., 2017)	(Erik Valentine Bachtiar et al., 2017)
دانسیته خشک (g/cm^3) Dry density	0.62	0.59	0.72	0.506	0.65	0.647	0.71
هم کشیدگی طولی٪ Axial shrinkage	0.182	0.181	-	0.51	-	-	-
هم کشیدگی شعاعی٪ Radial shrinkage	6.2	5.68	-	6.41	-	-	-
هم کشیدگی مماسی٪ Tangential shrinkage	10.7	8.91	-	11.11	-	-	-
هم کشیدگی حجمی٪ Volumetric shrinkage	17.04	14.54	-	17.57	-	-	-
مقاومت خمشی ($N.mm^2$) Static bending	96.23	91.07	99.03	-	-	-	-
مدول الاستیسیته ($N.mm^2$) Modulus of elasticity	10092	10084	10062.7	-	-	10217	-
فشار موازی به الیاف ($N.mm^2$) Compression parallel	36.07	32.47	-	-	47.0	-	-
برش موازی به الیاف ($N.mm^2$) Shear strength	10.73	9.92	-	-	-	-	13.3
کشش موازی به الیاف ($N.mm^2$) Tensile parallel	131.4	124.7	-	-	89.0	-	-
کشش عمود به الیاف ($N.mm^2$) Tensile perpendicular	3.15	3.10	-	-	-	-	-
قدرت خروج پیچ در جهت مماسی(N.mm) Screw in tangential	150.3	149.3	-	-	-	-	-
قدرت خروج پیچ در جهت شعاعی(N.mm) Screw in radial	178.5	164.6	-	-	-	-	-
ضربه (Kj/m^2) Toughness	120.3	110.1	-	-	-	-	-

نتیجه‌گیری

هدف از این مطالعه، بررسی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی درخت گردو از دو منطقه مختلف واقع در جنگل‌های شمال کشور ایران (نور) و دیگری غرب ایران (شهرکرد) بود. خصوصیات فیزیکی شامل (دانسیته خشک، دانسیته بحرانی و هم‌کشیدگی) و خصوصیات مکانیکی شامل (مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته، مقاومت فشار موازی به الیاف، مقاومت به برش موازی به الیاف، مقاومت به کشش موازی و عمود بر الیاف، مقاومت به پیچ‌خوری در دو جهت مماسی و شعاعی و ضربه) بود. نتایج نشان داد که دو درخت گردو واقع در مناطق نور و شهرکرد دارای مقاومت‌های نسبتاً خوبی هستند، با این تفاوت که مقاومت‌های درخت گردو واقع در منطقه نور کمی بالاتر بود. به علاوه، با توجه به مقاومت مکانیکی خوب این درخت، گزینه مناسبی برای به‌کارگیری آن در تمام ادوات چوبی به‌ویژه در زمینه مبلمان و ابزارآلات موسیقی است. همچنین پیشنهاد ما به سایر محققان، بررسی خصوصیات این گونه در مناطق مختلف کشور است، همچنین انجام آزمون‌های فشرده‌سازی، تیمارهای حرارتی و غیره بر روی این درخت برای شناسایی بیشتر از خصوصیات این گونه درخت می‌باشد.

منابع مورد استفاده

-Bachtiar, E.V., Rüggeberg, M., Hering, S., Kaliske, M. and Niemz, P., 2017. Estimating shear properties of walnut wood: a combined experimental and theoretical approach. Materials and Structures 50:1-15.

-Bachtiar, E.V., Rüggeberg, M. and Niemz, P., 2018. Mechanical behavior of walnut (Juglans regia L.) and cherry (Prunus avium L.) wood in tension and compression in all anatomical directions. Revisiting the tensile/compressive stiffness ratios of wood. Holzforschung 72:71-80.

-Bachtiar, E.V., Sanabria, S.J., Mittig, J.P. and Niemz, P., 2017. Moisture-dependent elastic characteristics of walnut and cherry wood by means of mechanical and ultrasonic test incorporating three different ultrasound data evaluation techniques. Wood Science and Technology 51:47-67.

-Bolling, B.W., Chen, C.-Y.O., McKay, D.L. and Blumberg, J.B., 2011. Tree nut phytochemicals: composition, antioxidant capacity, bioactivity, impact factors. A systematic review of almonds, Brazils, cashews, hazelnuts, macadamias, pecans, pine nuts, pistachios and walnuts. Nutrition research reviews 24:244-75.

-Cambria, D. and Pierangeli, D., 2012. Application of a life cycle assessment to walnut tree (Juglans regia L.) high quality wood production: a case study in southern Italy. Journal of Cleaner Production 23:37-46.

-Castro, G., Bergante, S., Sansone, D., Bidini, C. and Pelleri, F., 2019. Common walnut (Juglans regia L.) wood characteristics in two Italian plantations. Annals of Silvicultural Research 43:35-40.

-Fathi, H., Nasir, V., Kazemirad, S., 2020. Prediction of the mechanical properties of wood using guided wave propagation and machine learning. Construction and Building Materials 262:120848.

-Guler, C. and Dilek, B., 2020. Investigation of High-frequency Vacuum Drying on Physical and Mechanical Properties of Common Oak (Quercus robur) and Common Walnut (Juglans regia) Lumber. BioResources 15.

-Harte, A.M., 2017. Mass timber–the emergence of a modern construction material. Journal of Structural Integrity and Maintenance 2:121-32.

-Hemery, G.E., Savill, P.S. and Thakur, A., 2005. Height growth and flushing in common walnut (Juglans regia L.): 5-year results from provenance trials in Great Britain. Forestry 78:121-33.

-Pollegioni, P., Woeste, K.E., Chiocchini, F., Olimpieri, I., Tortolano, V., Clark, J., Hemery, G.E., Mapelli, S. and Malvolti, M.E., 2014. Landscape genetics of Persian walnut (Juglans regia L.) across its Asian range. Tree Genetics & Genomes 10:1027-43.

-Ramage, M.H., Burridge, H., Busse-Wicher, M., Fereday, G., Reynolds, T., Shah, D.U., Wu, G., Yu, L. and Fleming, P., 2017. The wood from the trees: The use of timber in construction. Renewable and Sustainable Energy Reviews 68:333-59.

-Sadoh, T. and Christensen, G., 1967. Longitudinal shrinkage of wood—Part I: Longitudinal shrinkage of thin sections. Wood Science and Technology 1:26-44.

-Standovár, T. Kenderes, K., 2003. A review on natural stand dynamics in beechwoods of East Central Europe. Applied ecology and environmental research 1:19-46.

-Yu, L., Liang, Y., Zhang, Y. and Cao, J., 2020. Mechanical properties of wood materials using near-infrared spectroscopy based on correlation local embedding and partial least-squares. Journal of forestry research 31:1053-60.

-Zhang, S., 1997. Wood specific gravity-mechanical property relationship at species level. Wood Science and Technology 31:181-91.

Studying the physical and mechanical properties of two Iranian walnut woods from Noor and Shahrkord regions

M. Najafian Ashrafi[1*], M. Ghorbanian Far[2], E. Rastbod[3], M. Salehi[3] and M. Shamshiri[4]

1*-Corresponding author, Faculty member, Department of Wood, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran, Email: najafiana@yahoo.
2-Lecturer of Technical and Vocational University, Department of Wood and Paper Science, Saman al-Hajj Technical College of Mashhad, Technical and Vocational University (TVU), Mashhad, Iran
3-Bachelor's degree, Department of Wood Paper Science and Industries, Technical and Vocational College No. 2, Sari, Technical and Vocational University (TVU), Mazandaran, Iran
4-Associate student, Department of Wood and Paper Science, Saman al-Hajj Technical College of Mashhad, Technical and Vocational University (TVU), Mashhad, Iran

Received: March, 2023 Accepted: May, 2023

Abstract

The walnut wood is one of the most important wood in Europe, Asia and Iran, which is used in various industries such as furniture, veneer, and construction due to its high resistance and texture. In this research, walnut trees from two different geographic locations, one from the forests in the north of Iran (Noor) and the other in the west of Iran (Shahrkord), were selected. The physical properties including dry density, basic density, shrinkage, and mechanical properties including bending strength, modulus of elasticity, compression parallel to the grain, shear, tensile parallel and perpendicular to the grain, tangential and radial screw withdrawal strength and toughness were measured using standard procedures as define in ISI3129 and ASTM D143-14. The moisture content of all samples during mechanical tests was 12%. The average dry density of Noor and Shahrekord walnuts was 0.61 and 0.57 (g/cm^3) respectively. The results of variance analysis showed that the characteristics and physical properties of these two species were not significantly different except for dry density, radial, tangential and volumetric shrinkages. However, due to the higher density of Noor species, it showed higher mechanical strength compared to the Shahrekord species.

Keywords: Walnut, mechanical properties, physical properties.