

بررسی خواص بیومکانیک چوب فندق (۳۸۲)

مهریاری لیما^۱، ناصر نوربخش^۲، یاسر بابائی نصیر موسی^۳ حسن پور علی^۴ رحمانی دیدار علاءالدین^۵ مدرس مطلق اسعد^۶

چکیده

امروزه برداشت اکثر محصولات کشاورزی در کشورهای پیشرفته به صورت مکانیزه انجام می‌شود. برداشت میوه‌ها بصورت مکانیزه و با استفاده از تکاننده‌های درخت بیش از ۵۰ سال است که در بسیاری از کشورها انجام می‌پذیرد. برداشت میوه‌ها بصورت مکانیزه نیازمند دانستن اطلاعات در مورد خواص بیومکانیک درخت و محصول می‌باشد. در غیر این صورت طراحی دستگاهی مناسب برای برداشت اصولی محصولات ممکن نخواهد بود. برداشت مکانیزه خشکبار در کشور بیشتر منحصر به پسته و بادام بوده و درباره برداشت فندق و گردو و... تاکنون مطالعات چندانی صورت نگرفته است و با توجه به اینکه کشور ما ششمین تولیدکننده فندق جهان است، به نظر می‌رسد که برداشت این محصول توجه بیشتری را طلب می‌کند. در این مطالعه مقادیر مدول الاستیک (E) و مدول برشی (G) برای چوب درخت فندق بدست آمده است. میانگین E برابر $2/21 \text{ GPa}$ و میانگین مقدار G برابر 837 MPa برای این درخت بدست آمد.

کلیدواژه: فندق، چوب، مدول الاستیک، مدول برشی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه ارومیه، پست الکترونیک: nasermehr.lima@gmail.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۴- هیئت علمی گروه مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۵- استادیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۶- استادیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه ارومیه

مقدمه

برداشت بسیاری از محصولات در سطح جهان بصورت مکانیزه انجام می شود که میوه ها و خشکبار نیز از این قاعده مستثنی نیستند. برداشت بادام و گردو به روش تکنایدن از دهه ۱۹۴۰ معمول گردیده و به تدریج به سایر محصولات درختی گسترش یافت. امروزه بسیاری از محصولات نظیر مرکبات، زیتون، گردو، پسته و قهوه و ... به روش تکنایدن انجام می شوند. البته می توان میوه هایی نظیر سیب، هلو، گلابی، انبه و ... را نیز به روش مکانیزه برداشت کرد. اما با توجه به حساسیت این میوه ها، محصولات برداشت شده بروش مکانیزه بیشتر برای مصرف کارخانجات مناسب می باشند تا مصرف خام. زیرا بسیاری از میوه ها در این روش ممکن است در اثر ضربه بازارپسندی خود را از دست بدهند. در این میان، خشکبار از این قاعده مستثنی می باشند و در ضربات حاصل از سقوط تأثیری بر آنها ندارد. علت آن می توان در وزن کم و پوسته محکم آنها جستجو کرد. بنابراین خشکبار، محصولات بسیار مناسبی جهت برداشت مکانیزه می باشند. در کشور ما بر روی برداشت مکانیزه پسته و بادام مطالعاتی انجام گرفته و دستگاه هایی بدین منظور ساخته شده اند. اما در مورد سایر محصولات علی الخصوص فندق و گردو مطالعات چندانی صورت نگرفته است. با توجه به اینکه کشور ما ششمین تولید کننده فندق جهان است و پتانسیل بسیار خوبی برای تولید هرچه بیشتر این محصول را دارا می باشد، لازم است تا مطالعات بیشتری بر روی این محصول انجام شود.

گام اول در طراحی ماشین برداشت محصولی خاص، داشتن خواص مکانیکی محصول می باشد. هدف از این مطالعه تعیین ضرایب مدول الاستیسیته (E) و مدول برشی (G) برای چوب فندق می باشد.

مواد و روش ها

آزمایشات در اسفند ۱۳۸۶ در کارگاه ماشین های کشاورزی دانشگاه ارومیه انجام شد. با توجه به چند پایه بودن گیاه فندق ابتدا لازم بود تعدادی از پایه های مناسب و بارور برای آزمایش انتخاب شود. پس از قطع پایه ها، از آنها تیرهایی به طول ۵۰ سانتی متر تهیه شد. با توجه به اینکه اکثر تکاننده ها تنه ها را از ارتفاع کمتر ۸۰ سانتی متری زمین تکان می دهند، تیرهای مزبور از ارتفاع کمتر از ۸۰ سانتی متری تنه ها انتخاب شد.

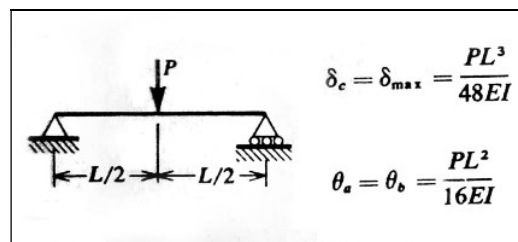
آزمایشات به دو قسمت تقسیم شدند:

تست خمش برای تعیین مدول الاستیک (E)

تست پیچش برای تعیین مدول برشی (G)

۱-۲) تست خمش برای تعیین مدول الاستیک E

برای بدست آوردن E از تست خمش تیر یکسر گیردار با یک تکیه گاه ساده استفاده شد استفاده شد. نمای شماتیک و فرمولهای مربوطه در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۱-۲-۱) نمای شماتیک تست خمش

برای برش مقطع تیرها از اره لنگ با حداکثر دقت ممکن استفاده شد. اگر چه مقطع تنه درخت به صورت دایره کامل نمی باشد، اما با توجه به شکل مقاطع می توان با تقریب خوبی آنرا دایره در نظر گرفت. در غیر این صورت محاسبه ممان اینرسی I بسیار مشکل

خواهد شد. تیرها به طول ۵۰ سانتی متر بریده شده و از دو انتها بر روی دستگاه تست خمش قرار گرفت و در یک انتها تا حد امکان محکم شد تا به شکل تکیه گاه صلب عمل نماید و در انتهای دیگر به گونه ای محکم شد که به صورت تکیه گاه ساده عمل نماید. وسط تیر مشخص شده و تحت بارگذاری قرار گرفت. در شکل زیر نحوه انجام تست خمش مشاهده می شود.



شکل ۲-۱ (۲-۱) نمونه تحت تست خمش سه نقطه

مقدار خیز تیرها به وسیله ساعت اندازه گیری با دقت ۰/۰۱ میلی متر محاسبه شد و سپس تا ۰/۱ میلی متر گرد شد. آزمایشات بر روی ۱۴ تیر با طول یکسان و قطر متفاوت و در سه سطح بارگذاری ۱۸۰ N، ۳۴۰ N و ۵۰۰ N انجام گرفته و نتایج ثبت شد. با توجه به نوع آزمایش، از رابطه زیر برای به دست آوردن مدول الاستیک E استفاده شد:

$$E = \frac{PL^3}{48YI}$$

که:

E: مدول الاستیسیته (pa) Y: خیز بر (m)

P: بار وارده (N) I: ممان اینرسی (m⁴)

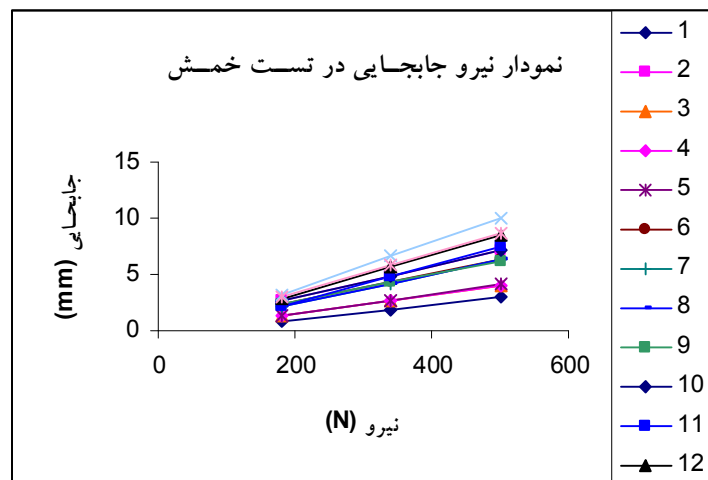
L: طول بر (m)

نمونه ها به صورت شبه استاتیک بارگذاری شده و پس از هر بارگذاری اجازه داده شد تا به خیز نهایی برسد. نتایج حاصل از بارگذاری در جدول زیر مشاهده می شود.

شماره نمونه	قطر (mm)	۱۸۰ N	۳۴۰ N	۵۰۰ N	جابجایی (mm)
۱	۵۶/۴	۰/۹	۱/۹	۳	۵۰۰
۲	۳۹/۴	۲/۶	۴/۹	۷/۲	۳۴۰
۳	۴۴/۶	۱/۴	۲/۷	۴	۱۸۰
۴	۴۴/۲	۱/۴	۲/۷	۴	۱۸۰
۵	۴۶/۹	۱/۳	۲/۷	۴/۱	۳۴۰
۶	۳۹/۳	۲/۳	۴/۳	۶/۳	۵۰۰
۷	۳۷/۵	۲/۱	۳/۶	۵/۱	۳۴۰
۸	۳۵/۲	۲/۱	۴/۲	۶/۳	۵۰۰
۹	۳۹/۷	۲/۴	۴/۳	۶/۲	۳۴۰
۱۰	۳۴/۱	۲/۶	۴/۹	۷/۲	۱۸۰
۱۱	۳۴/۹	۲/۱	۴/۸	۷/۵	۳۴۰
۱۲	۲۹/۸	۲/۹	۵/۷	۸/۵	۵۰۰
۱۳	۳۰/۶	۳/۲	۶/۶	۱۰	۳۴۰
۱۴	۳۳/۷	۳	۵/۸	۸/۶	۵۰۰

جدول ۲-۱-۱) نتایج حاصل از بارگذاری خمشی نمونه ها

با توجه به نمودار مربوط به جدول ۱-۲-۱ مشاهده می‌شود که مقدار جابجایی به صورت تقریباً خطی با تغییرات نیرو تغییر می‌کند.



نمودار ۱-۲ (خیز نمونه‌ها در سه سطح بارگذاری)

۲-۲) تست پیچش برای تعیین مدول برشی G

از فک یک دستگاه تراش به عنوان تکیه‌گاه ثابت در بارگذاری پیچشی نمونه‌ها استفاده شد. نمونه‌ها در داخل سه نظام قرار گرفته و محکم شدند تا امکان هیچ گونه حرکتی را نداشته باشند. سپس فک دستگاه به کمک اهرم مربوطه قفل شد تا نمونه قادر به چرخش آزاد حول محور دستگاه نباشد. از مرغک دستگاه به عنوان یک تکیه‌گاه ساده استفاده شد که نقش آن صرفاً جلوگیری از خمش طولی نمونه هنگام بارگذاری پیچشی می‌باشد. نوک مرغک تا حد چند میلی‌متر در داخل نمونه فرو رفته و سپس مقداری عقب کشیده شد تا نمونه را نگهدارند اما به آن بار محوری وارد ننمایند زیرا این عمل بر خواص نمونه‌ها تأثیرگذار خواهد بود. همانگونه که اشاره شد، نقش مرغک صرفاً جلوگیری از خمش نمونه است.

یک حلقه متصل به یک بازو برای باردهی نمونه‌ها ساخته شد. نمونه‌ها در داخل حلقه قرار گرفته و محکم شدند سپس به فک دستگاه تراش متصل شده و به گونه‌ای قرار گرفت که میله حالت افقی داشته و بتوان از آن برای باردهی و اندازه‌گیری زاویه استفاده نمود.

نمونه‌ها در چهار سطح $2/5N$ ، $7/5N$ و $12/5N$ و $17/5N$ در فاصله $0/5$ متری از مرکز نمونه تحت گشتاور پیچشی قرار گرفتند. جابجایی توسط یک ساعت اندازه‌گیری با دقت $0/01$ میلی‌متر اندازه‌گیری شد و نتایج تا $0/1$ میلی‌متر گرد شدند. سپس جابجایی‌ها به کمک روابط مثلثاتی به زوایای پیچش تبدیل شدند. در شکل زیر نحوه انجام تست پیچش مشاهده می‌شود.



شکل ۱-۲-۲) نمونه تحت بارگذاری پیچشی

با استفاده از رابطه زیر مقدار مدول برشی G برای هر نمونه محاسبه شد:

$$G = \frac{TL}{J\phi}$$

که:

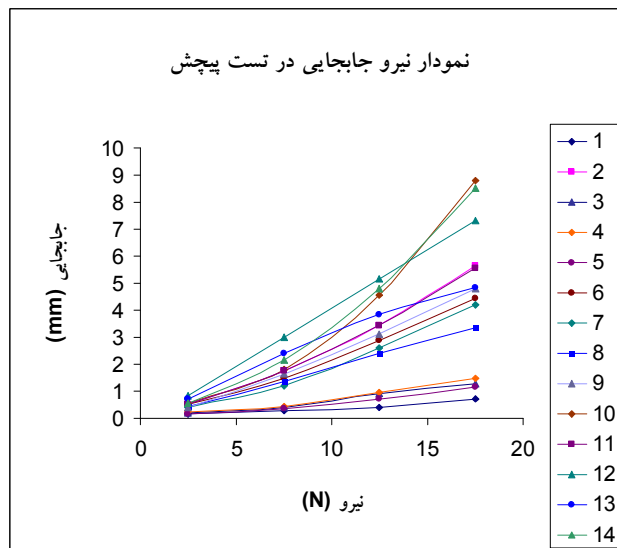
G: مدول برشی (pa) J: ممان سطح (m⁴)
T: گشتاور پیچشی (Nm) ϕ : زاویه پیچش (rad)

در جدول زیر نتایج حاصل از تست پیچش برای هر نمونه نشان داده شده است.

جابجایی (mm)				قطر (mm)	شماره نمونه
17.5 N	12.5 N	7.5 N	2.5 N		
0.731707	0.418118	0.278746	0.174216	56.4	1
5.644599	3.449477	1.74216	0.522648	39.4	2
1.289199	0.905923	0.418118	0.209059	44.6	3
1.463415	0.940767	0.452962	0.243902	44.2	4
1.149826	0.731707	0.348432	0.174216	46.9	5
4.45993	2.891986	1.498258	0.522648	39.3	6
4.181185	2.61324	1.184669	0.383275	37.5	7
3.379791	2.404181	1.358885	0.452962	35.2	8
4.808362	3.101045	1.637631	0.418118	39.7	9
8.815331	4.56446	1.811847	0.557491	34.1	10
5.54007	3.449477	1.777003	0.522648	34.9	11
7.317073	5.156794	2.996516	0.836237	29.8	12
4.843206	3.832753	2.404181	0.731707	30.6	13
8.501742	4.808362	2.160279	0.557491	33.7	14

جدول (۱-۲-۲) مقدار جابجایی نمونه ها در تست پیچش

همان گونه که در نمودار ۱-۲-۲ مشاهده می شود، تغییرات جابجایی در بارگذاری پیچشی نسبت به تغییرات نیرو به صورت کاملاً خطی نمی باشد که علت را می توان به پدیده خزش نسبت داد (که مورد بحث این مقاله نمیباشد).



نمودار ۱-۲-۲) تغییرات جابجایی نسبت به نیرو در بارگذاری پیچشی

در انتها، نمونه‌ها وزن شده و به مدت ۲۴ ساعت در آون 105°C خشک شدند. محتوای رطوبت متوسط نمونه‌ها $26\text{db}\%$ به دست آمد. قطر نمونه‌ها در دو انتها با استفاده از کولیس و با دقت 0.01 میلی‌متر به دست آمده و در محاسبات از میانگین قطرها استفاده شد.

۳) نتایج و بحث

۳-۱) تجزیه آماری

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در سطح احتمال 0.05 درصد با استفاده از آزمون توکی نشان می‌دهد که با احتمال بیش از ۹۹ درصد بین نیروهای وارده، قطرهای بکار رفته و نیز اثرات متقابل نیرو- قطر اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

ارزش k	منبع	درجه آزادی	جمع مربعات	میانگین مربعات	ارزش f	آنالیز نمودار واریانس prob
۲	فاکتور A	۳	۷۴۸/۴۴۷	۲۴۹/۴۸۲	۶۵/۸۸۶۹	.
۴	فاکتور A	۲	۵۳۴/۲۰۸	۲۶۷/۱۰۴	۷۰/۵۴۰۶	.
۶	AB	۶	۲۳۴/۲۴۹	۳۹/۰۴۱	۱۰/۳۱۰۶	.
۷-	خطا	۳۶	۱۳۶/۳۱۵	۳/۷۸۷		
	مجموع	۴۷	۱۶۵۳/۲۱۹			

جدول ۱-۱ (۳-۱) نتایج حاصل از تجزیه واریانس

ضریب واریانس: ۳/۷۹٪

تعداد مشاهدات: ۱۲ S/y برای میانگین گروه ۲: ۰/۵۶۱۷

تعداد مشاهدات: ۱۶ S/y برای میانگین گروه ۴: ۰/۴۸۶۵

تعداد مشاهدات: ۴ S/y برای میانگین گروه ۶: ۰/۹۷۳۰

نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان می‌دهد که بیشترین میزان جابجایی در کمترین قطر و بیشترین نیروی بکار رفته صورت پذیرفته است. میزان ضریب تغییرات نشان‌دهنده دقت بسیار خوب این آزمایش می‌باشد.

۳-۲ تعیین ضریب الاستیسیته

برای تعیین ضریب الاستیسیته E از مقادیر بدست آمده از بارگذاری خمشی که در جدول ۱-۱-۲ آورده شده است استفاده شد. مقدار E برای هر نمونه و تحت هر بارگذاری بطور جداگانه محاسبه شد. مقادیر مربوط به نمونه‌ها در بارگذاری‌های مختلف دارای همبستگی خوبی می‌باشند.

ضرایب محاسبه شده E برای هر نمونه تحت بارگذاری‌های مختلف در جدول زیر آورده شده است.

ضرایب E (تمام اعداد در 10^9 ضرب شود)

نمونه ها	N180	N340	N500
1	0/991	0/906	0/188
2	1/54	1/527	1/527
3	1/716	1/68	1/668
4	1/787	1/75	1/737
5	1/518	1/38	1/337
6	1/731	1/749	1/756
7	2/287	2/52	2/616
8	2/945	2/778	2/727
9	1/605	1/668	1/722
10	2/7	2/706	2/709
11	3/045	2/518	2/37
12	4/175	4/012	3/957
13	3/403	3/117	3/024
14	2/468	2/411	2/391

جدول ۱-۲-۳ ضرایب E برای هر نمونه تحت بارگذاری های مختلف

ضریب الاستیک کلی درخت برابر با میانگین مقادیر موجود در جدول ۱-۱-۳ می باشد.

$$E_T = \frac{\sum_{n=1}^{13} E_n}{n}$$

در مجموع میانگین E برای درخت فندق با استفاده از فرمول فوق برابر $2/21$ GPa محاسبه شد.

۳-۳ تعیین مدول برشی G

برای تعیین مدول برشی G از مقادیر بدست آمده از بارگذاری پیشگی که در جدول ۱-۲-۲ آورده شده است استفاده شد. همانگونه که در مورد E عمل شد، مقادیر G مربوط به هر نمونه بصورت جداگانه متناسب با بارگذاری محاسبه شده و در انتها از آنها میانگین گرفته شد.

مقادیر محاسبه شده G برای هر نمونه تحت بارهای پیشگی مختلف در جدول زیر آورده شده است.

ضرایب G (تمام اعداد در ۱۰۹ ضرب شود)

نمونه	قطر	2.5 N	7.5 N	12.5 N	17.5 N
1	56.44	0.50575	0.63002	0.60112	0.59245
2	46.9	1.02017	0.72828	0.77163	0.82943
3	44.6	1.02884	0.71383	0.83521	1.00861
4	44.2	0.91613	0.71383	0.73984	0.78319
5	39.7	0.67048	0.69938	0.6069	0.55199
6	39.4	0.66759	0.60112	0.50575	0.4335
7	39.35	0.67048	0.69938	0.6069	0.55199
8	37.55	1.09242	1.06063	0.80342	0.70227
9	35.25	1.18779	1.18201	0.95948	1.11265
10	34.95	1.07508	0.92769	0.79764	0.69649
11	34.15	1.08086	1.05485	0.66181	0.47974
12	33.7	1.15022	0.88145	0.66181	0.52309
13	30.9	1.25715	1.14733	1.19935	1.33518
14	29.8	1.22247	1.02306	0.99127	0.9826

جدول ۱-۳-۳) مقادیر G برای هر نمونه تحت بارگذاری های مختلف

میانگین مقادیر G بدست آمده برای فندق برابر ۸۳۷MPa است.

۳-۴) ضریب پواسون

ذراتها با استفاده از رابطه زیر ضریب پواسون برای درخت بدست آمد:

$$G = \frac{E}{2(1-\nu)}$$

با استفاده از مقادیر بدست آمده برای E و G، ضریب پواسون برای این نوع چوب برابر ۰/۳۲ بدست آمد.

پیشنهادات

در آزمایش تعیین ضرایب E و G برای درخت فندق از ۱۴ نمونه استفاده شد. میانگین محتوای رطوبت نمونه ها ۲۶ درصد بود و در فصل زمستان نمونه برداری شد.

در مجموع برای تعیین خواص بیومکانیک فندق پیشنهادهای زیر مطرح می شود:

- آزمایشات در رطوبت های مختلف و کنترل شده تکرار شود.
- خواص بیومکانیک در فصول مختلف اندازه گیری شده و با یکدیگر مقایسه گردد.
- آزمایشات بر روی نمونه های بیشتری تکرار شود.
- خواص گوناگون مانند فرکانس طبیعی، جرم موثر و ... نیز اندازه گیری شود.

تقدیر و تشکر

لازم می داند از تمامی اعضای هیات علمی و کارکنان گروه و کارگاه شین های کشاورزی دانشگاه ارومیه علی الخصوص جناب آقای دکتر کماریزاده مدیر محترم گروه، آقای دکتر حسن پور، آقایان پلنگی و کریمی جهت آماده سازی شرایط برای انجام آزمایشات تشکر به عمل آورد.

همچنین لازم میدانند از آقای مهندس عادل خشاوه جهت تجزیه آماری آزمایشات تشکر به عمل آورد.

منابع

- ۱- مبللی، ۱۳۷۶، تعیین خواص بیومکانیک در برداشت پسته، رساله دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
 - ۲- علیپور، جهانگیر، ۱۳۸۶، شبیه سازی و آنالیز رفتار ارتعاشی درخت با استفاده از نرم افزار ANSYS، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
 - ۳- تامسون، ویلیام ت، ۱۳۸۵، تئوری ارتعاشات و کاربردهای آن، اردشیر کرمی محمدی، چاپ سوم، انتشارات نورپردازان
 - ۴- جانستون راسل، فردیناند بی یر، ۱۳۷۸، مقاومت مصالح، ابراهیم واحدیان، چاپ دوم، نشر علوم دانشگاهی
 - ۵- وبسایت سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان
- 6-Garcia,F. Olivier,C.E. 2003. Design of a shaker-clamp system for inertial shakers of a coffee tree.ASAE paper.no 031143.st jose ph.mich:ASAE
- 7-D,Erdogan. M,uner. I,Gezer. 2002. Mechanical harvesting of apricots. Biosystem engineering(2003)85(1),19-28.
- 7-Z,Lang. 2007. A simple modle for fruit tree shaking harvest. Technical department, corvinuse university, Budapest,Hongry.13(1):33-36