



خواص برشی و خمشی شاخه درختان آلبالو و گردو

امین نصیری^۱، شاهین رفیعی^۲، محمدعلی ابراهیمی^۱، حسین مبلی^۳، علی رجیبی پور^۲

۱ و ۲ - به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استاد گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و

فناوری، دانشگاه تهران

aminnassiri@ut.ac.ir

چکیده

هدف از این تحقیق محاسبه استحکام برشی، انرژی برشی ویژه، مدول الاستیسیته، استحکام خمشی و انرژی خمشی شاخه درختان آلبالو و گردو و نیز بررسی تاثیر سرعت تیغه برش بر خواص مکانیکی این دو محصول بود. آزمایشات در سرعت‌های بارگذاری ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلیمتر بر دقیقه و در دو سطح رطوبتی ۵۰ (A) و ۲۴.۳۲ (B) درصد بر پایه تر برای شاخه‌های آلبالو و ۵۴.۷۲ (A) و ۳۹.۹ (B) درصد بر پایه تر برای شاخه‌های گردو انجام شد. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش سرعت برشی از ۲۰ به ۴۰ میلیمتر بر دقیقه استحکام برشی و انرژی برشی ویژه برای هر دو شاخه در هر دو سطح رطوبتی به‌طور خطی کاهش یافت. با توجه به نتایج به‌دست آمده در هر دو شاخه سطح رطوبتی A استحکام برشی و انرژی در واحد سطح برش بیش‌تری نسبت به سطح رطوبتی B داشت. نتایج آنالیز واریانس و آزمون دانکن نشان داد که تغییر سرعت خمشی تاثیر معنی‌داری بر استحکام خمشی، انرژی خمشی و مدول الاستیسیته در سطح احتمال ۵ درصد نداشت. این در حالی است که قطر شاخه تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر مدول الاستیسیته داشت، به‌طوری که با افزایش قطر شاخه (آلبالو و گردو) در هر دو سطح رطوبتی مقدار مدول الاستیسیته کاهش یافت. مقادیر استحکام خمشی، انرژی خمشی و مدول الاستیسیته در سرعت-های بارگذاری مختلف و در دو سطح رطوبتی برای هر دو ساقه مورد آزمایش تعیین شد.

واژگان کلیدی: آلبالو، گردو، خواص مکانیکی، سرعت تیغه برش.

برداشت مکانیکی محصولات خوراکی درختی سال‌هاست که توجه مهندسان را جلب نموده است. از دهه‌ی ۴۰ قرن ۱۹ میلادی در موسسه مهندسی کشاورزی امریکا مطالعاتی بر روی برداشت مکانیکی مرکبات و خشکبار و محصولاتی همچون هلو، آلبالو، آلو، گیلاس و زردآلو صورت گرفته و ماحصل آن نتایجی ارزنده در زمینه طراحی و ساخت این گونه دستگاه‌هاست. عواملی همچون ساختار و شکل درخت، مقاومت مکانیکی محصول و ارزش اقتصادی هر دانه محصول در موفقیت تلاش‌ها در این زمینه مهم است. یکی از رایج‌ترین ماشین‌های مرسوم در این نوع برداشت، تکاننده‌ها هستند. این ماشین‌ها با ایجاد نوسان در شاخساره درخت و ایجاد پدیده تشدید میوه‌ها را از درخت جدا می‌نمایند. متداول است که تکاننده‌های برداشت کننده (shaker of harvesting) را به دو گروه تنه تکان (trunk shaker) و شاخه تکان (limb shaker) تقسیم می‌کنند، که اولی برای برداشت درختانی است که برای برداشت به لرزه‌های کم‌تری نیازمندند، مانند: هلو، گیلاس، زردآلو و سیب، کاربرد تکاننده نوع دوم که تک تک شاخه‌های درخت را جداگانه می‌لرزاند برای برداشت میوه درختانی است که برای جدا کردن میوه آن نیروی بیش‌تری لازم است، مانند درخت زیتون و مرکبات. معیار طراحی نیز برای تکاننده‌های درختان مختلف بر اساس خصوصیات درخت به دست می‌آید تا به پارامترهای ورودی بهینه برای برداشت کننده مکانیکی برسد.

در زمینه طراحی و ساخت ماشین‌های مخصوص برداشت مکانیکی محصولات تحقیقاتی انجام شده است، که از جمله آن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

مبلی در سال ۱۳۷۶ در رساله دکتری خود با عنوان " تعیین خواص بیومکانیکی در برداشت مکانیزه پسته "، مقاومت های کششی، خمشی و پیچشی میوه و خوشه پسته را به کمک نیروسنج و مقاومت ارتعاشی میوه و خوشه پسته را به کمک دستگاه آزمایشی که خود ساخته بود و بر مبنای مکانیزم دوران خارج از مرکز کار می‌کرد، مورد مطالعه قرار داد (مبلی، ۱۳۷۶). زابلستانی در سال ۱۳۸۲ در رساله دکتری خود با عنوان " تعیین مقاومت به ارتعاش میوه بادام و شبیه سازی دینامیکی درخت آن " ابتدا به منظور امکان سنجی برداشت مکانیزه بادام و تعیین دامنه و بسامد ارتعاش مناسب و همچنین تعیین ارقام مقاوم به ارتعاش در یک آزمایش فاکتوریل هفت رقم بادام را مورد آزمایش قرار داد و با نرم افزار MATLAB آن را شبیه سازی کرد. او بیان کرد که برداشت بادام با ماشین تکاننده امکان‌پذیر می‌باشد و میزان برداشت محصول با دامنه و فرکانس ارتعاش رابطه مستقیمی دارد. نتایج شبیه سازی دینامیکی درخت نشان داد که افزایش ضریب سختی تکاننده باعث بهتر شدن انتقال تکان به درخت شده و دامنه ارتعاش را بهبود می‌بخشد (زابلستانی، ۱۳۸۲). بسر^۱ و همکاران در سال ۱۹۶۴ طرحی را برای برداشت درختان (بالاخص گردو) ارائه کردند (Basser et al., 1964). واتسون و مورزک^۲ در سال ۱۹۷۰ یک تکاننده شاخه‌ای قابل حمل و نقل برای درختان میوه و آجیلی طراحی کردند (Watson and Morzek, 1970). بنابراین آگاهی از خواص و رفتار مکانیکی درخت از جمله مقاومت برشی مقاومت خمشی یکی از فاکتورهای مهم در طراحی تکاننده‌های مناسب و اصلاح آن‌ها می‌باشد. تحقیقات فراوانی برای محاسبه مقاومت برشی، مقاومت خمشی و مقاومت لهیدگی محصولات کشاورزی انجام گرفته است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

1- Basser

2 - Watson and Morzek

آینس^۱ و همکاران در سال 2005 نشان دادند که با افزایش رطوبت، تنش برشی و انرژی در واحد سطح ساقه آفتابگردان افزایش می‌یابد، همچنین نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که در قسمت پایین ساقه، انرژی و تنش برشی از قسمت بالای ساقه بیشتر است (I'nce et al., 2005). چاتوپادیا^۲ و پاندی^۳ در سال 1999 اثر سرعت بارگذاری و درجه رسیدگی بر خواص خمشی و فشاری ساقه ذرت خوشه‌ای را مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که با افزایش سرعت بارگذاری از 10 به 100 میلیمتر بر دقیقه، انرژی فشاری و مقاومت لهیدگی هر دو افزایش می‌یابند (Chattopadhyay and Pandey., 1999). نظری و همکاران در سال ۱۳۸۷ تأثیر مقدار رطوبت، سرعت بارگذاری و نواحی ارتفاعی بر استحکام کششی ساقه یونجه را مورد بررسی قرار دادند. آزمایشات در چهار سطح رطوبتی و سرعت‌های بارگذاری ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی متر بر دقیقه انجام شد. هر کدام از ساقه‌های یونجه به سه ناحیه ارتفاعی مساوی فوقانی، میانی و تحتانی تقسیم شدند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که استحکام کششی بصورت نمایی با کاهش مقدار رطوبت و به طرف نواحی پایین تر ساقه، افزایش یافت، همچنین استحکام کششی با افزایش سرعت بارگذاری در تمام نواحی به طور خطی افزایش یافت (نظری و همکاران، ۱۳۸۷).

نگاهی گذرا به درآمدهای حاصل از فروش محصولات غیر نفتی نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از صادرات غیر نفتی ایران بر پایه محصولات کشاورزی بنا شده است. با توجه به این‌که ایران کشوری در حال توسعه است لذا در بحث محصولات کشاورزی به خصوص محصولات باغبانی باید بتواند علاوه بر رفع نیاز بازار داخلی، جوابگوی نیاز کشورهای همسایه به عنوان یک بازار مصرف مناسب و پر درآمد باشد؛ این مهم جز با بهره‌گیری از ماشین‌آلات مکانیزه در برداشت محصولات باغی میسر نمی‌گردد، به طوری که با کاهش قیمت نهایی تولید محصول بتوان در بازار رقابت جهانی محصولی با کیفیت و همراه با قیمت پایین را عرضه نمود. همچنین برای ساخت یک دستگاه و قبل از شروع ساخت، ابتدا باید برخی از خواص محصول مورد نظر در اختیار باشد تا با استفاده از این خواص ابزارهای مناسب برای طراحی و ساخت دستگاه تهیه شده و مورد استفاده قرار گیرد.

اگرچه تحقیقات فراوانی در زمینه تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی صورت گرفته است اما تحقیقات در زمینه تعیین خواص مکانیکی شاخه درختان (استحکام برشی، انرژی برشی ویژه، مدول الاستیسیته، استحکام خمشی و انرژی خمشی) که عواملی مهم در طراحی شیکرها و ماشین‌های هرس به شمار می‌روند، بسیار ناچیز است. هدف از این تحقیق اندازه‌گیری پارامترهای ذکر شده، برای شاخه درختان آلبالو و گردو و تاثیر سرعت برش بر این عوامل است.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد آزمون

نمونه‌های آزمایشی به‌طور تصادفی از بین نمونه‌هایی که از درختان میوه واقع در دانشکده مهندسی بیوسیستم دانشگاه تهران چیده شده بود، انتخاب شدند. برگ‌ها قبل از هر تیمار یا اندازه‌گیری جدا شدند. نمونه‌های تازه چیده شده به دو گروه تقسیم شدند. یکی از گروه‌ها برای آزمایش‌های فوری، به منظور کاهش اثر خشک شده ساقه‌ها، استفاده شد و

1 -I'nce

2 -Chattopadhyay

3 -Pandey

گروه دیگر کنار گذاشته شد تا بعد از اینکه به درصد رطوبت پایین تر رسید، آزمایش شود. آزمایشات در دو سطح رطوبتی ۵۰ (A) و ۲۴.۳۲ (B) درصد بر پایه تر برای شاخه‌های آلبالو و ۵۴.۷۲ (A) و ۳۹.۹ (B) درصد بر پایه تر برای شاخه‌های گردو انجام شد. برای تعیین مقدار رطوبت متوسط شاخه‌های درختان آلبالو و گردو در تاریخ آزمایش، نمونه‌ها جمع آوری و وزن شدند و در دمای 103 درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت در داخل آون خشک شده و دوباره وزن شدند. در این آزمایش برای تعیین خواص مکانیکی شاخه درختان آلبالو و گردو از ماشین تست یونیورسال اینسترون مدل اس ام تی -۵^۱، ساخت کشور ایران، با نیروسنجی به ظرفیت (۵۰۰) کیلوگرم نیرو استفاده شد، همچنین قطر اصلی و ضخامت شاخه‌ها با کولیسی با دقت ۰/۰۱ میلی متر اندازه گیری شد.

۲-۲- شیوه آزمایش

خواص مکانیکی شاخه‌های آلبالو و گردو با استفاده از یک آزمون برش (شکل ۱-الف) شبیه به آنچه توسط دوقرتی^۲ و همکاران (O'Dogherty et al., 1995) و نظری و همکاران (Nazari et al., 2008) توصیف شده بود و یک آزمون خمش سه نقطه ای (شکل ۱-ب) نظیر آنچه توسط آنوسامی و همکاران^۳ (Annoussamy et al., 2000) و نظری و همکاران (Nazari et al., 2008) توصیف شده بود، تعیین گردید.

۳-۲- مقاومت برشی شاخه

شاخص‌هایی که رفتار برشی مواد کشاورزی را تعیین می‌کنند، مقاومت برشی ماکزیمم T_{max} ، انرژی برشی F_s و انرژی برشی در واحد سطح F_{sc} هستند. مقاومت برشی ساقه گندم از طریق برش مضاعف و با استفاده از جعبه برش که از دو صفحه ثابت و موازی فولادی که بین آنها صفحه سوم آزادانه می‌تواند حرکت کند، تشکیل شده است، اندازه گیری شد (شکل ۱-الف). یک سری سوراخ‌هایی با قطر ۱/۵ تا ۵ میلی متر در بین صفحات برای جا دادن شاخه‌ها با قطرهای مختلف وجود داشت. نیروی برشی با سوار کردن جعبه برش بر روی دستگاه آزمون کشش-فشار (اینسترون) به نمونه‌ها اعمال گردید. نیروی اعمالی با استفاده از یک نیروسنج استرین گيجی اندازه گیری و تغییرات نیرو-زمان تا هنگام گسیختگی نمونه‌ها ثبت شد. صفحه متحرک با سرعت‌های ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی متر بر دقیقه بارگذاری شد.

مقاومت برشی ماکزیمم از نسبت نیروی برشی ماکزیمم و سطح مقطع نمونه به دست می‌آید (Gere and Timoshenko., 1997). به دلیل ایجاد برش مضاعف در نمونه مقاومت برشی ماکزیمم از رابطه زیر

تعیین شد:

$$T_{max} = \frac{F_{max}}{2A} \quad (1)$$

که در این رابطه، T_{max} مقاومت برشی ماکزیمم (مگاپاسکال)، A سطح مقطع شاخه در صفحه برش (میلیمتر مربع) و F_{max} نیروی برشی ماکزیمم (نیوتن) می‌باشد.

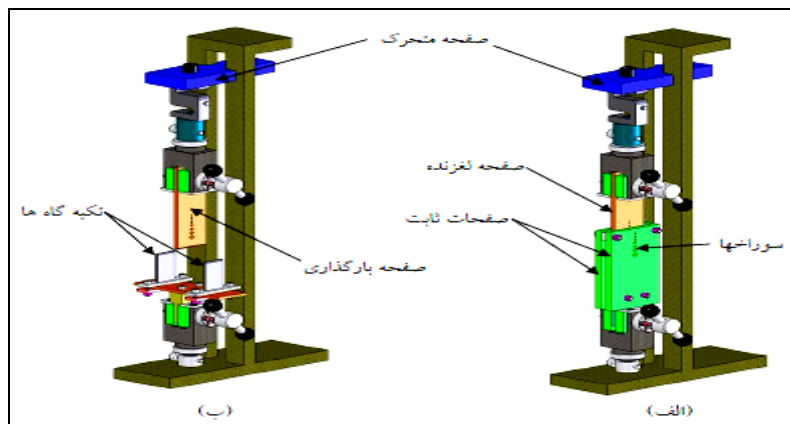
انرژی برشی F_s از محاسبه سطح زیر منحنی نیروی برش - جابجایی (شکل ۲)، به دست آمد (Chen et al., 2004; Nazari Galedar et al., 2008; Annoussamy et al., 2000):

1 -Instron Universal Testing Machine SMT-5, SANTAM CO; IRAN.

2- O'Dogherty.

3 -Annoussamy et al.

$$E_s = \int_0^{l_f} F dl = \sum_0^{l_f} (I_{n+1} - I_n) \left(\frac{F_{n+1} + F_n}{2} \right) \quad (2)$$



شکل ۱- شماتیک دستگاه اندازه گیری الف) مقاومت برشی و ب) مقاومت خمشی

همچنین انرژی در واحد سطح برشی از محاسبه سطح زیر منحنی نیروی برش - جابجایی (شکل ۲) و با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (چگینی و همکاران، ۱۳۸۷):

$$E_{st} = \frac{1}{A} \int_0^{l_f} F dx \quad (3)$$

۲-۴- مقاومت خمشی

این آزمایش به منظور تعیین استحکام خمشی، مدول الاستیسیته و انرژی خمشی شاخه‌های گردو و آلبالو به عنوان تابعی از سرعت بارگذاری در دو سطح رطوبتی انجام شد. برای اندازه‌گیری این خواص، شاخه‌ها روی دو تکیه‌گاه فلزی با فاصله ۵۰/۴۴ میلی‌متر، قرار داده شدند و وسط فاصله بین دو تکیه‌گاه با استفاده از صفحه بارگذاری متصل به صفحه متحرک، بارگذاری شد (شکل ۱-ب). سرعت بارگذاری ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی‌متر بر دقیقه بود و نیروی خمشی توسط یک نیروسنج استرین گیجی اندازه‌گیری گردید و تغییرات نیرو-زمان تا هنگام گسیختگی نمونه‌ها ثبت شد. انرژی خمشی E_b از محاسبه سطح زیر منحنی نیرو - جابجایی در تست خمش (شکل ۳)، به دست آمد (Annoussamy et al., 2000):

$$E_b = \int_0^{l_f} F dl = \sum_0^{l_f} (I_{n+1} - I_n) \left(\frac{F_{n+1} + F_n}{2} \right) \quad (2)$$

ماکزیم تنش خمشی σ_{max} توسط رابطه زیر تعیین شد (Gere and Timoshenko, 1997):

$$\sigma_{max} = \frac{F_{b,max} r L}{4I} \quad (4)$$

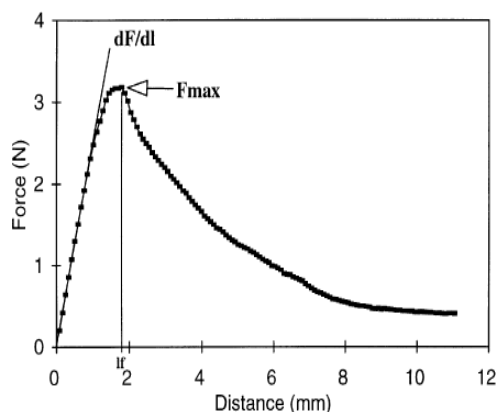
که در این رابطه، $F_{b,max}$ ماکزیم نیرو خمش (نیوتن)، r شعاع شاخه (میلیمتر)، L فاصله دو تکیه‌گاه (میلیمتر)، I گشتاور دوم سطح (mm^4) و σ_{max} ماکزیم تنش خمشی (مگاپاسکال) می‌باشد. بیش‌تر نمونه‌ها دارای سطح مقطع تقریباً دایره شکل بودند، بنابراین گشتاور دوم سطح توسط رابطه زیر محاسبه شد:

$$I = \frac{\pi r^4}{4} \quad (5)$$

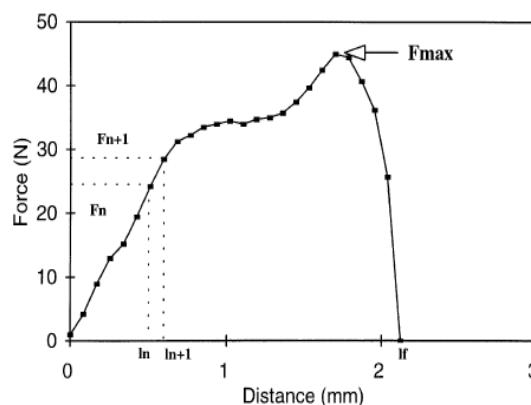
همچنین برای شاخه‌های گردو که دارای مقطع تو خالی بودند، گشتاور دوم سطح توسط رابطه زیر محاسبه شد (Gere and Timoshenko, 1997):

$$I = \frac{\pi [r_{out}^4 - (r_{out} - e)^4]}{4} \quad (6)$$

که در آن شعاع خارجی و e ضخامت شاخه است.



شکل ۳- نمودار نیرو - جابه‌جایی در تست خمش



شکل ۲- نمودار نیرو - جابه‌جایی در تست برش

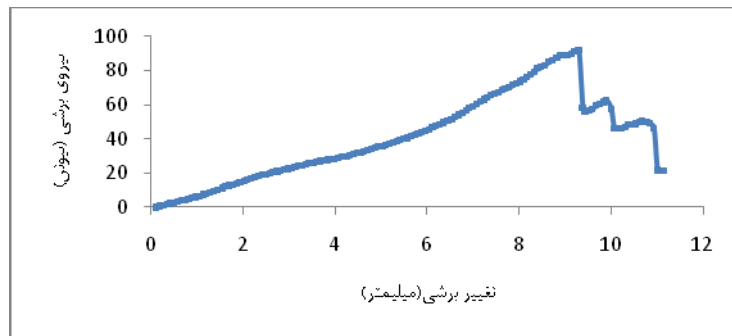
برای آزمایش خمش، مدول الاستیسیته E (مدول یانگ)، با استفاده از رابطه ارائه شده توسط کروک و انوس برای تیرهای بارگذاری شده در مرکز تیر، محاسبه شد (Crook and Ennos., 1994):

$$E = \frac{l^3 (dF/dL)}{48I} \quad (7)$$

که در این رابطه l فاصله دو تکیه‌گاه (میلیمتر)، I گشتاور دوم سطح (mm^4)، (dF/dL) شیب خط مماس بر منحنی نیرو - جابه‌جایی برای تست خمش در مبدا (شکل ۳)، E مدول یانگ (مگاپاسکال) می‌باشد.

۳. طرح آزمایش

برای انجام آزمایشات از یک طرح آزمایش کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل استفاده شد. متغیرهای مستقل محتوای رطوبتی و سرعت بارگذاری و متغیرهای وابسته استحکام برشی، انرژی برشی، انرژی برشی ویژه، استحکام خمشی، انرژی خمشی و مدول الاستیسیته بودند. آزمایشات در دو سطح رطوبتی ۵۰ (A) و ۲۴.۳۲ (B) درصد بر پایه تر برای شاخه‌های آلبالو و ۵۴.۷۲ (A) و ۳۹.۹ (B) درصد بر پایه تر برای شاخه‌های گردو و سرعت‌های بارگذاری ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلیمتر بر دقیقه انجام شدند. تعداد تکرارهای به کار رفته ۳ تکرار به ازای هر ترکیب از پارامترهای آزمایشی بود. اطلاعات بدست آمده بصورت آماری و با استفاده از نرم افزار SPSS17 تجزیه و تحلیل گردید و نمودارها در نرم افزار Excel رسم شد.



شکل ۴- نمونه ای از نمودارهای نیروی برشی و تغییر شکل برای شاخه آلبالو

۴. نتایج و بحث

۴-۱- آزمون برش

۴-۱-۱- استحکام برشی و انرژی در واحد سطح برش

نتایج آنالیز واریانس و آزمون دانکن نشان داد که اثر سرعت برشی بر استحکام برشی و انرژی در واحد سطح برش شاخه‌های آلبالو و گردو در سطح احتمال ۵ درصد در هر دو سطح رطوبتی معنی‌دار نبود. با توجه به نتایج آزمون چند دامنه‌ای دانکن، مقادیر استحکام برشی و انرژی در واحد سطح برش در هر دو شاخه با افزایش سرعت بارگذاری در دو سطح رطوبتی A و B به صورت تدریجی و بطور خطی کاهش یافتند.

با توجه به شکل‌های (5) و (6) با افزایش سرعت برشی از ۲۰ به ۴۰ میلیمتر بر دقیقه استحکام برشی شاخه‌های آلبالو در سطح رطوبتی A از ۶۸.۵ به ۳۵.۳۳ مگاپاسکال و در سطح رطوبتی B از ۵.۶۵ به ۵.۳۲ مگاپاسکال، و برای شاخه‌های گردو در سطح رطوبتی A از ۲.۳۲ به ۱.۹۸ مگاپاسکال و در سطح رطوبتی B از ۱.۷۵ به ۱.۱۶ مگاپاسکال کاهش یافت. کاهش تقریبی استحکام برشی در اثر افزایش سرعت ممکن است به علت رفتار ویسکوالاستیک شاخه باشد. پراساد^۱ و گوپتا^۲ در سال ۱۹۷۵ نتایج مشابهی را در مورد ساقه ذرت گزارش کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که در برش مستقیم با افزایش سرعت، مقاومت و انرژی برشی کاهش می‌یابند (Prasad and Gupta., 1975). نمودار سرعت برشی - استحکام برشی برای شاخه‌های آلبالو و گردو در هر دو سطح رطوبتی در شکل‌های (۵) و (۶) نشان داده شده است. با توجه به این شکل‌ها در هر دو شاخه محتوای رطوبتی A استحکام برشی بیش‌تری نسبت به سطح رطوبتی B دارد، که علت احتمالی آن می‌تواند شکننده تر بودن شاخه‌های خشک‌تر باشد. توکلی و همکاران^۳ در سال ۲۰۰۹ نتایج مشابهی را در مورد جو گزارش کردند. آن‌ها نشان دادند که با افزایش رطوبت از ۱۰ به ۲۰ درصد بر پایه تر، استحکام برشی در هر سه ناحیه مورد مطالعه در ساقه جو افزایش یافت (Tavakoli et al., 2009).

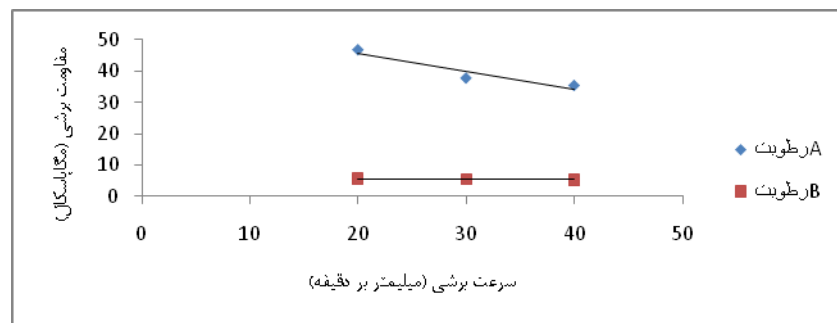
با افزایش سرعت، انرژی برشی در واحد سطح کاهش یافت. با توجه به شکل‌های (۷) و (۸) با افزایش سرعت برشی از ۲۰ به ۴۰ میلیمتر بر دقیقه انرژی برشی در واحد سطح شاخه‌های آلبالو در سطح رطوبتی

1 -Prasad

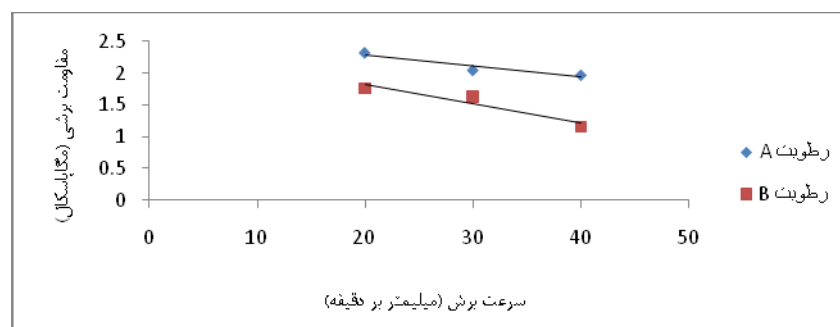
2 -Gupta

3 -Tavakoli et al.

A از ۲۰۶.۲۶ به ۱۸۰.۳۰ میلی ژول بر میلیمتر مربع و در سطح رطوبتی B از ۲۶.۶۶ به ۱۹.۱ میلی ژول بر میلیمتر مربع، و برای شاخه‌های گردو در سطح رطوبتی A از ۲۱.۲ به ۱۶.۸ میلی ژول بر میلیمتر مربع و در سطح رطوبتی B از ۱۳.۶۹ به ۹.۳۱ میلی ژول بر میلیمتر مربع کاهش یافت. خزایی^۱ و همکاران در سال ۲۰۰۲ نتایج مشابهی را در مورد پیرتروم گزارش کردند. آن‌ها گزارش کردند که با افزایش سرعت از ۲۰ به ۵۰۰ میلیمتر بر دقیقه، انرژی بر واحد سطح از ۳.۳ به ۲.۸ مگاپاسکال کاهش یافت. (Khazaei et al., 2002) با توجه به شکل‌های (۷) و (۸) در هردو شاخه محتوای رطوبتی A انرژی برشی در واحد سطح بیش‌تری نسبت به سطح رطوبتی B دارد، علت این روند تغییرات بوسیله این واقعیت که افزایش محتوای رطوبتی شاخه منجر به افزایش استحکام برشی آن می‌شود قابل توضیح می‌باشد. این اثر محتوای رطوبتی توسط آنوسامی و همکاران^۲ برای ساقه گندم (Anoussamy et al., 2000) و نظری گله دار و همکاران^۳ برای ساقه یونجه نیز گزارش شده است (Nazari Galedar et al., 2008).



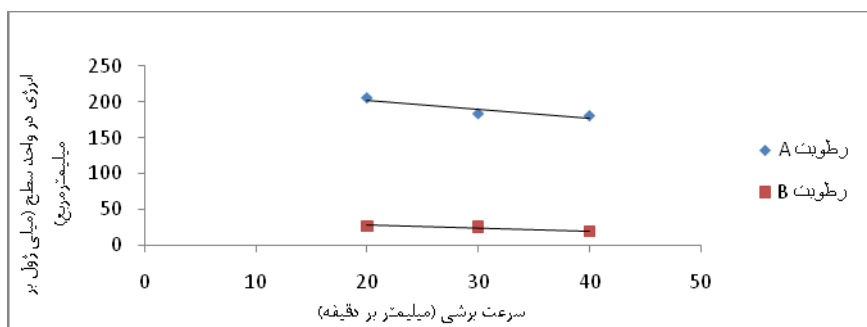
شکل ۵- تاثیر سرعت بارگذاری بر مقاومت برشی شاخه آلبالو



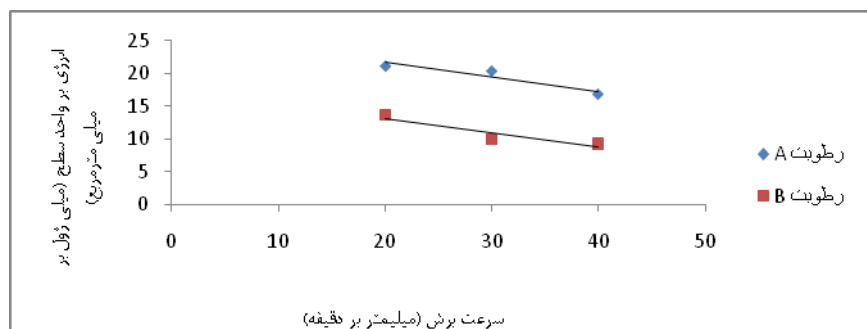
شکل ۶- تاثیر سرعت بارگذاری بر مقاومت برشی شاخه گردو

معادلات مربوط به رابطه بین استحکام برشی و انرژی در واحد سطح برش برای هر دو شاخه در دو سطح رطوبتی با سرعت بارگذاری و ضریب تبیین (R^2) آن‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

1 - Khazaei
2 - Anoussamy et al.
3 - Nazari Galedar et al.



شکل ۷- تاثیر سرعت بارگذاری بر انرژی در واحد سطح برش شاخه آلبالو



شکل ۸- تاثیر سرعت بارگذاری بر انرژی در واحد سطح برش شاخه گردو

جدول ۱- معادلات نمایش دهنده رابطه بین خواص مکانیکی و سرعت بارگذاری در دو سطح رطوبتی برای هر کدام از شاخه‌ها

خواص مکانیکی	آلبالو				گردو			
	رطوبت A	R ²	رطوبت B	R ²	رطوبت A	R ²	رطوبت B	R ²
$\tau_{max} (Mpa)$	$-0.58V + 57.23$	0.89	$-0.016V + 5.9$	0.96	$-1.48V + 125.5$	0.98	$-3.01V + 175.2$	0.85
$E_p (Mpa)$	$-1.39V + 228.9$	0.84	$-0.378V + 35.23$	0.83	$-3.902V + 448.3$	0.85	$-0.22V + 17.5E$	0.86

τ_{max} : استحکام برشی، E_p : انرژی برشی ویژه. V سرعت بارگذاری (میلیمتر بر دقیقه).

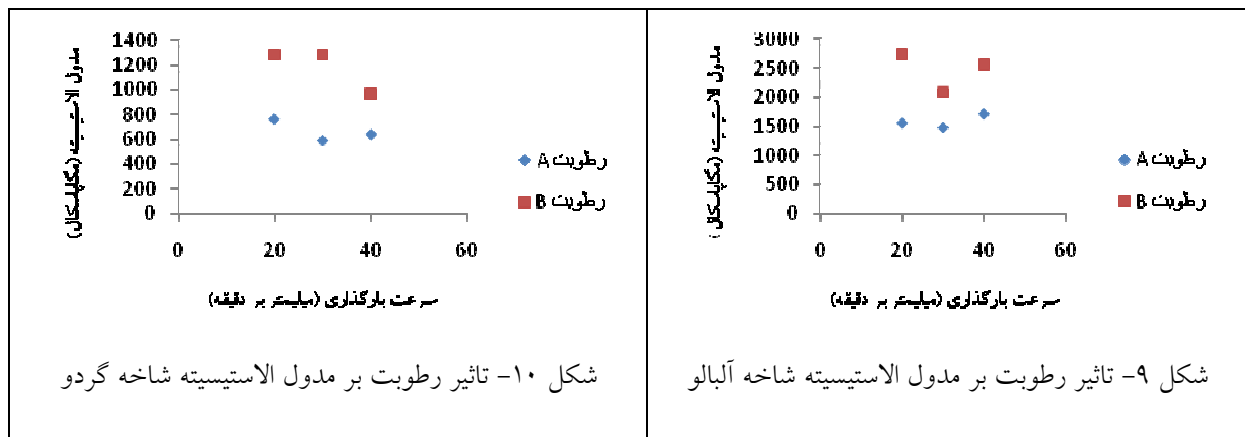
۴-۲-آزمون خمشی

۴-۲-۱- استحکام خمشی

نتایج آنالیز واریانس و آزمون دانکن نشان داد که افزایش سرعت خمشی از ۲۰ به ۴۰ میلیمتر بر دقیقه تاثیر معنی داری بر استحکام خمشی، انرژی خمشی و مدول الاستیسیته در سطح احتمال ۵ درصد نداشت. چاتوپادیا^۱ و پاندی^۲ نیز نتیجه مشابهی را در بررسی تاثیر سرعت خمش بر استحکام خمشی، انرژی خمشی و مدول الاستیسیته ساقه ذرت خوشه‌ای گزارش کردند (Chattopadhyay and Pandey., 1998). در هر دو شاخه مورد مطالعه محتوای رطوبتی B استحکام خمشی بیش تری نسبت به سطح رطوبتی A داشت، که این نشان دهنده کاهش شکنندگی شاخه می باشد. مقدار میانگین استحکام خمشی در سطح رطوبتی B در سرعت‌های ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلیمتر بر دقیقه به ترتیب ۵۹.۴، ۵۴.۴ و ۶۶ و در

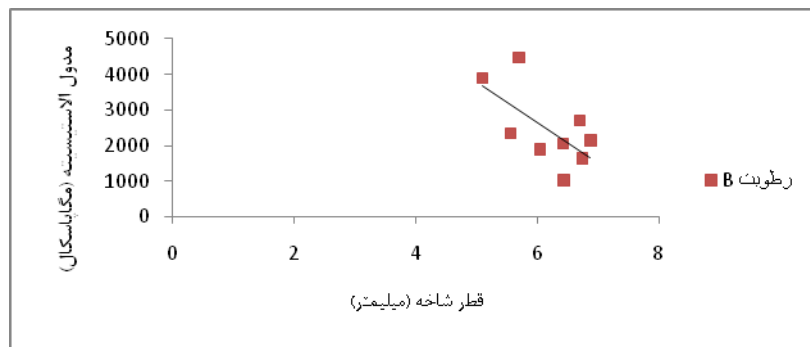
1 -Chattopadhyay

2 -Pandey



شکل ۱۰- تاثیر رطوبت بر مدول الاستیسیته شاخه گردو

شکل ۹- تاثیر رطوبت بر مدول الاستیسیته شاخه آلبالو



شکل ۱۱- نمونه‌ای تاثیر قطر شاخه بر مدول الاستیسیته (شاخه آلبالو)

۵. نتیجه گیری

- هدف از انجام این مطالعه تعیین خواص مکانیکی (استحکام برشی، انرژی برشی ویژه، استحکام خمشی، انرژی خمشی و مدول الاستیسیته) برای شاخه‌های آلبالو و گردو در دو سطح رطوبتی و بررسی تاثیر سرعت بارگذاری بر خواص مکانیکی ذکر شده بود، که نتایج زیر حاصل شد:
- افزایش سرعت بارگذاری باعث کاهش استحکام برشی و انرژی برشی ویژه شاخه‌های آلبالو و گردو در هر دو سطح رطوبتی شد.
 - در هر دو شاخه سطح رطوبتی A استحکام برشی و انرژی برشی ویژه بیش‌تری نسبت به سطح رطوبتی B در سرعت بارگذاری یکسان داشت.
 - نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که افزایش سرعت تاثیر معنی‌داری بر استحکام خمشی، انرژی خمشی و مدول الاستیسیته شاخه‌های مورد مطالعه نداشت.
 - در هر دو شاخه محتوای رطوبتی B استحکام خمشی و مدول الاستیسیته بیش‌تری نسبت به سطح رطوبتی A داشت.
 - نتایج این تحقیق نشان داد که قطر شاخه تاثیر معنی‌داری بر مدول الاستیسیته داشت، به‌طوری که با افزایش قطر شاخه (آلبالو و گردو) در هر دو سطح رطوبتی مقدار مدول الاستیسیته کاهش یافت.

۶. منابع

- ۱) چگینی، غ. دهکردی، ح. خوش تقاضا، م. ۱۳۸۷. رفتار مکانیکی ساقه گل رز تحت بارگذاری فشاری. پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون. دانشگاه فردوسی مشهد. کد مقاله ۲۶۳.
- ۲) زابلستانی، م. ۱۳۸۲. تعیین مقاومت به ارتعاش میوه بادام و شبیه سازی دینامیکی درخت آن. رساله دکتری. دانشگاه تهران. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی. گروه مهندسی ماشین های کشاورزی.
- ۳) مبللی، ح. ۱۳۷۶. تعیین خواص بیومکانیکی در برداشت مکانیزه پسته. رساله‌ی دکتری. دانشگاه تربیت مدرس. دانشکده کشاورزی. گروه مهندسی ماشین های کشاورزی.
- ۴) نظری، م. جعفری، ع. طباطبایی فر، ا. شریفی، ا. توکلی، ح. ۱۳۸۷. تأثیر مقدار رطوبت، سرعت بارگذاری و نواحی ارتفاعی بر استحکام کششی ساقه یونجه. پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون. دانشگاه فردوسی مشهد. کد مقاله ۳۶۶.

- 5) Annoussamy, M.G. Richard, S. Recous & Guerif, J. 2000. Change in mechanical properties of wheat straw due to decomposition and moisture. *Applied Engineering in Agriculture*, 16(6): 657–664.
- 6) Basser, J.H. Drive, A. & Donald, F. 1964. Tree shaker attachment for a tractor. United states patent. USA Patent number : 3,137,116.
- 7) Chattopadhyay, P.S. & Pandey, K.P. 1999. Mechanical properties of sorghum stalk in relation to quasi-static deformation. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 73, 199–206.
- 8) Chen, Y. Gratton, J.L. & Liu, J. 2004. Power requirements of hemp cutting and conditioning. *Biosystems Engineering* ,87(4), 417–424.
- 9) Crook, M. J. & Ennos, A.R. 1994. Stem and root characteristics associated with lodging resistance in poor winter wheat cultivars. *J. Agric. Sci.* 123: 167-174.
- 10) Gere, J. M. & Timoshenko, S.P. 1997. *Mechanics of Materials*, 4th Ed. Boston, Mass.: PWS Publishing Company.
- 11) Ince, A. Urluay, S. Zel, E.O. & zcan, M. 2005. Bending and Shearing Characteristics of Sunflower Stalk Residue. *Biosystems Engineering* 92(2), 175-18.
- 12) Khazaei, J. Rabani, H. Ebadi, A. & Golbabaei, F. ۲۰۰۲. Determining the shear strength and picking force of pyrethrum flower. AIC Paper No. ۰۲-۲۲۱, CSAE, Manson Ville, Que, Canada.
- 13) Nazari Galedar, M. Jafari, A. Mohtasebi, S.S. Tabatabaefar, A. Sharifi, A. O’Dogherty, M.J. Rafee, S. & Richard, G. 2008. Effects of moisture content and level in the crop on the engineering properties of alfalfa stems. *Biosystems Engineering*, 101(2): 199–208.
- 14) O’Dogherty, M.J. Hubert, J.A. Dyson, J. & Marshall, C.J. 1995. A study of the physical and mechanical properties of wheat straw. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 62: 133–142.
- 15) Prasada, J. & Gupta. C. P. ۱۹۷۵. Mechanical properties of maize stem as related to harvesting. *Journal of agriculture Engineer Research*. ۲۰: ۷۹-۸۷.
- 16) Tavakoli, H. Mohtasebi, S.S. & Jafari, A. 2009. Effect of Moisture Content and Loading Rate on the Shearing Characteristics of Barley Straw by Internode Position. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Manuscript 1176. Vol. XI.
- 17) Watson, C. E., & Morzek, E. 1970. Limb shaker. USA Patent number : 3,491,520.

Shearing and Bending Characteristics of Sour Cherry and Walnut branch

Abstract

The purpose of this research was calculation shear strength, specific shearing energy, Young's modulus, bending strength, bending energy of sour cherry and walnut branch and also study the effect of loading rate on the shearing and bending characteristics of these branches. The experiments were conducted at three loading rates: 20, 30 and 40 mm/min and two moisture levels: 50(A), 24.32(B), 54.72(A), 39.9(B) %w.b., for sour cherry And walnut Branches respectively. At moisture levels A and B, The results showed that for both branch, the shear strength and specific shearing energy decreased with increase loading rate from 20 to 40 mm/min. for the branches studied in this research, Both the shear strength and the specific shearing energy were found to be higher in the moisture level A. The results of analysis of variance (ANOVA) and the Duncan's multiple range test in SPSS software (vers. 17, SPSS), showed that changes in loading rates had not a significant effect on the bending strength, bending energy and Young's modulus, at 5% probability level, whereas, the effects of branch diameter on the modulus of elasticity were significant at 5% probability level, As, for both branch, at moisture levels A and B, The modulus of elasticity decreased with increase in diameter of branches. For both branch, at moisture levels A and B, bending strength, bending energy and Young's modulus at different loading rate was calculated.

Keywords:sour cherry, walnut, mechanical properties, loading rate.