تاثیر نوع رقم، جهت و نرخ بارگذاری بر میزان نیرو، انرژی و توان لازم برای شکست گردو تحت بارگذاری شبه استاتیک

سید محمد تقی غریب زاهدی (۱)، سید محمد موسوی (۱)، منوچهر حامدی (۱)، فرامرز خدائیان (۱) و رسول تاتلی(۲)

۱- پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی بیوسیستم کشاورزی، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، ۲- پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی گیاه پزشکی و علوم باغبانی

چکیده

در این تحقیق، خواص بیومکانیکی سه رقم گردوی کشت شده در ایران تحت بارگذاری شبه استاتیک بررسی شد. گردوها تحت بارگذاری فشرشی در سه جهت محوری و نرخ بارگذاری ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌متر بر دقیقه قرار گرفتند. نتایج این مطالعه، با آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیهٔ واریانس شد. نتایج نشان داد که تاثیر رقم، جهت و نرخ بارگذاری و اثرات متقابل آن ها بر نیرو، انرژی و توان مورد نیاز برای شکست گردو در سطح ۱٪ معنی دار بود. بیشترین و کمترین نیرو، انرژی و توان لازم برای شکست گردو به ترتیب مربوط به گردوی چابکسر با نرخ بارگذاری ۲۵ میلی متر بر دقیقه در جهت پهنا و گردوی تویسرکان با نرخ بارگذاری ۱۰۰ میلی متر بر دقیقه در جهت طول ارزیابی شد. نتایج این بررسی حاکی از آن است که گردوی تویسرکان در میان ارقام مورد مطالعه از پتانسیل بالایی برای کاربرد در صنعت بواسطه صرفه جویی در هزینه بهره برداری برخوردار است.

مقدمه

تعیین خواص بیومکانیکی محصولات کشاورزی به عنوان مبنایی برای طراحی و ساخت ماشین‌ها و تجهیزات انتقال، درجه‌بندی و فرآوری محصولات کشاورزی همیشه مورد توّجه بوده است. اصولاً طراحی ماشین‌های کشاورزی بدون توّجه به این پارامترها ناقص و منجر به نتایج ضعیف خواهد گردید. طبق بررسی‌های انجام شده تحقیقات اندکی پیرامون خواص بیومکانیکی گردو انجام شده است. از این‌رو، در راستای مکانیزاسیون عملیات فرآوری گردو، در تحقیق حاضر، برخی پارامترهای مکانیکی آن تعیین می‌گردد.

مواد و روش ها

حدود ۲۰ کیلوگرم گردو در شهریور ماه ۱۳۸۷ از سه منطقه کشت شده گردو در ایران شامل شهرهای چابکسر (شرقی ترین نقطه استان گیلان)، کرج و تویسرکان جمع آوری شد. گردوهای ترک خورده و ناسالم جدا گردید و سپس به منظور تعیین و یکسان سازی رطوبت، به یک آون منتقل شده و در درجه حرارت $۱۰۵\pm۱C^{o}$ به مدت ۲٤ ساعت قرار گرفتند. با تعیین رطوبت اولیه ۷/٦٪ بر پایه خشک، گردوها در ظرف های پلاستیکی با $T=۰C^{o}$ و RH= ٦۰-٦٥٪ تا زمان آزمون نگهداری شدند. با استفاده از کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی متر اندازه گیری های ابعادی (L طول، W عرض، T ضخامت) برای صد دانه از هر رقم به صورت تصادفی صورت پذیرفت. سپس به منظور سنجش خواص مکانیکی و تعیین ویژگی‌های مقاومت به شکستگی ارقام سه گانه گردو، آزمون مکانیکی توسط دستگاه اینسترون (Model QTS 25، ساخت انگلستان) انجام گرفت. هر یک از سه رقم مذکور تحت

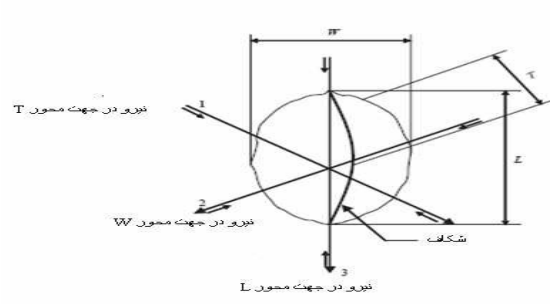
نرخ بارگذاری ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی متر بر دقیقه، بین دو صفحهٔ موازی در سه جهت در امتداد محورهای اصلی X ، Yو Z تحت اثر بارگذاری فشرشی قرار گرفتند(شکل۱). آزمون‌های مکانیکی مورد نظر برای هر تیمار در سه تکرار انجام شد. انرژی مصرفی (E_a) بر حسب میلی ژول برای شکست نمونه نیز با محاسبه سطح زیر منحنی نیرو ــ تغییرشکل، بدست آمد. برای تسهیل در محاسبه انرژی جذب شده توسط نمونه از رابطه براگا و همکاران (۱۹۹۹) استفاده شد(۱):

$$E_a = \left[\frac{F \times \Delta L}{2}\right] \qquad (۱)$$

در این رابطه F، نیروی بیشینه برای شکست گردو بر حسب نیوتن (N) و ΔL، اندازه تغییرشکل تا نقطه شکست در جهت بارگذاری بر حسب میلی متر (mm) می باشد. همچنین، توان مورد نیاز برای شکست هر یک از تیمارها برای ارقام مختلف از رابطه خزایی و همکاران (۲۰۰۲) بدست آمد (۲):

$$P = \frac{E \times V}{60000 \times \Delta L} \qquad (۲)$$

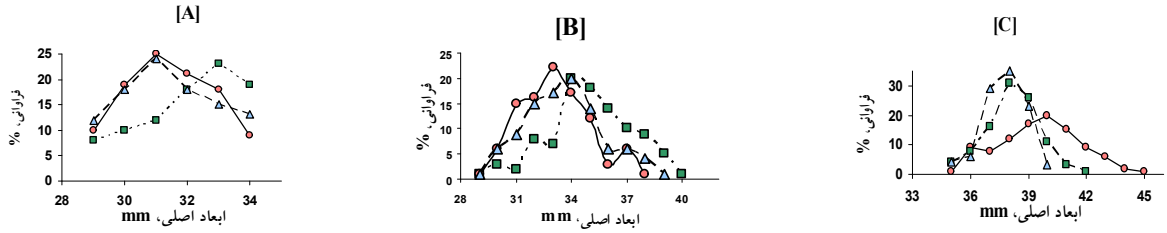
در این رابطهP، توان مورد نیاز برای شکست گردو بر حسب وات و V، نرخ بارگذاری در جهت ابعاد اصلی برحسب میلیمتر بر دقیقه می باشد. نتایج پارامترهای آزمون مکانیکی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیهٔ واریانس شد. مقایسهٔ میانگین‌ها به کمک آزمون چند دامنه‌ای LSD انجام شد و سپس داده‌های حاصل از تحقیق به کمک نرم‌افزار آماری SAS مورد تحلیل قرار گرفتند.



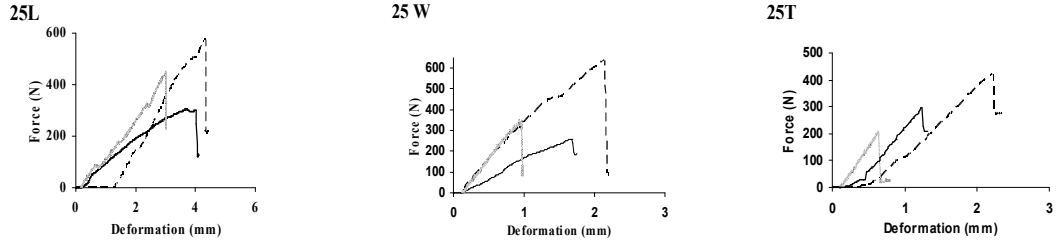
شکل ۱: نمایی شماتیک از ابعاد اصلی و جهات نیروی وارده بر گردو.

نتایج و بحث

توزیع فراوانی ابعاد محوری ارقام سه گانه گردو در شکل ۲ آمده است. بر این اساس گردوی کرج دارای کوچکترین ابعاد، حجم و مساحت در میان ارقام سه گانه بود. شکل ۳، نمونه‌ای از نمودارهای نیرو ــ تغییر شکل گردو در نرخ بارگذاری فشرشی ۲۵ میلی متر در دقیقه را برای سه بعد اصلی در ارقام سه گانه، نشان می‌دهد. همان‌طوری که مشاهده می‌گردد، پس از بروز شکستگی، منحنی نیرو ــ تغییر شکل بطور ناگهانی افت می کند. این حالت در بیشتر آزمون ها مشاهده شد.



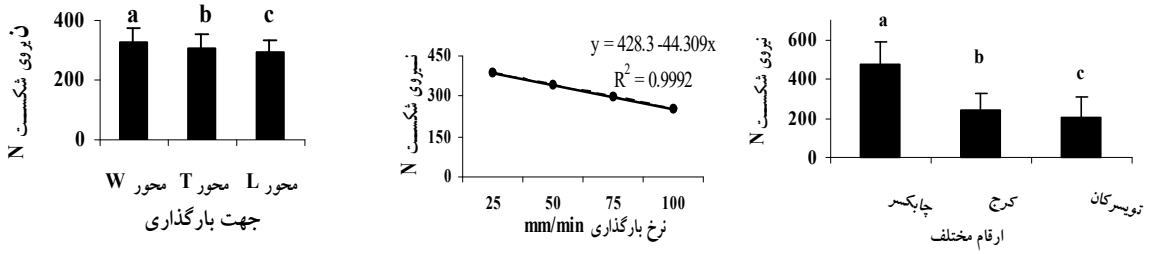
شکل۲: توزیع اندازه در گردوی کشت شده در شهر کرج [A]، در شهر تویسرکان [B] و شهر چابکسر[C]. در این منحنی ها پراکنش طول (■) ، عرض (●) و ضخامت (▲) نشان داده شده است.



شکل۳: نمودارهای نیرو ــ تغییر شکل گردو در بارگذاری فشرشی را در نرخ بارگذاری ۲۵ میلی متر در دقیقه برای سه بعد اصلی (– – – چابکسر، ..... تویسرکان و کرج).

محاسبه میزان نیروی مورد نیاز برای شکست گردو

طبق نتایج آنالیز واریانس داده ها، تاثیر رقم، جهت و نرخ بارگذاری و اثرات متقابل آن ها بر نیروی شکست گردو در سطح ۱٪ معنی دار بود. نیروی لازم برای شکست با افزایش نرخ بارگذاری به طور معنی داری کاهش یافت. بیشترین نیروی لازم برای شکست مربوط به گردوی چابکسر با نرخ بارگذاری ۲۵ (mm/min) در جهت W و کمترین نیروی لازم برای شکست مربوط به گردوی تویسرکان با نرخ بارگذاری ۱۰۰ (mm/min) در جهت L بود. اختلاف مابین کمترین و بیشترین نیروی لازم برای شکست گردو از دید جهت و نرخ بارگذاری به ترتیب برابر با ۱۰/۱٤ و ٦٦/۸۹٪ بود. زیاد بودن مقاومت مکانیکی در تمامی جهات (به خصوص در جهتW) در گردوی چابکسر می تواند بدلیل ضخامت بیشتر پوست سخت آن به واسطه عدم اصلاح درختان گردو باشد. نتایج این بررسی در شکل ٤ آمده است.

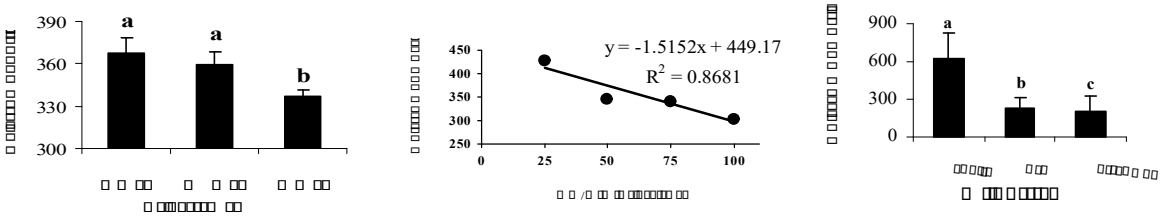


شکل٤: نمودارهای نیروی شکست- نرخ بارگذاری برای ارقام سه گانه گردو.

محاسبه میزان انرژی مورد نیاز برای شکست گردو

همچنین، طبق نتایج آنالیز واریانس داده ها، تاثیر رقم، جهت و نرخ بارگذاری و اثرات متقابل آن ها بر انرژی شکست گردو در سطح ۱٪ معنی دار بود. تاثیر جهات بارگذاری L وW بر میزان انرژی شکست نسبت به جهت T بطور قابل توجهی معنی دار بود، بطوریکه

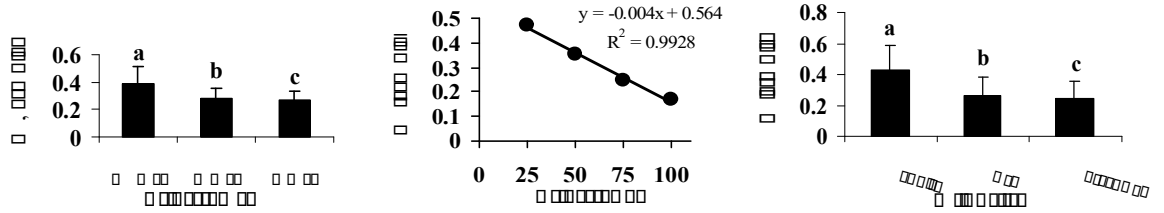
مقادیر این اختلاف به۳۹/۱۲ و ۳٤/۳۸٪ می رسد. انرژی مصرفی برای شکستن گردو طبق رابطه ۱، تحت تاثیر دو عامل مقدار نیرو و تغییر شکل در حین بارگذاری است. چون نیروی شکستن و مقدار تغییر شکل گردوی کرج و تویسرکان در حین بارگذاری نسبت به گردوی چابکسر به طور معنی داری کمتر بود، بنابراین اختلاف بین انرژی مصرفی برای شکستن آن ها منطقی به نظر می رسد. نتایج این بررسی در شکل۵ آمده است.



شکل۵: نمودارهای انرژی شکست- نرخ بارگذاری برای ارقام سه گانه گردو.

محاسبه میزان توان مورد نیاز برای شکست گردو

همچنین، طبق نتایج آنالیز واریانس داده ها، تاثیر رقم، جهت و نرخ بارگذاری و اثرات متقابل آن ها بر انرژی شکست گردو در سطح ۱٪ معنی دار بود. درصد اختلاف توان مورد نیاز مابین بیشترین(چابکسر) و کمترین (تویسرکان) از دید رقم، جهت و نرخ بارگذاری به ترتیب برابر با ٤۲/٦٥، ۳۱/۱ و ٦۳/۹٪ بود. توان لازم برای شکستن گردو طبق رابطه ۲، ارتباط مستقیم با دو عامل انرژی مصرفی برای شکستن گردو و سرعت بارگذاری و رابطه معکوس با مقدار تغییر شکل گردو تا لحظه شکست دارد. بنابراین به دلیل کمتر بودن نرخ تغییرات سرعت به تغییرات دو عامل انرژی و تغییر شکل گردو سبب شد که با افزایش سرعت بارگذاری، توان لازم برای شکستن گردو کاهش یابد. نتایج این بررسی در شکل ٦ آمده است.



شکل٦: نمودارهای توان مورد نیاز برای شکست- نرخ بارگذاری برای ارقام سه گانه گردو.

نتیجه گیری کلی

با توجه به نتایج بدست آمده، می توان گفت گردوی تویسرکان به دلیل داشتن کمینه نیرو، انرژی و توان مورد نیاز برای شکست و به دنبال آن کاهش هزینه بهره برداری و استهلاک دستگاه های فرآوری، بهترین رقم در میان ارقام مورد بررسی بود.

منابع

1. Braga, G.C., Couto, S.M.; Hara, T. and Neto, J.T.P.A. (1999). Mechanical behaviour of macadamia nut under compression loading. J. Agri. Eng. Res, 72, 239-245.

2. Khazaei, J., Rasekh, M., Borghei, A.M. (2002). Physical and mechnical properties of almond and its kernel to cracking and peeling. In: Proceeding of ASAE Annual International Meeting. 28-31 July, Chicago, USA.

Abstract

In this study, biomechanical properties of three walnut varieties cultured in Iran under quasi-static loading was evaluated. The force-deformation in three axial dimensions and loading rate in four levels: 25, 50, 75 and 100 mm/min were applied on walnuts. Variance analysis of data showed that the effects of variety, orientation and loading rate as well as interaction effects were significant ($P < 0.01$) on rupture force, energy and power. The maximum and minimum of required force, energy and power for rupture walnut were obtained for Chaboksar walnut with loading rate: 25 mm/min and width orientation and Toyserkan walnut with loading rate: 100 mm/min and length orientation, respectively. Moreover, the results of this study indicated that Toyserkan walnut has a high potential for application in industry because it has a low operation cost.