بررسی رفتار مکانیکی پنبه‌دانه تحت بارگذاری فشاری

منصور راسخ[1] و علی حسین اسدزاده[2]

[1].استادیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی؛ ایمیل : ma_rasekh1349@yahoo.com.au و marasekh@gmail.com، تلفن: 09143518664 و دورنگار: 0451-5510809

[2].کارشناس ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی؛ آدرس : میاندوآب ، مدیریت جهاد کشاورزی میاندوآب asadzade_miandoab@yahoo.com ، تلفن: 09141803842

مکاتبه کننده: علی حسین اسدزاده asadzade_miandoab@yahoo.com ، تلفن: 09141803842

چکیده:

با توجه به این‌که محصولات کشاورزی ممکن است بر اساس بافت دسته‌بندی شوند و یا استفاده از اطلاعات بدست آمده برای مدل‌سازی و طراحی ماشین‌های پس از برداشت، بررسی خواص مکانیکی محصولات کشاورزی اهمیت دارد. در این تحقیق برخی رفتار مکانیکی پنبه‌دانه رقم ورامین تحت بارگذاری فشاری شبه استاتیک شامل کرنش، سفتی، تنش بیشینه و توان لازم برای گسیختگی بررسی شد. نتایج نشان داد که رطوبت و جهت بارگذاری در سطح احتمال 1 درصد بر کلیه خواص مکانیکی اثر معنی‌دار دارند. با افزایش رطوبت، کرنش و توان لازم برای گسیختگی افزایش در حالی‌که سفتی و تنش بیشینه کاهش می یابند . تنش بیشینه، سفتی و توان لازم برای گسیختگی در جهت عرض کمتر از جهت ضخامت است در حالی‌که کرنش در جهت عرض بیشتر است. سرعت بارگذاری بر پارامتر های کرنش و توان لازم برای گسیختگی در سطح احتمال 1 درصد اثر معنی‌دار دارد. با افزایش سرعت بارگذاری کرنش کاهش، در حالی‌که توان لازم برای گسیختگی افزایش می‌یابد. اثر متقابل رطوبت و جهت بارگذاری بر سفتی، تنش بیشینه و توان لازم برای گسیختگی در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار است، در حالی‌که بر کرنش اثر معنی‌دار ندارد. اثر متقابل جهت بارگذاری و سرعت بارگذاری فقط بر کرنش در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار است. اثر متقابل رطوبت و سرعت بارگذاری و هم‌چنین اثر متقابل سه گانه رطوبت، جهت بارگذاری و سرعت بارگذاری بر هیچ‌یک از خواص مکانیکی اثر معنی‌دار ندارد.

کلمات کلیدی: پنبه‌دانه، بارگذاری شبه استاتیک، کرنش، تنش بیشینه

مقدمه:

محصول پنبه به دلیل داشتن فیبر در صنعت نساجی و دارا بودن 17-24 درصد روغن و 40 الی 43 درصد پروتئین در صنعت غذایی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است [Özarslan,. 2002]. سطح برداشت پنبه کشور در سال زراعی 88- 1387 حدودا 105 هزار هکتار و تولید پنبه حدود 254 هزار تن برآورد شده است [بی نام، 1389]. اصولاً اطلاع از فاکتورهای مؤثر در گسیختگی دانه‌ها، برای طراحی ایده‌آل سیستم‌های خردکن، به نحوی که فرآوری و پارامترهای تولید بهینه شود، ضروری است [Tabatabaeefar,. *et al* 2007]. تا به حال تحقیقاتی برای تعیین خواص مکانیکی برخی محصولات صورت گرفته، ولی تحقیقی برای تعیین رفتار مکانیکی پنبه‌دانه تحت بارگذاری شبه استاتیک صورت نگرفته است. لذا با توجه به اهمیت موضوع و ضرورت اطلاع از برخی خواص مکانیکی پنبه‌دانه به منظور استفاده در ماشین های فرآوری پنبه‌دانه، تحقیق حاضر با اهداف زیر انجام شده است: 1- اندازه‌گیری خواص مکانیکی پنبه‌دانه شامل کرنش، سفتی، تنش بیشینه و توان لازم برای گسیختگی . 2- بررسی تاثیر رطوبت، سرعت بارگذاری و جهت بارگذاری بر خواص مکانیکی پنبه‌دانه.

مواد و روش‌ها:

در این تحقیق پنبه دانه بدون کرک رقم ورامین مورد استفاده قرار گرفت، که از شرکت خدمات حمایتی کشاورزی استان اردبیل به صورت بسته‌بندی شده تهیه و به آزمایشگاه خواص بیوفیزیک گروه مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی منتقل شد. مقداری از پنبه‌دانه مورد لزوم به صورت دستی پاک شد (دانه‌های چروکیده و شکسته از توده جدا شدند). پنج نمونه پنبه‌دانه با استفاده از ترازوی دیجیتالی وزن شد و به مدت 24 ساعت در دمای 1± 105 درجه سانتی‌گراد در اجاق آزمایشگاهی قرار داده شدند [Özarslan,. 2002]. رطوبت اولیهٔ پنبه‌دانه 7/17 درصد بر پایهٔ خشک بدست آمد. برای تعیین

خواص مکانیکی پنبه‌دانه از دستگاه آزمون کشش- فشار مدل STM-20 استفاده شد. آزمون فشاری بدین ترتیب انجام شد که تک‌تک پنبه‌دانه‌ها ما بین دو فک مسطح دستگاه که فک بالایی متحرک و فک پایینی ثابت بود قرار داده شدند و دستور انجام آزمایش فشاری توسط رایانه‌ای که به دستگاه مرتبط بود صادر می‌شد. فشار تا جایی بر نمونه‌ها وارد می‌شد که نمودار نیرو- تغییر شکل، کاهش نیروی گسیختگی (افت ناگهانی در نمودار نیرو-تغییر شکل) را نشان می‌داد. برای هر نمونه پس از استخراج داده‌های نیرو و تغییر شکل، نمودار بارگذاری در نرم افزار اکسل ترسیم شد و با استفاده از منحنی نیرو- تغییر شکل بدست آمده از این نمودارها ، برخی خواص مکانیکی پنبه‌دانه نظیر کرنش، سفتی، تنش بیشینه و توان لازم برای گسیختگی محاسبه شدند . در آزمایشات جهت عرض یعنی y (اندازه بعد روی دهانه لپه‌ها) و ضخامت یعنی z (بعد عمود بر عرض)در نظر گرفته شد . کرنش از تقسیم تغییر شکل در نقطه گسیختگی بر مقدار اولیه عرض یا ضخامت (با توجه به جهت بارگذاری) بدست آمد [Sharifian and Haddad Derafshi,. 2008]. سفتی از تقسیم نیروی لازم برای گسیختگی بر تغییر شکل در نقطه گسیختگی بدست آمد [Ünal et al,. 2009]. تنش بیشینه از رابطه [ASAE. 2001] $\sigma_{max}=\frac{1.5F}{\pi ab}$ و توان لازم برای گسیختگی از رابطه $P=\frac{E.S}{60000D}$ [Sharifian and Haddad Derafshi,. 2008] محاسبه گردیدند.

در روابط بالا داریم: $\sigma_{max}=$ تنش بیشینه بر حسب پاسکال، $F=$ نصف نیروی لا زم برای گسیختگی پنبه دانه در محدوده کشسان (بر حسب نیوتن)، $a=$ نصف قطر بزرگ سطح تماس بیضوی بر حسب متر ، $b=$ نصف قطر کوچک سطح تماس بیضوی بر حسب متر، $P=$ توان لازم برای گسیختگی بر حسب وات، $E=$ انرژی لازم برای گسیختگی بر حسب میلی ژول که از محاسبه مساحت زیر منحنی نیرو- تغییر شکل در نقطه گسیختگی بدست آمد، $S=$ سرعت بارگذاری بر حسب میلی‌متر بر دقیقه و $D=$ تغییر شکل در نقطه گسیختگی بر حسب میلی‌متر.

تجزیه واریانس نتایج طی یک آزمایش فاکتوریل در طرح پایه کاملاً تصادفی انجام شد و سپس به منظور تعیین چگونگی تفاوت بین میانگین های سطوح مختلف تیمارها آزمون مقایسه میانگین چند دامنه ای دانکن با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد. نتایج تحقیق به صورت جدول و نمودار و با کمک نرم‌افزار Excell تشکیل و ارائه شده است . متغیرهای مستقل شامل 4 محتوای رطوبتی (7/17، 9، 11 و 13 درصد بر پایه خشک)، 2 جهت بارگذاری (عرض و ضخامت) و 4 سطح سرعت بارگذاری (3، 5، 7 و 9 میلی‌متر بر دقیقه) است.

نتایج و بحث:

نتایج تجزیه وار یانس اثر عوامل رطوبت، جهت و سرعت بارگذاری بر خواص کرنش، تنش بیشینه، سفتی و توان لازم برای گسیختگی پنبه‌دانه در جدول شماره 1 نشان داده شده‌اند.

جدول شماره 1- نتایج حاصل از تجزیه واریانس خواص مکانیکی پنبه‌دانه

منبع تغییرات	درجه آزادی	نسبت F			
		سفتی (نیوتن بر میلی‌متر)	کرنش (میلی‌متر بر میلی‌متر)	تنش بیشینه (مگا پاسکال)	توان لازم برای گسیختگی (وات)
رطوبت	3	499/5537**	158/7695**	277/7275**	56/1361**
جهت بارگذاری	1	54/5666**	83/2794**	34/3001**	527/9613**
رطوبت و جهت بارگذاری	3	9/4308**	1/6918$^{n.s}$	5/4156**	10/6262**
سرعت بارگذاری	3	0/3144$^{n.s}$	13/7951**	0/2462$^{n.s}$	27/58**
رطوبت و سرعت بارگذاری	9	1/1632$^{n.s}$	1/1841$^{n.s}$	1/4237$^{n.s}$	0/6245$^{n.s}$
جهت بارگذاری و سرعت بارگذاری	3	0/0618$^{n.s}$	3/2892*	0/1922$^{n.s}$	1/1382$^{n.s}$
رطوبت، جهت بارگذاری و سرعت بارگذاری	9	0/6397$^{n.s}$	0/8378$^{n.s}$	0/4183$^{n.s}$	0/3417$^{n.s}$

**: معنی‌داری در سطح احتمال 1 درصد، *: معنی‌داری در سطح احتمال 5 درصد و n.s: عدم وجود اختلاف معنی‌داری

ضریب تغییرات برای سفتی، کرنش، تنش بیشینه و توان لازم برای گسیختگی به ترتیب برابر21/04، 19/87، 29/35 و 23/75 درصد بدست آمد.

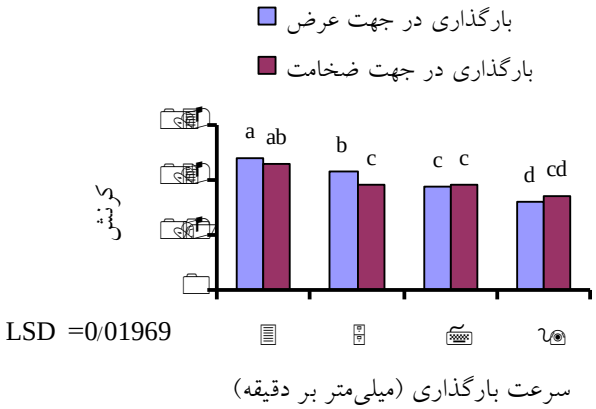
در جدول شماره 2 مقادیر میانگین و انحراف معیار اثرات رطوبت، س رعت بارگذاری و جهت بارگذاری بر سفتی، کرنش، تنش بیشینه و توان لازم برای گسیختگی پنبه‌دانه نشان داده شده است.

جدول شماره 2- مقادیر میانگین و انحراف معیار اثرات میزان رطوبت، سرعت بارگذاری و جهت بارگذاری بر سفتی، کرنش، تنش بیشینه و توان لازم برای گسیختگی پنبه‌دانه

رطوبت (درصد)	سرعت بارگذاری (میلی‌متر بر دقیقه)	جهت بارگذاری	سفتی (نیوتن بر میلی‌متر)	کرنش (بدون بعد)	تنش بیشینه (مگا پاسکال)	توان لازم برای گسیختگی
7/17	3	y	103/411(12/24)	0/161(0/026)	14/68(4/23)	0/0019(0/0004)
		z	133/118(30/79)	0/114(0/028)	19/4(6/29)	0/0018(0/0003)
	5	y	111/532(13/446)	0/141(0/03)	14/55(3/06)	0/0027(0/0007)
		z	132/581(24/653)	0/129(0/035)	17/99(5/02)	0/0026(0/0008)
	7	y	101/502(21/22)	0/142(0/037)	14/19(4/22)	0/0043(0/0012)
		z	(118/355(25/29)	0/115(0/029)	16/44(4/87)	0/0042(0/0011)
	9	y	96/379(23/252)	0/139(0/022)	12/86(2/83)	0/0048(0/0012)
		z	129/216(24/68)	0/117(0/032)	17/4(4/18)	0/0045(0/0005)
9	3	y	58/137(9/382)	0/217(0/03)	7/91(1/65)	0/0015(0/0003)
	5	z	66/063(13/218)	0/169(0/035)	9/47(2/89)	0/0014(0/0003)
	7	y	58/348(9/19)	0/209(0/034)	7/496(1/38)	0/0023(0/0005)
		z	66/849(19/287)	0/186(0/035)	8/38(2/18)	0/0021(0/0006)
	9	y	58/879(10/186)	0/200(0/033)	8/17(0/91)	0/0031(0/0008)
		z	69/896(9/728)	0/144(0/021)	9/57(1/57)	0/0030(0/0006)
	3	y	59/022(8/281)	0/179(0/051)	8/62(2/4)	0/0041(0/0008)
		z	69/843(10/348)	0/160(0/04)	9/52(2/4)	0/0034(0/0008)
11	5	y	43/935(8/226)		5/1(1/14)	0/0014(0/0002)
		z	51/327(10/303)	0/276(0/026)	6/46(1/64)	0/0013(0/0003)
	7	y	43/148(7/615)	0/213(0/051)	5/57(0/76)	0/0021(0/0003)
		z	51/494(10/894)	0/262(0/039)	7/07(1/7)	0/0020(0/0004)
	9	y	43/735(5/195)	0/223(0/039)	6/18(1/22)	0/0029(0/0005)
		z	58/006(12/141)	0/241(0/039)	8/06(1/8)	0/0028(0/0006)
	3	y	49/449(7/214)	0/168(0/043)	6/93(1/53)	0/0036(0/0007)
		z	54/031(11/8)	0/200(0/033)	7/43(2/36)	0/0035(0/0007)
13	5	y	34/125(5/405)	0/193(0/026)	4/31(0/99)	0/0013(0/0002)
		z	36/436(8/341)	0/310/042)	4/92(0/99)	0/0012(0/0002)
	7	y	34/669(3/806)	0/269(0/07)	3/95(0/7)	0/0019(0/0002)
		z	39/750(5/816)	0/312(0/074)	5/31(0/87)	0/0019(0/0004)
	9	y	34/982(4/219)	0/240(0/039)	4/25(0/63)	0/0026(0/0007)
		z	36/884(7/125)	0/286(0/058)	4/76(0/94)	0/0025(0/0005)
		y	36/332(5/121)	0/216(0/034)	5/06(1)	0/0029(0/0006)
		z	37/838(5/853)	0/255(0/032)	5/23(0/92)	0/0027(0/0007)
				0/224/0/052)		

انحراف معیار در داخل پرانتز قرار دارد.

شکل شماره 1 اثر متقابل سرعت و جهت بارگذاری بر کرنش پنبه‌دانه را نشان می‌دهد.

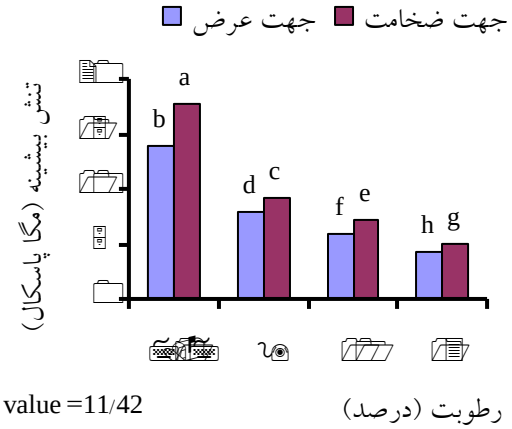


شکل شماره 1 اثر متقابل سرعت و جهت بارگذاری بر کرنش پنبه دانه

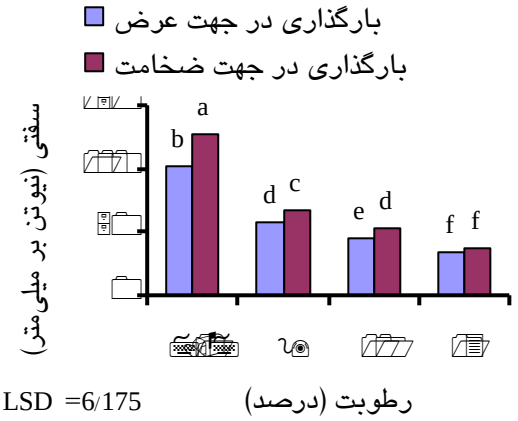
از شکل شماره 1 مشخص است که با افزایش سرعت بارگذاری از 3 الی 9 میلی‌متر بر دقیقه کرنش در هر دو جهت کاهش می‌یابد. کاهش کرنش با افزایش سرعت بارگذاری به این دلیل است که با افزایش سرعت بارگذاری تغییر شکل در نقطه گسیختگی کاهش می‌یابد. این نتیجه با نتایج تحقیقات [بداغی و همکاران،1390] برای بادام مطابقت دارد. هم‌چنین دلیل کم بودن کرنش در راستای ضخامت نسبت به عرض پنبه دانه، کم بودن تغییر شکل در نقطه گسیختگی در جهت ضخامت نسبت به جهت عرض است . [Sharifian and Haddad Derafshi,. 2008] گزارش دادند با افزایش سرعت بارگذاری کرنش گردو افزایش می‌یابد و کرنش در جهت بارگذاری طولی بیشتر از دو جهت دیگر است.

شکل‌های شماره 2، 3 و 4 به ترتیب اثر متقابل رطوبت و جهت بارگذاری بر تنش بیشینه ، سفتی و توان لازم برای گسیختگی پنبه‌دانه را نشان می‌دهد. از شکل شماره 2 مشخص است که با افزایش رطوبت مقادیر میانگین تنش بیشینه، سفتی و توان لازم برای گسیختگی پنبه‌دانه در هر دو جهت کاهش می یابد. دلیل کاهش تنش در پنبه دانه با افزایش رطوبت پیدا کردن حالت پلاستیک در رطوبت های بالاست و هم‌چنین تنش در راستای ضخامت بیشتر از راستای عرض است . با توجه به این‌که تنش رابطهٔ مستقیم با نیرو و رابطهٔ معکوس با سطح تماس بیضوی دارد و این در حالی است که در بارگذاری در راستای ضخامت سطح تماس پنبه دانه با صفحهٔ فشار کم بوده و نتیجتاً تنش بیشتر به پنبه دانه وارد می‌شود [Tabatabaeefar,. *et al* 2007]. دلیل کاهش سفتی با افزایش رطوبت این است که باافزایش رطوبت ، نیرو کاهش و تغییر شکل افزایش می یابد. دلیل اینکه سفتی در جهت عرض کمتر از جهت ضخامت است این است که نیروی لازم برای گسیختگی در جهت عرض بیشتر از جهت ضخامت است . علت کاهش توان لازم برای گسیختگی با افزایش رطوبت افزایش تغییر شکل در نقطه گسیختگی با افزایش رطوبت پنبه دانه است.. علت کمتر بودن توان لازم برای گسیختگی در جهت عرض نسبت به جهت ضخامت این‌است که افزایش تغییر شکل در نقطه گسیختگی در جهت عرض بیشتر از جهت ضخامت اس ت. این نتیجه با نتایج تحقیقات[Olaniyan and Oje,. 2002] برای دانه درخت روغن قلم ، [Çetin *et al*,. 2010] برای بذر تربچه Sharifian and Haddad] Derafshi. 2008] برای گردو، [کرمانی و همکاران 1385] برای برنج و هم چنین[Burubai *et al*, 2008] برای دانه میوهٔ درخت جوز آفریقایی مطابقت دارد. نتایج هم‌چنین نشان داد با افزایش سرعت بارگذاری از 3 به 9 میلی‌متر بر دقیقه توان لازم برای گسیختگی پنبه دانه از مقدار میانگین 0/019 به 0/0227 وات افزایش می یابد به طوری‌که سرعت بارگذاری 6 میلی‌متر سرعت بحرانی برای پنبه دانه محسوب می شود. علت افزایش توان با افزایش سرعت بارگذاری کاهش تغییر شکل با افزایش سرعت بارگذاری است . این نتیجه با نتایج تحقیقات [Sharifian and Haddad Derafshi,. 2008] برای گردو مطابقت دارد هم‌چنین با افزایش میزان رطوبت از 7/17 به 13 درصد، کرنش از مقدار میانگین 0/132 به 0/264 افزایش می‌یابد به طوری که مابین کلیه سطوح رطوبتی اختلاف معنی دار وجود دارد . علت افزایش کرنش با افزایش میزان رطوبت،

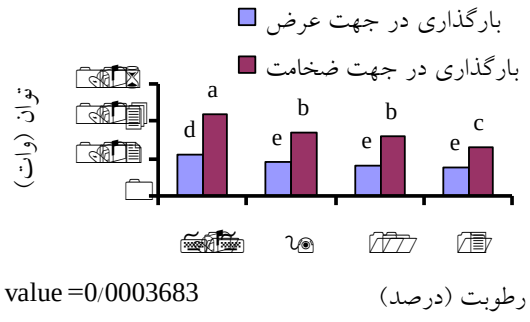
افزایش قابلیت تغییر شکل پذیری پنبه دانه با افزایش رطوبت است . این نتیجه با نتایج تحقیقات [Sharifian and Haddad Derafshi,. 2008] برای گردو مطابقت دارد.



شکل شماره 2- اثر متقابل رطوبت و جهت بارگذاری بر تنش بیشینه پنبه‌دانه



شکل شماره 3- اثر متقابل رطوبت و جهت بارگذاری بر سفتی پنبه‌دانه



شکل شماره 4- اثر متقابل رطوبت و جهت بارگذاری بر توان لازم برای گسیختگی پنبه‌دانه

نتیجه‌گیری:

1- با توجه به اینکه با افزایش سرعت بارگذاری کرنش پنبه دانه کاهش می یابد برای کم کردن صدمات مکانیکی به بذر بهتر است کرکزدایی پنبه‌دانه با سرعت بارگذاری پایین انجام شود.

2- با توجه به این‌که با افزایش رطوبت کرنش افزایش و سفتی کاهش می یابد بهتر است برای کم کردن صدمات مکانیکی بذور، کرکزدایی در سطح رطوبتی بالا صورت گیرد.

3- با توجه به این که تنش وارده به بذر در کرک زدایی به منظور تولید بذر برای کشت نقش مهمی دارد بهتر است کرکزدایی در سطح رطوبتی بالا انجام شود.

4- با توجه به این که توان لازم برای گسیختگی با افزایش سرعت بارگذاری افزایش می یابد، با در نظر گرفتن سرعت بارگذاری بحرانی، بهتر است فرآوری در سرعت بارگذاری پایین انجام شود.

5- با توجه به نتایج حاصله برای سفتی پنبه دانه در سطوح رطوبتی مختلف برای جلوگیری از صدمات مکانیکی به بذر توسط قسمت‌های مختلف موزع ردیف‌کار بهتر است کاشت در سطح رطوبتی پایین انجام شود.

منابع:

1- بی‌نام، آمار نامه کشاورزی، جلد اول: محصولات زراعی، سال زراعی 88-1387، تاریخ نشر 1389، انتشارات وزارت جهاد کشاورزی. 136 ص.

2- خزائی، ج.، رجبی‌پور، ع.، محتسبی، س و بهروزی‌لار، م. 1383. تعیین نیر و و انرژی مورد نیاز برای شکست دانهٔ نخود در بارگذاری شبه استاتیک. مجلهٔ علوم کشاورزی ایران. جلد 35. شماره 3. صص 776- 765.

3- کرمانی، ع. م.، توکلی‌هشجین، ت.، مینایی، س و خوش‌تقاضا، م. ه. 1385. تعیین خواص مکانیکی برنج و بررسی اثر سرعت بارگذاری فشاری. فصل‌نامه علوم و صنایع غذایی. صص 8-1.

4- بوداقی، و.، راسخ، م.، افکاری سیاح، ا .، یعقوبیان، ب و گل محمدی، ا، 1390 برخی خواص فیزیکی و مکانیکی دو رقم گردو فصل‌نامه علوم و صنایع غذایی. صص 57-49.

5-Özarslan, C. 2002. Physical properties of cottonseed. Biosystem Engineering. 83(2): 169-174.

6-Tabatabaeefar, A., Saiedirad, M. H., Borghei, A., Mirsalehi, M., Badii, F. and Ghasemi varnamkhasti, M. 2007. Effect of moisture content, Seed size, Loading rate and Seed orientation on Force and Energy required for Fracturing Cumin Seed (Cuminum cyminum Linn.) under quasi-ststic loading. Journal of Food Engineering. 86(2008): 565-572.

7-Olaniyan, A. M and Oje.K. 2002. Some aspects of the mechanical properties of shea nut. Biosystems Engineering. 81(4): 413-420.

8-Çetin, M. Şimşek, E. Akbaş and Özarslan, C. 2010. Physical properties of radish (Raphanus sativus L.) seed as a function of moisture content. Philippine Agricultural Scientist. 93(3): 291-298.

9-Sharifian, F and Haddad Derafshi, M. 2008. Mechanical behavior of walnut under cracking conditions. Journal of Applied Science. 8: 886-890.

10-Ünal, H., Zencirkiran, M. and Tümsavaş, Z. 2009. Some engineering properties of Cercis siliquastrum L. seed as a function of stratification and acid treatment durations. African Journal of Agricultural Research. Vol 4(3): 247-258.

11-ASAE. 2001. Compression test of food materials of convex shape. S368.4 DEC00. pp, 576-587.

12-Burubai, W. Akor, A. J. Igoni, A. H. and Puyate. Y. T. 2008. Fracture resistance of african nutmeg (Monodora myristica) seeds to compressive loading. American-Eurasian Journal of Scientific Research. 3(1): 15-8.

Research Behavior Mechanical of Cotton Seed Under Quasi-static Loading

Abstract:

There are two reasons for measuring the mechanical properties of cotton seeds. First, the possibility of cotton seed classification based on texture and, second, to obtain information for modification in the design of post- harvest machinery. In this research behavior of cotton seed under quasi-ststic loading investiget such as strain, firmness,maximum stress and power required to rupture. The results showed that moisture content and loading oreintation have significant effects ($p<0.01$) on the total mechanical

properties. By increasing of the moisture content, strain and power required to rupture increased, while firmness and maximum stress decreased. maximum stress, firmness and power required to rupture in the wide loading less than thickness loading. The velocity loading have significant effects ($p<0.01$) on the strain and power required to rupture. By increasing velocity loading strain decreased, while power required to rupture increased. The interaction effects of moisture content × seed orientation were significant on the firmness, maximum stress and power required to rupture, while were not significant on the strain. The interaction effects of seed orientation × velocity loading were significant only on the strain ($p<0.05$). The interaction effects of moisture content × velocity loading and also moisture content × seed orientation × velocity loading were not significant on the mechanical properties.
Key word: Cotton seed, Quasi-static Loading, Strain and Maximum stress