اثر رطوبت، جهت و سرعت بارگذاری بر خواص مکانیکی پنبه دانه (رقم ورامین)

علی حسین اسدزاده[1]، منصور راسخ[2]، امیر حسین افکاری سیاح[3]

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

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

[3].استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی، تلفن 09144529813

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

چکیده:

در این تحقیق برخی خواص مکانیکی پنبه دانه رقم ورامین شامل تغییر شکل در نقطهٔ گسیختگی، نیروی لازم برای گسیختگی، انرژی لازم برای گسیختگی، چغرمگی و ضریب کشسانی ظاهری طی یک آزمایش فاکتوریل در طرح پایه کاملاً تصادفی با 3 عامل، شامل 4 محتوای رطوبتی (7/17، 9، 11 و 13 درصد بر پایه خشک)، 2 جهت بارگذاری (ضخامت و عرض) و 4 سرعت بارگذاری (3، 5، 7 و 9 میلی‌متر بر دقیقه) 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، انرژی لازم برای گسیختگی و چغرمگی افزایش می‌یابد، در حالی‌که تغییر شکل در نقطهٔ گسیختگی، نیروی لازم برای گسیختگی و ضریب کشسانی ظاهری کاهش می‌یابد. تغییر شکل در نقطهٔ گسیختگی، نیروی لازم برای گسیختگی، انرژی لازم برای گسیختگی و چغرمگی در بارگذاری در جهت ضخامت، کمتر از بارگذاری در جهت عرض است، در حالی‌که ضریب کشسانی ظاهری در حالت بارگذاری در جهت عرض کمتر از بارگذاری در جهت ضخامت است. سرعت بارگذاری اثر معنی‌داری بر تغییر شکل در نقطهٔ گسیختگی، نیروی لازم برای گسیختگی، انرژی لازم برای گسیختگی و چغرمگی در سطح احتمال 1 درصد دارد، در حالی‌که بر ضریب کشسانی ظاهری اثر معنی‌داری ندارد. با افزایش سرعت بارگذاری تغییر شکل در نقطهٔ گسیختگی، نیروی لازم برای گسیختگی و انرژی لازم برای گسیختگی کاهش می یابد. اثر متقابل رطوبت و جهت بارگذاری برای تغییر شکل در نقطهٔ گسیختگی در سطح احتمال 5 درصد و برای ضریب کشسانی ظاهری در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار شده است، در حالی‌که بر نیروی لازم برای گسیختگی، انرژی لازم برای گسیختگی و چغرمگی اثر معنی داری ندارد. اثر متقابل رطوبت و سرعت بارگذاری فقط بر تغییر شکل در نقطهٔ گسیختگی در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار شده است.

کلمات کلیدی: خواص مکانیکی، پنبه‌دانه، ضریب کشسانی ظاهری

مقدمه:

پنبه در بسیاری از نقاط جهان کشت می‌شود، 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]. پنبه‌دانه یک منبع غذایی برای انسان (روغن نباتی خوراکی) و برای تغذیه دام (کنجاله تخم پنبه‌دانه) محسوب می‌شود . 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 خواص مکانیکی پنبه‌دانه صورت نگرفته است. لذا با توجه به اهمیت موضوع و ضرورت اطلاع از خواص مکانیکی پنبه دانه به منظور استفاده در ماشین های فرآوری پنبه‌دانه، تحقیق حاضر با اهداف زیر انجام شده است: 1- اندازه‌گیری خواص مکانیکی پنبه‌دانه شامل چغرمگی، ضریب کشسانی ظاهری، انرژی لازم برای

گسیختگی، نیروی لازم برای گسیختگی و تغییر شکل در نقطهٔ گسیختگی. 2- بررسی تاثیر رطوبت، سرعت بارگذار ی 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 ها ی کشاورز ی دانشگاه محقق اردبیلی منتقل شد. مقداری از پنبه‌دانه مورد لزوم به صورت دستی پاک شد (دانه های چروکیده و شکسته از توده جدا شدند). برای بدست آوردن رطوبت اولیه، پنج نمونه پنبه‌دانه با استفاده از ترازوی دیجیتالی وزن شد و به مدت 24 ساعت در دمای 105 ± 1 درجه سانتی‌گراد در اجاق آزمایشگاهی قرار داده شدند [Özarslan, 2002]. رطوبت اولیهٔ پنبه‌دانه 7/17 درصد بر پایهٔ خشک بدست آمد. سپس نمونه‌های دو کیلوگرمی از پنبه‌دانه‌های پاک شده به طور تصادفی انتخاب شدند. نمونه‌ها به سطح رطوبتی مورد نظر رسیده و آن‌ها را در ظرف پلاستیکی درب‌دار ریخته، به هم زده و به مدت 72 ساعت در یخچال قرار داده شدند تا به رطوبت تعادلی برسند [Özarslan, 2002].

برای تعیین خواص مکانیکی پنبه دانه 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 رایانه ای که به دستگاه مرتبط بود صادر می‌شد. فشار تا جایی بر نمونه‌ها وارد می‌شد که همراه با شنیدن صدای شکست نمونه (بویژه در سطوح رطوبتی پایین) بود یا این که نمودار نیرو- تغییر شکل، کاهش نیروی گسیختگی (افت ناگهانی در نمودار نیرو- تغییر شکل) را نشان می داد. در آزمایشات جهت عرض (اندازه بعد روی دهانه لپه‌ها) و ضخامت (بعد عمود بر عرض)در نظر گرفته شد. در این آزمایش‌ها برای هر نمونه پس از استخراج داده‌های نیرو و تغییر شکل، نمودار بارگذاری در نرم‌افزار اکسل ترسیم شد و با استفاده از منحنی نیرو- تغییر شکل بدست آمده از این نمودارها و با برازش معادلات درجه دو در نرم افزار اکسل از لحظه شروع بارگذاری تا لحظه گسیختگی نمونه‌ها و انتگرال گیری از این معادلات، که برابر با سطح زیر منحنی نیرو- تغییر شکل تا نقطه گسیختگی است انرژی لازم برای گسیختگی محاسبه شد [Tavakoli *et al*,. 2009]. چغرمگی از تقسیم انرژی لازم برای گسیختگی پنبه‌دانه بر حجم نمونه پنبه‌دانه بدست آمد [Sitkei,. 1986]. در آزمایش های فشاری محصولات کشاورزی، ضریب کشسانی ظاهری در نصف نیروی لازم برای گسیختگی و عموماً در نقطه ای پایین تر از سطح تنش تسلیم (در محدوده کشسان) بدست می‌آید [Vursavuş and Özgüven,. 2003]. بر اساس روش استاندا رد [ASAE. 2001] رابطه زیر برای تعیین ضریب کشسانی ظاهری پنبه‌دانه استفاده شد.

$$E = \frac{0.338K^{\frac{3}{2}}F(1-\mu^2)}{D^{\frac{3}{2}}}\left[\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R'_1}\right]^{\frac{1}{2}}$$

در رابطه فوق: E = ضریب کشسانی ظاهری نمونهٔ بارگذاری شده (مگاپاسکال)، F = نصف نیروی لازم برای گسیختگی نمونهٔ بارگذاری شده (نیوتن)، D = تغییر شکل متناظر با نصف نیروی لازم برای گسیختگی نمونهٔ بارگذاری شده (متر)، K = ضریب ثابت، R_1 = شعاع انحنای می‌نیمم در نقطهٔ تماس وسیلهٔ فشاردهنده و نمونه بارگذاری شده (متر)، R'_1 = شعاع انحنای ماکزیمم در نقطهٔ تماس وسیلهٔ فشاردهنده و نمونه بارگذاری شده (متر) و μ = ضریب پواسون.

تجزیه واریانس نتایج طی یک آزمایش فاکتوریل در طرح پایه کاملاً تصادفی انجام شد و سپس به منظور تعیین چگونگی تفاوت بین میانگین‌های سطوح مختلف تیمارها آزمون مقایسه میانگین چند دامنه ای دانکن با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد. 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:

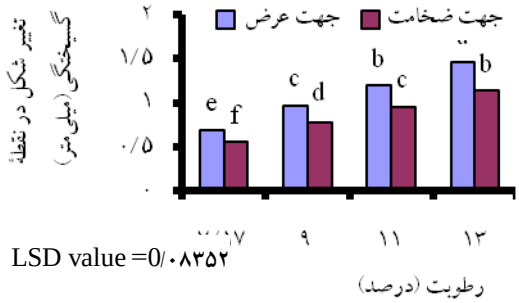
نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل رطوبت، جهت و سرعت بارگذاری بر خواص مکانیکی پنبه دانه در جدول شماره 1 نشان داده شده‌اند.

جدول 1- نتایج حاصل از تجزیه واریانس خواص مکانیکی پنبه‌دانه

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		تغییر شکل در نقطه گسیختگی (میلی‌متر)	نیروی لازم برای گسیختگی (نیوتن)	انرژی لازم برای گسیختگی (میلی‌ژول)	چغرمگی (میلی‌ژول بر میلی‌متر مکعب)	ضریب کشسانی ظاهری (مگا پاسکال)
رطوبت	3	6/6**	7857/242**	888/478**	0/022*	54367/282**
جهت بارگذاری	1	3/872**	1496/541**	4957/148**	0/303**	11454/334**
رطوبت و جهت بارگذاری	3	0/119*	156/303$^{n.s}$	130/838$^{n.s}$	0/005$^{n.s}$	2277/006**
سرعت بارگذاری	3	0/824**	1804/453**	1334/956**	0/089**	220/868$^{n.s}$
رطوبت و سرعت بارگذاری	9	0/078*	47/537$^{n.s}$	34/172$^{n.s}$	0/001$^{n.s}$	287/307$^{n.s}$
جهت بارگذاری و سرعت بارگذار	3	0/03$^{n.s}$	45/443$^{n.s}$	50/098$^{n.s}$	0/007$^{n.s}$	94/850$^{n.s}$
رطوبت، جهت بارگذاری و سرعت بارگذاری	9	0/018$^{n.s}$	26/485$^{n.s}$	12/533$^{n.s}$	0/001$^{n.s}$	149/197$^{n.s}$
خطا	279	0/036	143/755	74/539	0/006	272/374

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

شکل 2 اثر متقابل رطوبت و جهت بارگذاری بر تغییر شکل در نقطهٔ گسیختگی پنبه‌دانه را نشان می‌دهد.



شکل 2- اثر متقابل رطوبت و جهت بارگذاری بر تغییر شکل در نقطهٔ گسیختگی پنبه‌دانه

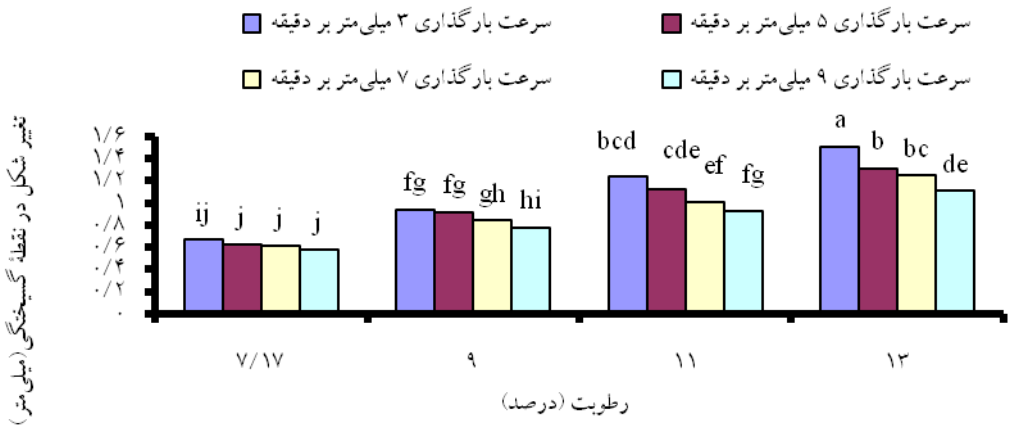
از شکل شماره 3 مشخص است با افزایش رطوبت(M) تغییر شکل در نقطهٔ گسیختگی افزایش می یابد و میزان تغییر شکل در نقطهٔ گسیختگی در جهت عرض بیشتر از ضخامت است. این تفاوت در استحکام دو جهت را می توان به شکل، ساختمان داخلی بافت ویژهٔ پنبه دانه و سطح تماس در موقع بارگذاری فشاری نسبت داد . این نتیجه با نتایج تحقیقات [Altuntaş and Yildiz,. 2005] برای باقلا و [Ahmadi *et al*,. 2009] برای رازیانه مطابقت دارد.

شکل 3 اثر متقابل رطوبت و سرعت بارگذاری بر تغییر شکل در نقطهٔ گسیختگی پنبه‌دانه را نشان می‌دهد.

از شکل 3 مشخص است در کلیه سطوح رطوبتی با افزایش سرعت بارگذاری تغییر شکل در نقطه گسیختگی کاهش می‌یابد. این پدیده منطقی به نظر می رسد زیرا با افزایش سرعت بارگذاری ماده ویژگی های تردی بیشتری از خود نشان می‌دهد که منجر به کاهش ویژگی ه‌ای تغییر شکل پذیری ماده می گردد. این نتیجه با نتایج تحقیقات [ذکی دیزجی و مینایی و 1386] برای نخود و [Burubai *et al*,. 2008] برای دانه میوهٔ درخت جوز آفریقایی مطابقت دارد.

نتایج نشان داد میانگین نیروی لازم برای گسیختگی پنبه دانه در راستای عرضی 57/761 نیوتن و در راستای ضخامت 53/436 نیوتن است. هم‌چنین نرژی لازم برای گسیختگی پنبه دانه در جهت عرض و ضخامت به ترتیب 29/508 و 21/636 میلی‌ژول است. انرژی لازم برای گسیختگی پنبه‌دانه بستگی به سطح زیر منحنی نیرو- تغییر

شکل دارد و با توجه به این که در جهت عرض هم نیرو و هم تغییر شکل به نسبت ضخامت بیشتر است بدیهی است که انرژی لازم برای گسیختگی پنبه‌دانه در جهت عرض بیشتر باشد. این نتیجه با نتایج تحقیقات [Altuntaş and Yildiz,. 2005] برای باقلا، [Tabatabaeefar *et al*, 2007] برای زیره سبز، [Khazaei,. 2008] برای بادام و [Tavakoli *et al*, 2009] برای جو مطابقت دارد.



شکل 3- اثر متقابل رطوبت و سرعت بارگذاری بر تغییر شکل در نقطهٔ گسیختگی پنبه‌دانه

جدول 2 اثر رطوبت بر نیروی لازم بر گسیختگی، انرژی لازم برای گسیختگی و چغرمگی پنبه دانه نشان می‌دهد..

جدول 2 اثر رطوبت بر نیروی لازم بر گسیختگی، انرژی لازم‌برای گسیختگی و چغرمگی پنبه دانه

رطوبت	نیروی لازم برای گسیختگی (نیوتن)	انرژی لازم برای گسیختگی (میلی‌ژول)	چغرمگی (میلی‌ژول بر میلی‌متر مکعب)
7/17	69/64 a	21/75 b	0/211 c
9	54/42 b	24/00 b	0/218 bc
11	51/77 b	27/36 a	0/240 ab
13	46/57 c	29/18 a	0/245 a
Lsd value	۳/۷۳۲	۲/۶۸۷	0/02411
روابط رگرسیونی	F= -200.7M+73.01, R^2=0.996	E_b□131.5M□12.36, R^2=0.988	T_n=0.636M+0.164, R^2=0.938

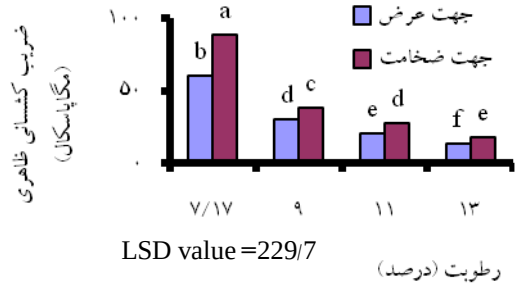
از جدول 2 مشخص است با افزایش رطوبت (M) نیروی لازم برای گسیختگی پنبه‌دانه کاهش ولی انرژی لازم برای گسیختگی و چغرمگی پنبه‌دانه افزایش می‌یابد. علت کاهش نیرو می‌تواند ناشی از نرم شدن پنبه دانه در اثر جذب رطوبت باشد. معلوم است که انرژی لازم برای گسیختگی پنبه‌دانه بستگی به سطح زیر منحنی نیرو- تغییر شکل دارد و با افزایش رطوبت درصد افزایش تغییر شکل به نسبت کاهش نیرو بیشتر است در نتیجه انرژی لازم برای گسیختگی افزایش می‌یابد و از آن‌جایی که چغرمگی رابطه مستقیم با انرژی لازم برای گسیختگی دانه دارد لذا افزایش چغرمگی با افزایش رطوبت مورد انتظار است. این نتیجه با نتایج تحقیقات [Altuntaş and Yildiz,. 2005] برای باقلا، [کرمانی و همکاران، 1385] برای برنج، [ذکی‌دیزجی و مینایی، 1386] برای نخود، [Tabatabaeefar *et al*, 2007] برای زیره سبز، [Burubai *et al*,. 2008] برای دانه درخت جوز آفریقایی و [Tavakoli *et al*, 2009] برای جو مطابقت دارد.
جدول شماره 3 اثر سرعت بارگذاری (S) بر نیروی لازم بر گسیختگی، انرژی لازم برای گسیختگی (E_b) و چغرمگی (T_n) پنبه دانه را نشان می‌دهد.

جدول 3 اثر سرعت بارگذاری بر نیروی لازم بر گسیختگی، انرژی لازم برای گسیختگی و چغرمگی پنبه دانه

سرعت بارگذاری	نیروی لازم برای گسیختگی (نیوتن	انرژی لازم برای گسیختگی (میلی‌ژول)	چغرمگی (میلی‌ژول بر میلی‌متر مکعب)
3	61/01 [a]	30/44 [a]	0/268[a]
5	57/78 [a]	26/97 [b]	0/239 [b]
7	53/36 [b]	23/99 [c]	0/219 [b]
9	50/25 [b]	20/89 [d]	0/189 [c]
Lsd value	3/732	2/687	0/02411
روابط رگرسیونی	$F= -1.835S+66.61, R^2=0.995$	E_b□-1.581S+35.05, $R^2=0.999$	T_n= -0.012S□0.305, $R^2=0.994$

علت کاهش نیروی لازم برای گسیختگی پنبه دانه با افزایش سرعت بارگذاری این است که با کم شدن طول زمان بارگذاری ماده حالت تردی بیشتر پیدا می کند. این نتایج با نتایج تحقیقات [Kazaei,. 2008] برای بادام، [Tavakoli *et al*, 2009]برای جو و [مجدی و همکاران، 1389] در بارگذاری روی نمونه های استوانه ای تهیه شده از بافت سیر مطابقت دارد.

شکل 4 اثر متقابل رطوبت و جهت بارگذاری بر ضریب کشسانی ظاهری پنبه‌دانه را نشان می‌دهد.



شکل 4- اثر متقابل رطوبت و جهت بارگذاری بر میانگین ضریب کشسانی ظاهری پنبه‌دانه

از شکل 4 مشخص است که با افزایش رطوبت از 7/17 الی 13 درصد، میانگین ض ریب کشسانی ظاهری پنبه‌دانه به ترتیب در جهت‌های عرض و ضخامت از 60/32 الی 13/184 و 88/082 الی 17/487 کاهش می‌یابد . این نتیجه با نتایج تحقیقات [ذکی‌دیزجی و مینایی ، 1386] برای دانه نخود، [کرمانی و همکاران ، 1385] برای برنج رقم هاشمی و [Burubai *et al*,. 2008] برای دانه میوهٔ درخت جوز آفریقایی مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها:

1- از آن‌جایی که انرژی گسیختگی و چغرمگی پنبه دانه، با افزایش سرعت بارگذاری و با کاهش رطوبت، کاهش می‌یابند بهتر است در فرآوری پنبه‌دانه از سرعت بارگذاری بیشتر و رطوبت پایین استفاده شود.

2- از آن جایی که با افزایش رطوبت، ضریب کشسانی ظاهری پنبه دانه کاهش می یابد، بهتر است در فرآیند کرک‌زدایی پنبه‌دانه برای تولید بذر جهت کشت، کرک زدایی در سطح رطوبت بالا صورت گیرد تا صدمات وارده به بذر کمتر شود.

3- با توجه به اینکه نیرو و انرژی لازم برای گس یختگی پنبه دانه در جهت عرض بیشتر از آن در جهت ضخامت است، بهتر است در فرآیند استخراج روغن از پنبه دانه، برای شکستن پنبه دانه نیرو در جهت ضخامت به پنبه دانه اعمال شود.

4- بین سطوح رطوبتی 7/17 و 9 درصد اختلاف بسیار معنی‌داری در ضریب کشسانی ظاهری پنبه‌دانه وجود دارد و از آن‌جایی که ضریب کشسانی ظاهری معرف سختی در محدوده کشسان است، می تواند اهمیت زیادی در تماس دانه‌ها با سطوح فلزی داخل موزع ها داشته باشد . لذا بهتر است حتی الامکان کاشت بر اساس دانه های خشک‌تر (بویژه رطوبت کمتر از 9 درصد) انجام گیرد تا از ورود صدمات مکانیکی به بذر ممانعت به عمل آید.

5- اطلاع از خواص استحکامی دانه اهمیت زیادی برای طراحی صحیح سیستم های جابجایی و کاشت بذر دارد، لذا توصیه می‌شود تا این تحقیق در ارقام متداول دیگر و سطوح رطوبتی 7 الی 15 درصد مجدداً به عمل آید.

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 نیرو و انرژی مورد نیاز برای شکست دانهٔ نخود در بارگذاری شبه استاتیک. مجلهٔ علوم کشاورزی ایران. جلد 35. شماره 3. صص 776- 765.

3- ذکی دیزجی، ح. و مینایی، س. 1386. تعیین خواص مکانیکی نخود. فصل‌نامه علوم و صنایع غذایی ایران، دوره 4، شماره 2. صص 65-57.

4- 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.

5- مجدی، ر.، راسخ، م و افکاری‌سیاح، ا. ح. 1389. تعیین برخی خواص فیزیکی و مکانیکی سیر. پایان نامهٔ کارشناسی ارشد . دانشگاه محقق اردبیلی.

6. Ahmadi, H. Mollazade, k. Khorshidi, J. Mohtasebi, S. S. and Rajabipour, A. 2009. Some physical and mechanical properties of fennel seed (Foeniculum vulgare). Journal of Agricultural Science. Vol. 1, No.1.

7. Altuntaş, E. and Yildiz, M. 2005. Effect of moisture content on some physical and mechanical properties of faba been (Vicia faba L.) grains. Journal of Food Engineering. 78(2007):174-183.

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

9. 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.

10. Khazaei, J. 2008. Characteristics of mechanical strength and water absorption in almond and its kernel. Cercetări Agronomic ĭn Moldova. Vol. Xli, No. 1(133).

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

12. Sitkei, G. 1986. Mechanics of agricultural materials. Translated by S. Bars. Elsevier Science Publishers, New York. 398p.

13. Tavakoli, H. Mohtasebi, S. S. Rajabipour, A. and Tavakoli, M. 2009. Effect of moisture content, loading rate, and grain orientation on fracture resistance of barley grain. Research Agricultural Engineering, 55 (3): 85-93.

14. 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.

15. Vursavuş, and Özgüven, F. 2003. Determining the strength properties of the dixired peach variety. Turk. Journal of Agricaltural. 27(2003): 155-160.

Effect of moisture content, loading orientation and loading velocity on mechanical properties of cotton seed (varamin variety)

Abstract: In the mechanical tests, cotton seed were loaded between two parallel plates to determine the deformation at rupture point, force required to rupture, energy required to rupture, toughness and apparent elasticity modulus. The results showed that moisture content and loading direction have significant effects ($p< 0.01$) on the total mechanical properties. By increasing of the moisture content, energy required to rupture and toughnees increased, while the deformation at rupture point, force required to rupture and apparent elasticity modulus were decreased. Also the results showed that seeds are deformable in width orientation. Deformation at rupture point, force required for rupture, energy required to rupture and toughness in the thickness loading was less than width loading, while apparent elasticity modulus in the width loading was less than thickness loading. The velocity loading have significant effects ($p< 0.01$) on the deformation at rupture point, force required to rupture, energy required to rupture and toughness, while it have not significant effect on the apparent elasticity modulus.By increasing the loading velocity, the deformation at rupture point, force required to rupture, energy required to rupture and toughness were decreasd. The interaction effects of moisture content × seed orientation were significant on the deformation at rupture point ($p< 0.05$), apparent elasticity modulus ($p< 0.01$), while were not significant on the force required to rupture, energy required to rupture and toughness. The interaction effects of moisture content × loading velocity were significant only on the deformation at rupture point ($p< 0.05$).The interaction effects of loading velocity × seed orientation and also interaction effects of moisture content × loading velocity × seed orientation were not significant on mechanical properties at all.

Keyword: Mechanical properties, Cotton seed, Apparent elasticity modulus