تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی دانه ذرت تحت بارگذاری فشاری

سعید مینایی[۱]- سعید لهراسبی[۲]- امیر حسین افکاری سیاح[۳]- ارژنگ جوادی[۴]

چکیده

محصولات کشاورزی در مراحل مختلف برداشت، حمل و نقل و فرآوری تحت تأثیر نیروهای استاتیک و دینامیک قرار می‌گیرند. در بسیاری از موارد این نیروها می‌توانند موجب آسیب‌دیدگی محصول گردند. همچنین به منظور مصرف بهینه انرژی در مراحل مختلف به ویژه در طراحی و ساخت ماشین‌های فرآوری و نیز بهینه‌سازی انواع ماشین‌ها وتجهیزات کشاورزی، اطلاع از ویژگی‌های مکانیکی محصولات کشاورزی و مواد غذایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. در مورد تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی برخی دانه ها مانند گندم، نخود و برنج در کشور ما تحقیقات معدودی انجام شده است. لیکن در مورد ذرت چنین تحقیقاتی اصلا" صورت نگرفته است. لذا به منظور تعیین برخی از خواص مکانیکی دانهٔ ذرت، سه رقم ذرت متداول کشور شامل KSC۶۴۷، KSC۷۰۰، KSC۷۰۴ در سه سطح رطوبت ۱۵-۱۴ و ۲۰-۱۹ و ۲۵-۲۴ درصد بر پایه‌تر تحت آزمایش بارگذاری فشاری تک محوری قرار گرفتند. دراین آزمایش ، سه جهت بارگذاری طول(L)، عرض (W) و ارتفاع (H) مورد مطالعه قرار گرفت. نخست، ابعاد ذرت‌های تحت آزمایش اندازه‌گیری شد و براساس آن، ضریب کرویت دانه ذرت محاسبه گردید. پس از اجرای آزمایش ، مقادیر میانگین خواص مکانیکی شامل نیروی لازم برای شکست، جابه‌جایی در نقطه شکست و انرژی مورد نیاز برای شکست محاسبه شدند. سپس تأثیر رقم ، جهت قرارگیری دانه و رطوبت دانه بر نیروی لازم برای شکست، جابه‌جایی در نقطه شکست و انرژی لازم برای شکست دانه مورد بررسی قرار گرفت . نتایج آزمایش ها نشان داد که رطوبت وجهت بارگذاری تاثیر معنی‌داری بر نیروی لازم برای شکست، جابه‌جایی درنقطه شکست و انرژی لازم برای شکست دارند و تأثیر رقم ذرت برخواص ذکر شده معنی‌دار نبود.

بیشینه نیروی لازم برای شکست، مربوط به رقم KSC ۷۰۴ برای بارگذاری در جهت H و رطوبت ۱۵-۱۴ درصد، معادل ۲۹۳/۴۴ نیوتن بدست آمد و کمینه آن، مربوط به رقم KSC ۶۴۷ در جهت L و رطوبت ۲۵-۲۴ درصد، برابر با ۷۶/۹۷ نیوتن محاسبه شد. بیشینه انرژی لازم برای شکست مربوط به رقم KSC ۷۰۰ در جهت L و رطوبت ۲۰-۱۹ درصد، معادل ۱۵۹/۵۵ میلی ژول و کمینه آن مربوط به رقم KSC ۷۰۰ در جهت W و در رطوبت ۱۵-۱۴ درصد، برابربا ۵۳/۵۴ میلی ژول بدست آمد.

۱- عضو هیئت علمی گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
۲- کارشناس ارشد مکانیزاسیون کشاورزی
۳- عضو گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی
۴- عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات فنی ومهندسی کشاورزی کرج

مقدمه

ذرت به عنوان یک ماده غذایی ارزشمند برای خوراک دام، مصرف انسان و تولید محصولات صنعتی مانند نشاسته، شربت، قند و الکل مورد استفاده قرار می‌گیرد. محصولات حاصل از آسیاب کردن آن شامل بلغور، آرد کامل، آرد معمولی و پروتئین است. در سال ۲۰۰۰ سطح زیر کشت ذرت در کل دنیا ۱۳۷/۶ میلیون هکتار و میزان تولید ذرت ۵۹۶/۵ میلیون تن و متوسط میزان عملکرد ۴۳۳۶ کیلوگرم برهکتار بوده است. در همین سال سطح زیرکشت ذرت در ایران ۲۱۸۵۰۰ هکتار و میزان عملکرد آن ۶۶۳۵ کیلوگرم در هکتار بوده است. میزان واردات ایران نیز در همین سال ۱۰۰۷۲۲۲ تن به ارزش ۲۴۲۱۸۳ میلیون ریال بوده است. (اداره کل آمار و اطلاعات، ۱۳۸۰).

با توجه به این که حدود نیمی از ذرت مورد نیاز کشور از خارج وارد می گردد (اداره کل آمار و اطلاعات در امور کشاورزی،۱۳۸۰) انجام پژوهش‌هایی در راستای کاهش ضایعات ذرت در کلیه مراحل کاشت،داشت، برداشت، حمل و نقل، انبارداری و فرآوری ضروری است. این ضایعات می‌توانند در اثر نیروهای وارد بر دانه ذرت در مراحل مختلف یاد شده افزایش یابند. از طرفی برای توصیه به سازندگان ادوات مختلف فرآوری ، نیاز به تعیین کمینه و بیشینه نیروی لازم برای آرد کردن، خرد کردن و پرس کردن ذرت داریم. بنابراین در دو حالت یاد شده، نیاز به اطلاع از خواص مکانیکی محصول می‌باشد. عموماً خواص مکانیکی شامل سختی، مقاومت فشاری، مقاومت به ضربه، مقاومت برشی و غیره است و از آنجا که نیروی فشاری در مراحل مختلف بیش از دیگر نیروها بر دانه ذرت تأثیر دارد، لذا بررسی مقاومت فشاری ضروری‌ترازدیگرخواص مکانیکی است.

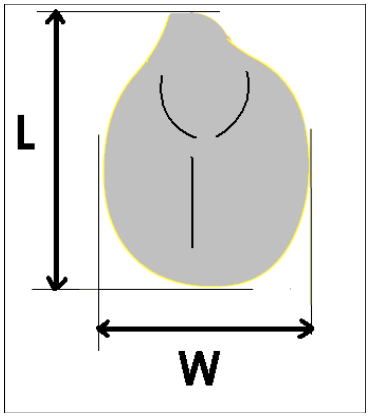
هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثرات رقم، رطوبت و جهت بارگذاری درآزمون فشاری تحت بارگذاری شبه استاتیکی و تعیین نیروی گسیختگی کمینه، انرژی گسیختگی کمینه و میزان جابه جایی در نقطه‌ی گسیختگی به عنوان شاخص‌های ارزیابی مقاومت فشاری دانه ذرت است.

مواد و روشها

نخست دانه ذرت (*Zea mayz L.*) ، از سه رقم *KSC* ۶۴۷ ، *KSC*۷۰۰ و *KSC* ۷۰۴ که در استانهای مختلف کشور کشت می‌گردند و بیش از دیگر ارقام ذرت تولید می شوند، به پیشنهاد بخش ذرت موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و از همان موسسه تهیه شد.

کلیه دانه‌های ذرت به طور دستی تمیز و بوجاری شده و دانه‌های خارجی شکسته و چروک خورده از آن جدا شدند. در هر دو آزمایش و به تعداد تکرار، از هر رقم نمونه‌های ۱۰۰ گرمی به طور تصادفی انتخاب شد. برای تعیین رطوبت دانه‌ها در شرایط طبیعی آزمایشگاه، سه نمونه (از هر رقم یک نمونه) ۱۰۰ گرمی دانه درون اجاق خشک کن به مدت ۷۲ ساعت و در دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و براساس روش وزنی استاندارد *(ASAE, 1999a)* مقادیر رطوبت هریک اندازه‌گیری شد. دستگاه انتخاب شده برای آزمایش بارگذاری فشاری تک محوری، دستگاه کشش/ فشار *TMU/GTA* می‌باشد که به وسیله مینایی و افکاری سیاح (۱۳۸۲) ساخته شده است. آزمایش ها در سه رطوبت ۱۵-۱۴ ، ۲۰-۱۹ و ۲۵-۲۴ درصد بر پایه تر و در سه جهت طول، عرض و ارتفاع انجام شدند. طرحی از دانه ذرت در سه جهت $\mathcal{L}$ ، $\mathcal{W}$ و $\mathcal{H}$ در شکل ۱ مشاهده می گردد. برای انجام آزمایش از نمونه‌های ۱۰ تایی استفاده شد، بطور یکه نتایج برای هر مقدار کمّی معادل میانگین وزنی نمونه‌های ۱۰ تایی در نظر گرفته شد. با توجه به سه رقم ذرت و سه سطح رطوبتی و سه جهت قرارگیری ذرت هنگام بارگذاری، جمعاً ۲۷۰ دانه ذرت تحت بارگذاری فشاری تک محوری قرار گرفتند. با شروع بارگذاری فشاری بر روی دانه ذرت، به طور همزمان نمودار نیرو- تغییرشکل بر روی صفحه نمایش رسم می‌گردید. نمونه‌ای از نمودار نیرو- تغییرشکل رسم شده برای دانه‌های ذرت در شکل ۲ نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می‌شود، این نمودار شامل سه

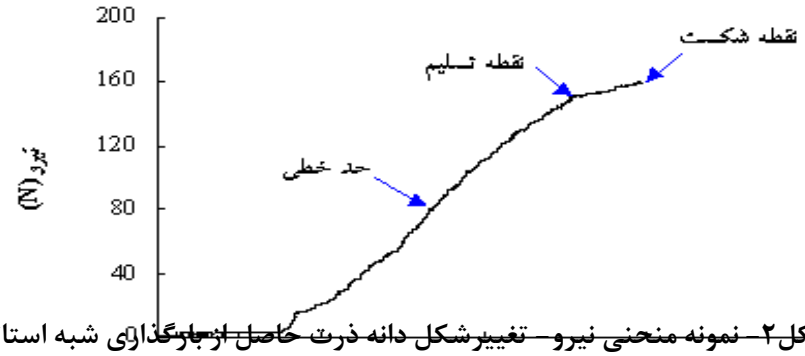
بخش اصلی حد خطی، نقطه تسلیم و نقطه گسیختگی (شکست) می‌باشد و در نقطه شکست طول منحنی برابربا میزان جابجایی دانه در هنگام شکست و عرض شکست برابربا نیروی لازم برای شکست دانه می‌باشند. آهنگ بارگذاری در این آزمایش ثابت و معادل mm/min ۷ در نظر گرفته شد و عامل (ابزار) بارگذاری ، صفحهٔ گردی به قطر ۱۷ و ضخامت ۲/۸ میلیمتر بوده است. پس از اینکه منحنی نیرو- تغییرشکل هر دانه در آزمایش بارگذاری فشاری تک محوری استخراج گردید، با محاسبه سطح زیر نمودار آن منحنی تا نقطه شکست، انرژی لازم برای شکست آن دانه ذرت محاسبه گردید.



ذرت و سه جهت

شکل۱- طرحی از دانه

بارگذاری $\mathcal{L}$ ،$\mathcal{W}$ و $\mathcal{H}$



شکل۲- نمونه منحنی نیرو- تغییرشکل دانه ذرت حاصل ازبارگذاری شبه استاتیک

در انتهای هر آزمایش، داده‌های اندازه‌گیری شده با کمک نرم افزار $EXCEL$ در فایل‌های مجزا دسته بندی و ذخیره‌سازی گردیدند. پس از جمع آوری نتایج به تعداد تکرار مورد نظر، پارامترهای مکانیکی براساس شکل منحنی، مدل و یا فاکتورهای اولیه استخراج شده و هریک در ستونهای مجزا قرار داده شدند. سپس برای هر ستون که معرف اطلاعات ابعادی دانه و یا یک فاکتور مکانیکی در تیمار معینی بود، اطلاعات اولیه آماری محاسبه گردید. این اطلاعات شامل میانگین وزنی و انحراف معیار بود. سپس نتایج تحلیل‌های آماری با کمک نرم افزار $MSTATC$ استخراج گردید که این تحلیل ها عبارت بودند از تجزیه واریانس و آزمون چند دامنه‌ای دانکن. همچنین قبل از تجزیه واریانس، عمل نرمال سازی روی کلیهٔ داده‌ها صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج اولیه این آزمایش نشان داد که دانه ذرت همانند دیگر مواد بیولوژیک دارای منحنی نیرو- تغییر شکل بصورت" S " بوده و در اغلب موارد می توان بخش خطی، نقطه تسلیم و نقطه شکست را به راحتی تشخیص داد. اما

نقطه تسلیم در برخی موارد قابل تشخیص نبود (شکل۲). در نمونه های مرطوب تر تشخیص نقطه تسلیم راحتتر بود. مقادیر دقیق رطوبت نمونه‌ها قبل از انجام هر آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول۱- مقادیر دقیق رطوبت نمونه‌های بکار رفته در آزمایش بارگذاری فشاری تک محوری (درصد بر پایه تر).

ارقام ذرت سطوح انتخابی	KSC۶۴۷	KSC۷۰۰	KSC۷۰۴
۱۴-۱۵	۱۴/۷	۱۴/۵	۱۴/۸
۱۹-۲۰	۱۹/۸	۱۹/۵	۱۹/۷
۲۴-۲۵	۲۴/۸	۲۴/۸	۲۴/۷

ابعاد دانه ذرت و ضریب کرویت

در جداول ۲ تا ۴ مقادیر میانگین ابعاد دانه ذرت و ضریب کرویت آنها در سه رقم (۶۴۷،۷۰۰ و ۷۰۴) و سه رطوبت (۱۵-۱۴، ۲۰-۱۹ و ۲۵-۲۴ درصد برپایه‌تر) آمده است.

همان گونه که ازاین جداول مشخص است ،با افزایش رطوبت روند خاصی در تغییر ابعاد دانه‌ها در تمام ارقام مشاهده نمی‌شود، زیرا برای اندازه‌گیری ابعاد دانه در هر رطوبت، تعدادی از آنها به تصادف انتخاب گردید و یکسان نبودن دانه های انتخاب شده، تعیین اثر رطوبت بر ابعاد دانه را ناممکن می‌سازد. همچنین با توجه به تغییرات اندک ابعاد دانه در رطوبت‌های مختلف، ممکن است خطای اندازه‌گیری موجب گردد که این تغییرات نمایان نباشد. با توجه به ضرایب کرویت موجود در جداول ۲ تا ۴، ضریب کرویت میانگینی برابر با ۰/۶۸ (۶۸ درصد) برای سه رقم ذرت مورد آزمایش در بازۀ رطوبتی ۱۴ الی ۲۵ درصد بر پایه‌تر محاسبه شد. پارامترهای مکانیکی استخراج و محاسبه شده از منحنی نیرو- تغییر شکل درآزمایش بارگذاری فشاری تک محوری شامل نیروی لازم برای شکست دانه ذرت، مقدار جابجایی در نقطه شکست دانه و انرژی لازم برای شکست دانه می باشند.

جدول۲- مقادیر میانگین ابعاد و ضریب کرویت ذرت رقم ۶۴۷ (با لحاظ ۳۰تکرار) .

	رطوبت۱۵-۱۴ ٪	رطوبت۲۰-۱۹٪	رطوبت۲۵-۲۴ ٪
قطر بزرگ(mm)	۱۱/۰۴	۱۱/۱۰	۱۱/۰۰
انحراف معیار(mm)	۰/۹۷	۰/۶۳	۰/۵۷
قطر متوسط(mm)	۷/۵۱	۷/۸۴	۷/۵۸
انحراف معیار(mm)	۰/۶۶	۰/۶۴	۰/۷۲
قطر کوچک(mm)	۵/۳۱	۵/۲۷	۵/۵۶
انحراف معیار(mm)	۰/۸۲	۰/۵۷	۰/۵۰
ضریب کرویت	۰/۶۹	۰/۶۹	۰/۶۹
انحراف معیار	۰/۰۹۳	۰/۰۹۴	۰/۰۹۲

جدول۳-مقادیر میانگین ابعاد و ضریب کرویت ذرت رقم ۷۰۰ (با لحاظ ۳۰تکرار) .

	رطوبت۱۵-۱۴ ٪	رطوبت۲۰-۱۹٪	رطوبت۲۵-۲۴ ٪
قطر بزرگ(mm)	۱۱/۳۰	۱۱/۴۳	۱۰/۵۴
انحراف معیار(mm)	۰/۶۸	۰/۶۶	۱/۵۲
قطر متوسط(mm)	۷/۴۰	۷/۷۶	۷/۴۳

انحراف معیار(mm)	۰/۶۳	۰/۸۴	۰/۵۸
قطر کوچک(mm)	۴/۶۳	۵/۲۰	۵/۰۹
انحراف معیار(mm)	۰/۵۲	۰/۶۰	۰/۶۰
ضریب کرویت	۰/۶۶	۰/۶۸	۰/۶۹
انحراف معیار	۰/۰۹۲	۰/۰۹۳	۰/۰۹۴

جدول۴- مقادیر میانگین ابعاد و ضریب کرویت ذرت رقم ۷۰۴ (با لحاظ ۳۰تکرار) .

	رطوبت۱۵-۱۴ ٪	رطوبت۲۰-۱۹٪	رطوبت۲۵-۲۴ ٪
قطر بزرگ(mm)	۱۰/۹۵	۱۱/۰۰	۱۰/۶۶
انحراف معیار(mm)	۰/۹۲	۰/۷۱	۰/۷۲
قطر متوسط(mm)	۷/۵۰	۷/۵۵	۷/۴۹
انحراف معیار(mm)	۰/۸۲	۰/۴۹	۰/۶۴
قطر کوچک(mm)	۴/۸۲	۴/۸۵	۴/۹۹
انحراف معیار(mm)	۰/۵۷	۰/۴۷	۰/۴۸
ضریب کرویت	۰/۶۷	۰/۶۶	۰/۶۹
انحراف معیار	۰/۰۹۳	۰/۰۹۳	۰/۰۹۴

مقادیر میانگین نیروی لازم برای شکست دانه ذرت، مقدار جابجایی در نقطه شکست و انرژی لازم برای شکست دانه در سه رقم (۶۴۷، ۷۰۰ و ۷۰۴) با سه رطوبت (۱۵-۱۴ ، ۲۰-۱۹ و ۲۵-۲۴ درصد بر پایه تر) و سه جهت قرارگیری دانه هنگام بارگذاری (طول دانه $\mathcal{L}$، عرض دانه $\mathcal{W}$ و ارتفاع دانه $\mathcal{H}$) در جداول ۵ تا ۷ آمده است . برای راحتی ارایه نتایج، در جداول زیر از مقادیر ۱۵، ۲۰ و ۲۵ به جای سطوح رطوبتی ۱۵-۱۴ ، ۲۰-۱۹ و ۲۵-۲۴ استفاده شده است.

براین اساس، بیشینهٔ نیروی لازم برای شکست مربوط به رقم ۷۰۴ KSC بوده و برای بارگذاری در جهت $\mathcal{H}$ و در رطوبت ۱۵-۱۴ درصد معادل ۲۹۳/۴۴ نیوتن به دست آمد.کمینه نیروی لازم برای شکست مربوط به رقم ۶۴۷ KSC در جهت $\mathcal{L}$ و رطوبت ۲۵-۲۴ درصد برابر۷۶/۹۷ نیوتن محاسبه شد. بیشینهٔ جابجایی در نقطه شکست، مربوط به رقم ۷۰۰ KSC در جهت $\mathcal{L}$ و در رطوبت ۲۵-۲۴ درصد معادل ۲/۵۵ میلی‌متر و کمینه جابجایی در نقطه شکست، مربوط به رقم ۷۰۰ KSC در جهت $\mathcal{H}$ و رطوبت ۱۵-۱۴ درصد معادل ۰/۵۳ میلی‌متر محاسبه شد.

جدول۵- مقادیر میانگین پارامترهای استخراج و محاسبه شده از منحنی نیرو -تغییرشکل ذرت رقم ۶۴۷ (با لحاظ ۱۰تکرار) .

	$\mathcal{L}$۱۵	$\mathcal{L}$۲۰	$\mathcal{L}$۲۵	$\mathcal{W}$۱۵	$\mathcal{W}$۲۰	$\mathcal{W}$۲۵	$\mathcal{H}$۱۵	$\mathcal{H}$۲۰	$\mathcal{H}$۲۵
نیروی لازم برای شکست(N)	۱۹۳/۳۸	۱۷۸/۰۸	۷۶/۹۷	۲۴۲/۲۹	۱۷۰/۰۰	۱۲۰/۴۹	۲۸۲/۷۸	۲۴۶/۲۵	۱۵۸/۷۱
انحراف معیار(N)	۲۹/۶۲	۵۲/۳۰	۱۷/۱۰	۶۲/۸۹	۳۶/۶۴	۱۹/۸۱	۳۷/۴۸	۴۹/۴۹	۳۴/۰۹
جابجایی در نقطه شکست (mm)	۱/۸۲	۲/۳۶	۲/۲۲	۰/۶۴	۱/۰۰	۱/۳۲	۰/۷۲	۰/۹۷	۱/۲۵
انحراف معیار(mm)	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۳۱	۰/۳۹	۰/۲۷	۰/۲۴	۰/۳۵
انرژی لازم برای شکست(mJ)	۱۲۶/۵۰	۱۴۷/۴۳	۷۷/۰۸	۶۱/۱۷	۸۲/۶۳	۶۷/۷۰	۸۲/۳۸	۹۰/۶۸	۹۳/۶۱

انحراف معیار(mJ)	۳۶/۹۵	۵۵/۱۳	۱۵/۴۳	۲۲/۶۵	۴۴/۵۱	۳۰/۷۳	۳۱/۳۴	۲۴/۰۴	۵۰/۴۰

جدول۶- مقادیر میانگین پارامترهای استخراج و محاسبه شده از منحنی نیرو -تغییرشکل ذرت رقم ۷۰۰ (با لحاظ ۱۰تکرار) .

	L۱۵	L۲۰	L۲۵	W۱۵	W۲۰	W۲۵	H۱۵	H۲۰	H۲۵
نیروی لازم برای شکست(N)	۲۲۷/۰۲	۱۷۵/۴۴	۱۰۱/۳۰	۲۲۴/۷۲	۱۸۷/۱۰	۸۳/۷۸	۲۷۲/۷۸	۲۵۱/۱۹	۱۴۰/۳۷
انحراف معیار(N)	۵۸/۴۶	۴۹/۷۷	۲۲/۶۲	۳۸/۶۵	۴۲/۶۶	۲۱/۱۴	۳۹/۲۲	۵۳/۳۲	۳۷/۲۹
جابجایی در نقطه شکست (mm)	۲/۴۲	۲/۳۰	۲/۵۵	۰/۵۸	۱/۰۷	۱/۵۵	۰/۵۳	۰/۸۵	۱/۲۸
انحراف معیار(mm)	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۱۶	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۱۱	۰/۳۲	۰/۳۱
انرژی لازم برای شکست(mJ)	۱۵۹/۵۵	۱۵۱/۱۴	۱۰۰/۱۸	۵۳/۵۴	۹۵/۳۴	۶۴/۲۷	۵۶/۶۹	۹۱/۲۳	۷۵/۳۱
انحراف معیار(mJ)	۴۱/۲۲	۵۶/۱۹	۲۷/۴۶	۲۱/۶۵	۳۲/۳۶	۲۱/۶۱	۱۸/۲۳	۳۴/۹۶	۳۷/۲۱

جدول۷- مقادیر میانگین پارامترهای استخراج و محاسبه شده از منحنی نیرو -تغییرشکل ذرت رقم ۷۰۴ (با لحاظ ۱۰تکرار) .

	L۱۵	L۲۰	L۲۵	W۱۵	W۲۰	W۲۵	H۱۵	H۲۰	H۲۵
نیروی لازم برای شکست(N)	۱۶۴/۱۲	۱۴۵/۲۴	۹۹/۴۹	۲۵۷/۲۲	۲۰۰/۸۸	۱۳۱/۲۸	۲۹۳/۴۴	۲۶۷/۶۳	۱۶۱/۷۹
انحراف معیار(N)	۳۷/۱۳	۳۵/۷۵	۲۸/۸۳	۴۳/۰۲	۴۲/۲۷	۴۲/۸۱	۳۸/۶۲	۵۷/۹۰	۵۰/۵۲
جابجایی در نقطه شکست (mm)	۱/۷۵	۲/۳۵	۲/۰۴	۰/۶۸	۰/۸۷	۱/۷۰	۰/۶۱	۰/۹۱	۱/۳۴
انحراف معیار(mm)	۰/۴۲	۰/۴۸	۰/۵۱	۰/۱۷	۰/۲۹	۰/۳۳	۰/۱۵	۰/۳۶	۰/۴۴
انرژی لازم برای شکست(mJ)	۱۰۵/۸۱	۱۲۹/۶۰	۷۸/۶۵	۷۴/۲۰	۸۹/۳۲	۱۰۶/۳۹	۷۵/۷۷	۱۰۱/۶۴	۹۵/۸۷
انحراف معیار(mJ)	۳۱/۶۵	۴۹/۵۲	۲۸/۳۹	۲۰/۷۵	۴۰/۱۱	۴۵/۳۰	۲۳/۲۹	۳۶/۹۷	۵۳/۱۸

. همچنین بیشینهٔ انرژی لازم برای شکست مربوط به رقم ۷۰۰ *KSC* در جهت *L* و رطوبت ۱۵-۱۴ درصد برابر با ۱۵۹/۵۵ میلی‌ژول و کمینه انرژی لازم برای شکست مربوط به رقم ۷۰۰ *KSC* در جهت *W* و در رطوبت ۱۵-۱۴ درصد معادل ۵۳/۵۴ میلی‌ژول محاسبه شد. از این رو مشاهده می‌شود که برای شکست دانه های ذرت در جهت *L* به کمترین نیرو و در جهت *H* به بیشترین نیرو نیاز می‌باشد. همچنین با افزایش رطوبت ازسطح ۱۵-۱۴ به سطح ۲۵-۲۴ درصد، نیروی لازم برای شکست دانه های ذرت کاهش می‌یابد. این مقادیر با نتایج بدست آمده بوسیله دیگر محققین روی ارقام خارجی مطابقت دارد (*Bilanski , 1966*).

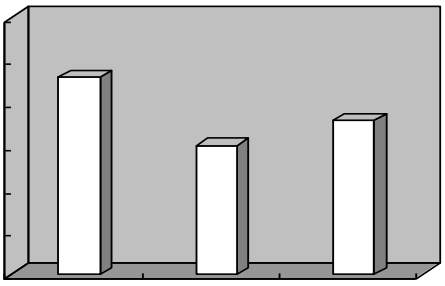
داده های خواص مکانیکی تحت تجزیه واریانس قرار گرفتند و تأثیر رقم، جهت قرارگیری دانه و رطوبت بر نیروی لازم برای شکست، جابجایی در نقطه شکست و انرژی لازم برای شکست بررسی گردید. سپس در مواردی که تجزیه واریانس معنی دار نشان داد، آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام پذیرفت. درجدول ۸ نتایج تجزیه واریانس خواص مکانیکی آمده است و نتایج حاصل از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در شکل‌های ۳ تا ۸ دیده میشود .

جدول۸ - نتایج تجزیه واریانس داده های آزمایش بارگذاری.

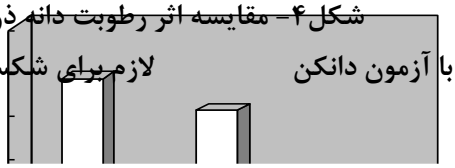
	نیروی لازم برای شکست ضریب تغییرات=۲۲/۲۶٪	جابجایی در نقطه شکست ضریب تغییرات=۲۴/۴۴٪	انرژی لازم برای شکست ضریب تغییرات=۲۹/۰۱٪
رقم ذرت	*n.s*	*n.s*	*n.s*
جهت قرارگیری	**	**	**
رقم * جهت قرارگیری	**	**	**

رطوبت	**	**	**
رقم * رطوبت	n.s	n.s	n.s
جهت قرارگیری * رطوبت	n.s	**	**
رقم * جهت قرارگیری * رطوبت	n.s	n.s	n.s

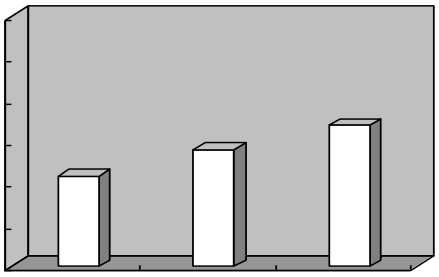
n.s: غیرمعنی دار، ** : معنی دار در سطح ۱ درصد.

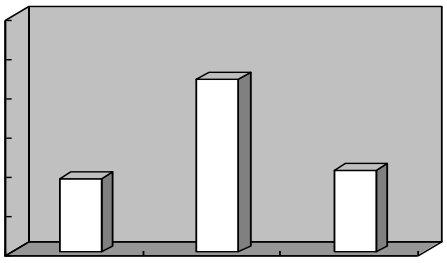


شکل۳- مقایسه تاثیر جهت قرارگیری دانه بر میانگین نیروی لازم برای شکست در سطح احتمال ۱٪ با آزمون دانکن

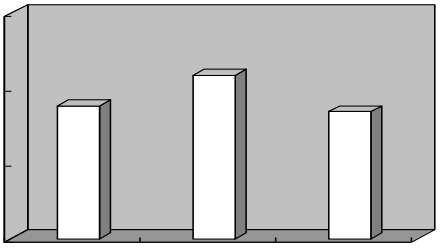


شکل۴- مقایسه اثر رطوبت دانه ذرت بر میانگین نیروی لازم برای شکست در سطح احتمال ۱٪ با آزمون دانکن

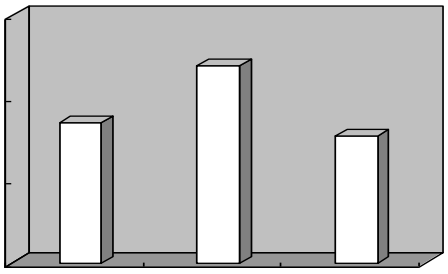




شکل۵- مقایسه اثر جهت قرارگیری دانه بر میانگین جابجایی در نقطه شکست در سطح احتمال ۱٪ با آزمون دانکن.



شکل۶- مقایسه اثر رطوبت دانه ذرت بر میانگین جابجایی در نقطه شکست در سطح احتمال ۱٪ با آزمون دانکن.



شکل۷- مقایسه تاثیر جهت قرارگیری دانه بر میانگین انرژی دانه ذرت بر میانگین انرژی

شکل۸- مقایسه تاثیر میزان رطوبت

لازم برای شکست در سطح احتمال ۱٪ با آزمون دانکن. **لازم برای شکست در سطح احتمال ۱٪ با آزمون دانکن.**

همانطوریکه از جدول ۷ وشکلهای ۳ تا ۸ مشخص است، جهت قرارگیری، تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بـر نیروی لازم برای شکست، جابجایی در نقطه شکست و انرژی لازم برای شکست داشته است بطوریکه برای شکستن دانه های ذرت در جهت H به بیشترین نیرو و در جهت L به کمترین نیرو نیاز بود. همچنـین جابجـایی در نقطـه شکست و انرژی لازم برای شکست در جهت L دارای بیشترین مقدار بودند. رطوبت نیز در سطح احتمال ۱٪ تـأثیر معنی‌دار بر خواص مکانیکی دانه ذرت داشته است که با یافته های سایر محققین مطابقت دارد (*Bilanski,1966* و *Zoerb et. al., 1960*). با افزایش رطوبت از ۱۵ به ۲۵ درصد نیروی لازم برای شکست کاهش و جابجایی در نقطه شکست افزایش می یابند. در ضمن بیشترین انرژی لازم برای شکست، در رطوبت ۲۰-۱۹ درصد بوده است.

با بکارگیری چنین اطلاعاتی می توان ضایعات ناشی از بارهای استاتیک را با روشهای زیر کاهش داد :

الف ـ طراحی اجزای ماشین به گونه ای صورت گیرد که نیروهای وارد بر ذرت به حداقل ممکن برسد که با توجه به شرایط مختلف (رقم ، جهت اعمال بار و رطوبت ذرت) می توان نیروی مجاز را از جداول ۵ تا ۷ استخراج نمود .

ب ـ انتخاب ارقامی از ذرت که بتوانند نیروهای بزرگتری را بدون داشتن آسیب دیدگی زیادی تحمل کنند. در ایـن رابطه، رقم ۷۰۰ *KSC* مقاوم ترین رقم ذرت معمول ایران در برابر بارهای استاتیک می باشد .

ج ـ برداشت و عملیات پس از برداشت زمانی انجام شود که مقاومت مکانیکی محصول به اندازه کافی باشد تا بتوانـد کمترین حساسیت را در برابر آسیب داشته باشد .باتوجه به نتایج حاصل از آزمایشـات فـوق، تمـامی ارقـام ذرت در رطوبت ۱۵-۱۴ درصد کمترین حساسیت را در برابر آسیب دارا بودند.

منابع

۱ - آراسته، ن.۱۳۷۳.تکنولوژی غلات، چاپ دوم، انتشارات آستان قدس رضوی.

۲ - افکاری سیاح، ا.ح و س .مینایی.۱۳۸۱.بررسی برخی از خواص مکانیکی دانه گندم وارتباط آن با سختی گندم .مجموعـه خلاصـه مقالات دومین کنگره ملی مهندسی ماشینهای‌کشاورزی و مکانیزاسیون، کرج.

۳ - بی نام.۱۳۷۹. بانک اطلاعات کشاورزی ایران، چاپاول، وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامـه ریـزی و بودجـه، اداره کـل آمـار و اطلاعات در امورکشاورزی.

4. ASAE Standards, 1999a. Compression test of food materials of convex shape. American society of Agricultural Engineers, ASAE. S368.3.

5. ASAE Standards, 1999b. Moisture measurement unground grain and seeds. American Society of Agricultural Engineers, ASAE. S352.2.

6. Bilanski, W.K, 1966. Damage resistance of seed grains. TRANS. ASAE, 9(3): 360-363.

7. Mohsenin, N.N. and H. Gohlich. 1962. Techniques for determination of mechanical properties of fruits and vegetables as related to design and development of harvesting and processing machinery. Journal of Agricultural Engineering Research, 7:300-315.

8. Zoerb, G.C. and C.W. Hall. 1960. Some mechanical and rheological properties of grains. Journal of Agricultural Engineering Research, 5(1):83-93.