Archive of SID

مهندسی بیوسیستم ایران، دورهٔ ۴۷، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۵ (ص۴۹۱-۴۸۵)

اثر رطوبت، سرعت بارگذاری و اندازه دانه بر برخی خواص مکانیکی دانه جو

آذین زند میرالوند[۱]*، منصور راسخ[۲]، عزت اله عسکری اصلی اردە[۳]

۱. کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه محقق اردبیلی

۲. دانشیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه محقق اردبیلی

۳. دانشیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه محقق اردبیلی

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۱۲- تاریخ تصویب :۱۳۹۵/۲/۲۹)

چکیده

در این تحقیق برخی خواص مکانیکی دانه جو شامل تغییر شکل در نقطه گسیختگی، نیروی گسیختگی، انرژی گسیختگی و چغرمگی در رطوبت‌های ۱۰/۵، ۱۲/۵، ۱۴/۵ و ۱۶/۵ درصد (W_{db}) و با سرعت‌های بارگذاری $mm.min^{-1}$ ۵، ۱۵، ۲۵ و ۳۵ و در ۳ اندازه دانه در آزمایش فاکتوریل در طرح پایه کاملا تصادفی با ۷ تکرار بررسی شد. نتایج نشان داد که اثر رطوبت بر نیروی گسیختگی، انرژی گسیختگی، تغییر شکل و چغرمگی در سطح احتمالی ۱٪ معنی‌دار است. همچنین اثر سرعت بارگذاری، بر تغییر شکل در سطح احتمالی ۱٪ معنی‌دار شد. اثر متقابل رطوبت و سرعت بارگذاری نیز بر تغییر شکل و چغرمگی در سطح احتمالی ۱٪ و بر نیروی گسیختگی و انرژی گسیختگی در سطح احتمالی ۵٪ معنی‌دار شد. بعلاوه با افزایش رطوبت تمامی پارامترهای مکانیکی مورد آزمایش افزایش داشته‌است و با افزایش اندازه دانه، مقادیر نیروی گسیختگی و تغییر شکل به صورت خطی افزایش داشته است.

واژه های کلیدی : آزمون فشاری، دانه جو، چغرمگی، خواص مکانیکی، نیروی گسیختگی

مقدمه

گیاه جو از دسته *Hordeum* و تیره *Triticeae* و از خانواده گرامینه می باشد. جنس *Hordeum* دارای ۳۲ گونه می باشد و در آسیای مرکزی و جنوب شرقی آسیا، شمال شرقی آمریکا، امریکای جنوبی، و مدیترانه تمرکز دارد. گیاه جو، علاوه بر اینکه در تغذیه دام به عنوان جیره ترکیبی و به خصوص به عنوان خوراک اصلی دام‌های مناطق سردسیری که امکان پرورش مناسب ذرت و سایر غلات نمی باشد، استفاده می شود، به صورت‌های مختلف (نان، غذاهای مناطق خاص و ...) در برنامه غذایی بشر نیز شرکت دارد و حتی در درمان تعدادی از بیماریها نیز مؤثر شناخته شده است. بنابر آمار فائو بیشترین تولید جو در ایران مربوط به سال ۲۰۱۰ با حدود ۳ میلیون و ۵۰۰ هزار تن می باشد که سطح زیر کشت در همین سال بیش از ۱۵۰۰ هزار هکتار بوده است و کشور ایران در سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۲ همواره مقام اول تا سوم را در میزان عملکرد، مقدار تولید و سطح زیر کشت به گیاه جو در بین کشورهای جنوب آسیا به خود اختصاص داده‌است (www.faoststst.FAO.org) که همین امر نشانگر ظرفیت بالای کشور ایران در کنترل وضعیت بازار منطقه می باشد.

اهمیت شناخت خواص مهندسی دانه جو در ایران از آنجا مشخص می‌شود که طبق آمار فائو در دو سال منتهی به ۲۰۱۲، گیاه جو دارای رتبه دوم در سطح زیر کشت و رتبه هشتم در میزان تولید می‌باشد. در ایران طی سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در مجموع ۲۸/۸ هزار تن بذر اصلاح شده جو تولید گردید و تمامی بذور آن در اختیار زارعین قرار گرفت که در این بین سهم بخش غیر دولتی حدود ۱۷۰۰۹/۶ تن معادل ۵۹ درصد از کل می‌باشد، که درمقایسه با مدت مشابه سال قبل از رشدی معادل ۱۵ درصد برخوردار است. (Anonymous, 2013).

اندازه گیری خواص مکانیکی دانه های غلات از دو جهت حائز اهمیت است، یکی امکان شناسایی بافت دانه که در راستای طبقه‌بندی آن صورت می‌گیرد و دیگری به دست آوردن اطلاعاتی که به بهینه سازی ماشین های برداشت و جابجایی دانه می‌انجامد (Rasekh*et al*, 2007). آن دسته از خواص فیزیکی و مکانیکی که به محتوای رطوبتی دانه بستگی دارد، برای طراحی ساختمان انبار و انتخاب تجهیزات انبار، حائز اهمیت می باشد(Oztürk and Esen, 2008). به منظور کسب نتایج مفید از آزمایش‌ها به صورت اطلاعات قابل درک و قابل استفاده در طراحی مهندسی، مطالعه بر روی منحنی نیرو-تغییر شکل حاصل از آزمون فشاریِ محصولات کشاورزی لازم و ضروری است. در تحقیقی(AfkariSayyah *et al*, 2009)، برای

*نویسنده مسئول : azin.zand.m@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

استخراج خصوصیات بافت یک دانه (به ویژه گندم)، از طریق روش‌های مکانیکی، روش بارگذاری به واسطه آن‌که بخش گسترده‌تری از حجم محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد،ترجیح داده شده است. در تحقیقی دیگر (Rasekh*et al*, 2007)، با مقایسه برخی خواص فیزیکی و مکانیکی گندم سن زده و سالم رقم سرداری، مناسب ترین رطوبت برای جداسازی دانه های سالم و سن زده بر اساس چغرمگی[1] ، رطوبت ۱۲٪ بر پایه تر تعیین شد. به علاوه آنها پارامتر چغرمگی را مناسب ترین عامل در تفکیک دانه‌های سن زده و سالم گندم رقم سرداری یافتند. همچنین در تحقیقی بر روی تأثیر رطوبت بر خواص مکانیکی دو رقم ذرت مشخص شد که با افزایش رطوبت، نیروی گسیختگی دانه های ذرت کاهش و انرژی گسیختگی افزایش می‌یابد (Seifi and Alimardani, 2010). با این حال، در زمینه تعیین و بررسی عوامل مؤثر بر خواص مکانیکی دانه جو، تحقیقات زیادی انجام نشده است. در تحقیقی بر روی مقایسه خواص مکانیکی و حرارتی دو رقم نصرت و کویر دانه جو ، مشاهدات حاکی از آن بود که با افزایش محتوای رطوبتی از ۷/۳٪ به ۲۱/۶٪، برای رقم نصرت و از ۶/۷٪ به ۲۱/۲٪ برای رقم کویر، نیروی گسیختگی کاهش و انرژی گسیختگی افزایش می‌یابد. همچنین نیروی گسیختگی رقم نصرت بیشتر از رقم کویر بدست آمد (NouriJangi *et al*, 2011). در تحقیقی دیگر، با بررسی اثر رطوبت، سرعت بارگذاری و اندازه دانه بر مقاومت گسیختگی دانه جو، دریافتند که بیشترین انرژی گسیختگی جذب شده توسط دانه در رطوبت ۲۱/۵۸٪ و تحت بار افقی با سرعت $5mm.min^{-1}$ و برابر ۷۸/۲۴mJ، و کمترین آن در رطوبت ۷/۳۴٪، تحت بار عمودی و با سرعت $10mm.min^{-1}$ بدست می آید. هم‌چنین معلوم شد که مقاومت به گسیختگی و توانایی تغییر شکل دانه های جو، با افزایش محتوای رطوبتی، به ترتیب کاهش و افزایش می یابد (Tavakoli *et al*, 2009). بعلاوه در تحقیقی بر روی خواص هندسی و مکانیکی دانه جو، در سطوح رطوبتی ۱۲/۵ تا ۱۵/۵٪ ، مقادیر جابجایی، نیرو و انرژی گسیختگی مورد نیاز کمتری برای رقم *Mauritia* نسبت به رقم *Prestige* مشاهده شد (Markowski *et al*, 2010). در تحقیقی دیگر، به تعیین خواص مکانیکی ۳ رقم دانه سویا (هیل، پرشینگ و گرگان۳) در بارگذاری شبه استاتیک در ۳ سطح رطوبتی (۱۰، ۱۲ و ۱۴٪ بر پایه خشک) و ۳ سطح دمایی (۵۰، ۶۰، ۷۰ درجه سلسیوس) تعیین و نتیجه‌گیری شد که با افزایش رطوبت از ۱۰ به ۱۴٪، مقدار نیرو و انرژی گسیختگی به ترتیب از ۴۷/۵N و ۱۰mJ به ۸۲N و ۵۶mJ افزایش یافت (Alami*et al*,2009). همچنین در تحقیقی دیگر، با مطالعه اثر رطوبت، جهت و سرعت بارگذاری بر خواص مکانیکی پنبه دانه رقم ورامین، دریافتند که رطوبت و جهت بارگذاری در سطح احتمال ۱٪ بر کلیه خواص مکانیکی اثر معنی دار دارند و با افزایش رطوبت، انرژی لازم برای گسیختگی و چغرمگی افزایش می یابد، در حالیکه تغییر شکل در نقطه گسیختگی، کاهش می یابد، همچنین در این تحقیق اثر متقابل رطوبت و جهت بارگذاری برای تغییر شکل در نقطه گسیختگی در سطح احتمال ۵٪ معنی دار شده است (Asadzadeh *et al*, 2012).

هدف از این تحقیق تعیین خواص مکانیکی دانه جو شامل نیروی گسیختگی، تغییر شکل در نقطه گسیختگی، انرژی گسیختگی و چغرمگی دانه و بررسی تاثیر رطوبت، سرعت بارگذاری و اندازه دانه بر این خواص مکانیکی می باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور انجام این آزمایش، ابتدا ۱۵ کیلوگرم دانه جو پاک نشده و ناخالص رقم پرتو به آزمایشگاه خواص بیوفیزیک گروه ماشین های کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی منتقل شد، پس از تمیز کردن و حذف ناخالصی شامل بذور علف هرز و دانه های شکسته و سنگ و ...، ۵ نمونه ۱۰ گرمی توسط ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین و مطابق با استاندارد ASAE 2007 رطوبت اولیه محصول تعیین شد. محتوای رطوبت مبنا بر پایه خشک (M_d[2]) طبق رابطه ۱ به دست آمد (Stroshine, 1998). این مقدار برابر با ۱۰/۵٪ محاسبه شد. با توجه به اینکه دانه جو در رطوبت حدود ۱۷٪ برداشت شده و دانه برای انجام عملیات پس از برداشت عملاً در محدوده رطوبتی پایین‌تر از این مقدار (تا حدود ۱۰٪) نگهداری می‌شود، بنابراین برای تهیه ۳ نمونه با درصد رطوبت ۱۲/۵٪، ۱۴/۵٪ و ۱۶/۵٪ اقدام شد. برای این منظورابتدا ۳ نمونه با وزن تقریبی ۱۷۰۰ گرم انتخاب شد که بسته به درصد رطوبت مطلوب، میزان آب مورد نیاز برای اضافه کردن به نمونه برای حصول به رطوبت مورد نظر از رابطه ۲ به دست آمد (Tavakoli*et al*, 2009) :

$$M_d = 100 \times \frac{W_w}{W_d} \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

$$G = \frac{W(M_f - M_d)}{100 - M_f} \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

که در روابط ۱ و ۲، M_d رطوبت مبنای نمونه بر پایه

1.Toughness

2.Dry based moisture content

www.SID.ir

Archive of SID

خشک (٪)، W_w وزن رطوبت نمونه (gr)، W_d وزن نمونه خشک (gr)، W وزن نمونه (gr)، M_fرطوبت مورد نیاز، و G مقدار آب لازم برای اضافه کردن به نمونه برای دستیابی به رطوبت مورد نظر محصول است. پس از اضافه کردن مقدار آب لازم به هر نمونه ۱۷۰۰ گرمی، به منظور توزیع یکنواخت رطوبت در تمامی دانه‌ها، نمونه ها به مدت ۷۲ ساعت در یخچال با دمای ۱±۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند و سپس آزمایشهای لازم انجام شد. برای تعیین خواص مکانیکی، آزمونهای فشاری با استفاده از دستگاه آزمایش کشش- فشار مدل STM-20 ساخت شرکت طراحی مهندسی سنتام انجام شد. این دستگاه مجهز به بارسنج BONGSHIN مدل DBBP-100 با ظرفیت ۱۰۰kgf و یک جفت فک ثابت (فک پایین) و متحرک (فک بالا) و به صورت مسطح بود. برای اجرای آزمون فشاری، دانه‌های جو، هرکدام به صورت افقی در جهت عرض دانه و با شرایط بارگذاری یکسان بین دو فک قرار گرفت. سپس دستور شروع آزمون توسط نرم افزار مرتبط و از طریق رایانه متصل به دستگاه صادر می شد. همچنین با شنیدن صدای شکستن دانه یا مشاهده کاهش نیروی گسیختگی در نمودار نیرو- تغییر شکل که این نمودار همزمان با اجرای آزمایش توسط نرم افزار رسم می شد، دستور توقف آزمایش توسط رایانه به دستگاه داده می شد. پس از انجام هر آزمایش نمودار نیرو- تغییر شکل بارگذاری و داده‌های متناظر نیرو و تغییر شکل در نرم افزار اکسل ذخیره شدند. در نقطه‌ای که گسیختگی در آن ایجاد می‌شد، نیروی گسیختگی و تغییر شکل در نقطه گسیختگی مستقیما با استفاده از نمودار نیرو- تغییر شکل و داده‌های متناظر نیرو- تغییر شکل ذخیره شده تعیین شدند (شکل ۱). مختصات نقطه بیشینه یا ماکزیمم نمودار (نقطه A در شکل ۱) نشان دهنده مقادیر نیروی گسیختگی و تغییر شکل در نقطه گسیختگی دانه می‌باشد.

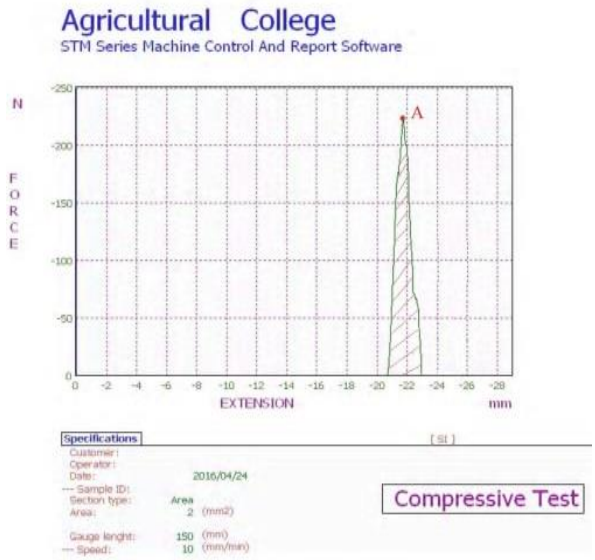
انرژی گسیختگی دانه با محاسبه مساحت زیر منحنی نیرو-تغییر شکل از نقطه شروع بارگذاری تا نقطه گسیختگی دانه محاسبه شده است (Karaj and Muler, 2010). مساحت سطح هاشورخورده در شکل ۱، میزان انرژی گسیتخگی دانه در نقطه گسیختگی را تعیین می‌کند.چغرمگی دانه جو با توجه به رابطه (۳) از تقسیم انرژی گسیختگی بر حجم دانه جو بدست آمده است (Sitkei, 1986).

$$T_n = \frac{E}{V} \quad \text{(رابطه۳)}$$

در رابطه ۳، T_n، چغرمگی دانه جو (E؛(mJ/mm^3، انرژی گسیختگی دانه (V؛(mJ: حجم دانه (mm^3) می‌باشد.حجم دانه جو از رابطه (۴) به دست آمده است (Mohsenin, 1987):

$$V = \frac{4}{3}\pi abc \quad \text{(رابطه۴)}$$

در رابطه ۴، a، b و c به ترتیب طول، عرض و ضخامت دانه جو (mm) است. تجزیه واریانس نتایج در آزمایش فاکتوریل در طرح پایه کاملا تصادفی و در ۷ تکرار انجام شد. مقایسه میانگین‌های سطوح مختلف تیمارها با آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن و با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد. متغیرهای مستقل شامل ۴ محتوای رطوبتی (۱۰/۵، ۱۲/۵، ۱۴/۵ و ۱۶/۵٪ بر پایه خشک)، ۳ اندازه دانه کوچک (کمتر از ۰/۰۵ گرم)، متوسط (۰/۰۵-۰/۰۵۷ گرم) و بزرگ (بیشتر از ۰/۰۵۷ گرم) و ۴ سرعت بارگذاری (۵، ۱۵، ۲۵ و ۳۵ میلی‌متر بر دقیقه) است.



شکل۱. نمودار نیرو-تغییرشکل (بارگذاری دانه جو، در سرعت آزمایشی $10 mm.min^{-1}$ و رطوبت پایه)

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل اندازه دانه، سرعت بارگذاری و رطوبت بر خواص مکانیکی دانه جو در جدول ۱ نشان داده شده است.

همانطور که در جدول ۱ نشان داده شده است، اثر اصلی رطوبت بر تغییر شکل در نقطه گسیختگی، نیروی گسیختگی، انرژی گسیختگی و چغرمگی دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شده است. اثر اصلی اندازه دانه بر تغییر شکل در نقطه گسیختگی، نیروی گسیختگی و انرژی گسیختگی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شده است. اما بر چغرمگی دانه معنی دار نشده است. همچنین اثر سرعت بارگذاری بر تغییر شکل در نقطه گسیختگی در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شده است .

www.SID.ir

Archive of SID

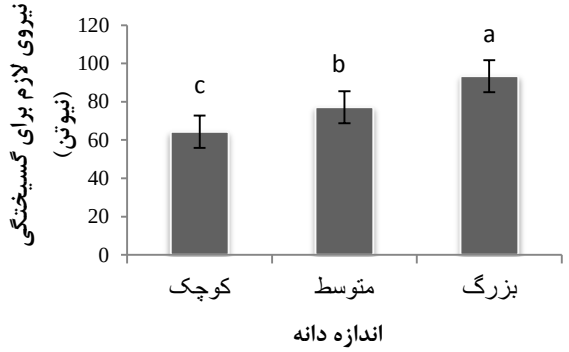
جدول۱. نتایج تجزیه واریانس خواص مکانیکی دانه جو

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		نیروی گسیختگی (N)	تغییر شکل در نقطه گسیختگی (mm)	انرژی گسیختگی (mJ)	چغرمگی ($mJ.mm^{-1}$)
سرعت بارگذاری	۳	۸۵۷/۰۰۵^{ns}	۰/۴۳۸**	۱۸۵/۹۱۶^{ns}	۰/۰۶۸^{ns}
رطوبت دانه	۳	۷۴۰۳۳/۱۶۱**	۰/۷۶۶**	۸۹۴۹/۱۴۶**	۴/۵۳۴**
سرعت بارگذاری و رطوبت	۹	۱۷۲/۸۷۳*	۰/۰۷**	۳۴۱/۵۱۰*	۰/۱۸۵**
اندازه دانه	۲	۲۳۷۴۲/۰۷۵**	۰/۲۳۸**	۳۳۶۸/۲۷۲**	۰/۰۵۴^{ns}
سرعت بارگذاری و اندازه دانه	۶	۳۴۲/۸۸۴^{ns}	۰/۰۱۴^{ns}	۱۰۷/۸۸۷^{ns}	۰/۰۴۲^{ns}
رطوبت و اندازه دانه	۶	۷۳۳/۶۶۷^{ns}	۰/۰۲۸^{ns}	۲۹۲/۳۳۸^{ns}	۰/۱۱۹^{ns}
سرعت بارگذاری، رطوبت و اندازه دانه	۱۸	۳۳۸/۷۷۹^{ns}	۰/۰۳۶^{ns}	۶۹/۴۸۱^{ns}	۰/۰۴۴^{ns}
خطا	۲۸۸	۷۲۳/۱۸۳	۰/۰۲۸	۱۶۳/۸۲۷	۰/۰۶۶
کل	۳۳۵				
C.V.		٪۳۴/۳۶	٪۲۶/۶۴	٪۶۱/۴۰	٪۵۵/۸۱

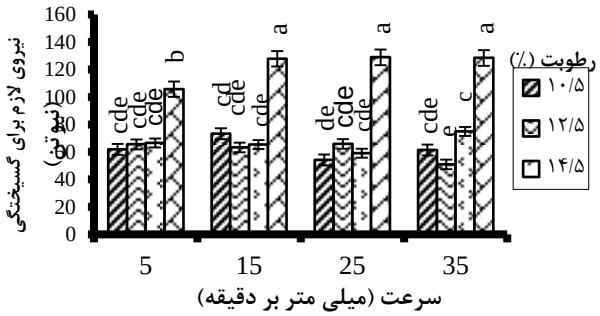
** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، * معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و $^{n.s}$: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

در تحقیق (Karaj and Muler, 2010) اثر معنی‌داری از افزایش اندازه دانه بر مقدار میانگین تغییر شکل و نیروی گسیختگی بذر .Jatrophacurcas L به‌ترتیب درسطح احتمالی ۱٪ و ۵٪ به دست آورده‌است. در نتایجی مشابه، نیزاثرمعنی‌داری از افزایش رطوبت درمحدوده رطوبتی ۷/۳۴ تا ۲۱/۵۸ درصد بر پایه خشک بر مقدار نیروی گسیختگی و انرژی گسیختگی دانه جو درسطح احتمالی ۵٪ پیدا شد (Tavakoli*et al*,2009). هم‌چنین (Rasekh and Asadzadeh, 2012)، نیز اثر معنی‌داری از افزایش رطوبت در محدوده رطوبتی ۷/۱۷ تا ۱۳ درصد برپایه خشک بر نیروی گسیختگی پنبه‌دانه رقم ورامین در سطح احتمالی ۱٪ به دست آوردند. در تحقیق دیگری اثر افزایش رطوبت از ۷/۳ تا ۲۱/۶ درصد (بر پایه خشک) بر مقادیر میانگین انرژی گسیختگی در سطح احتمالی ۵٪ معنی‌دار شد (NouriJangi*et al*, 2011). در یک پژوهش ، اثر افزایش رطوبت بر مقدار چغرمگی دانه گندم رقم سرداری سن زده و سالم در سطح احتمالی ۵٪ معنی‌دار شد (Rasekh*et al*, 2007).

در شکل‌های ۲ و۳ به‌ترتیب نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی اندازه دانه بر نیروی گسیختگی و نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سرعت بارگذاری و رطوبت دانه بر نیروی گسیختگی نشان داده شده است.



شکل۲). نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی اندازه دانه بر نیروی گسیختگی (LSD=۹/۳۱۸)



شکل۳). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سرعت بارگذاری و رطوبت دانه بر نیروی گسیختگی (LSD=۱۶/۳۳)

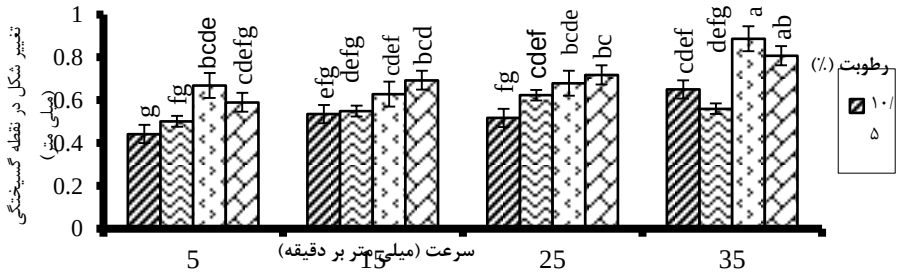
از شکل شماره ۲ مشخص میشود با افزایش اندازه دانه نیروی گسیختگی افزایش می یابد به طوریکه کمترین مقدارآن برای اندازه کوچک دانه جو برابر با ۶۴/۳ نیوتن و بیشترین مقدار آن برای اندازه بزرگ دانه جو برابر با ۹۳/۳۶ نیوتن است. و بین هر سه اندازه دانه از نظر نیروی گسیختگی اختلاف معنی‌دار وجود دارد. بعبارتی دانه‌های بزرگتر، به دلیل استحکام بیشتر به نیروی گسیختگی بیشتری نیاز دارند. در تحقیق (Karaj and Muler, 2010) نیز افزایش نیروی گسیختگی با افزایش در اندازه دانه.*Jatrophacurcas L* گزارش شد. دلیل کاهش نیروی گسیختگی با اندازه دانه این است که دانه‌های بزرگ بدلیل تغذیه کامل مواد توسط دانه و رشد کامل، نیروی گسیختگی زیادی دارند و با توجه به اینکه دانه‌های کوچک اغلب رشد کافی

www.SID.ir

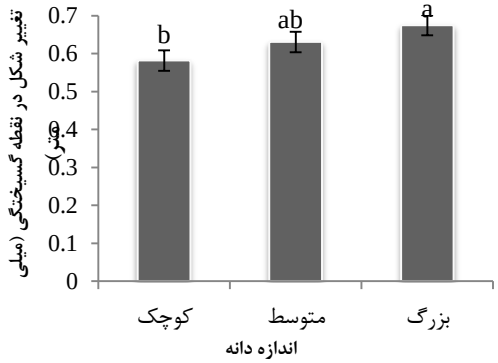
Archive of SID

نداشته لذا نیروی گسختگی کمتری دارند. همچنین از شکل شماره ۳ مشخص می شود کمترین مقدار نیروی گسیختگی مربوط به سرعت بارگذاری ۳۵ میلیمتر بر دقیقه و رطوبت ۱۲/۵ درصد برابر با ۵۰/۸۹ نیوتن و بیشترین مقدار نیروی گسیختگی در سرعت بارگذاری ۲۵ میلیمتر بر دقیقه و رطوبت ۱۶/۵ درصد برابر با ۱۲۸/۹ نیوتن است. بعلاوه با افزایش سرعت بارگذاری نیروی گسیختگی افزایش می یابد.

در شکل‌های شماره۴ و ۵ به ترتیب نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی اندازه دانه و اثر متقابل سرعت بارگذاری × رطوبت دانه بر تغییر شکل در نقطه گسیختگی نشان داده شده است.



شکل۵. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سرعت بارگذاری و رطوبت دانه بر تغییرشکل در نقطه گسیختگی (LSD =۰/۱۳۳۹)



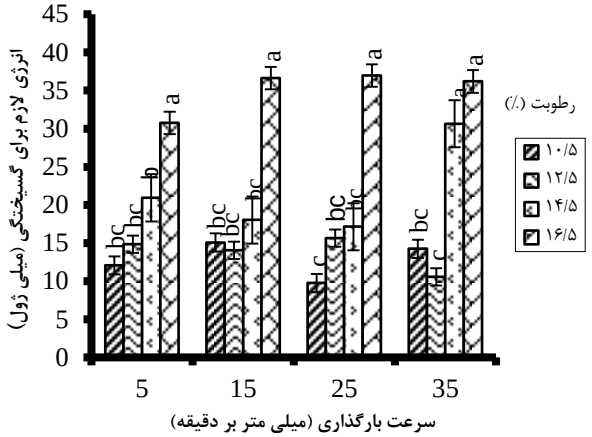
شکل۴. نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی اندازه دانه بر تغییر شکل در نقطه گسیختگی (LSD =۰/۰۵۷۸۹)

همان‌طورکه در شکل ۴ مشاهده می‌شود مقادیر میانگین تغییر شکل در نقطه گسیختگی در دانه‌های با اندازه‌های کوچک و بزرگ، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند.کمترین مقدار تغییر شکل در نقطه گسیختگی دردانه‌هایی با اندازه کوچک وبرابر با ۰/۵۸۲ میلی‌متر و بیشترین آن در دانه‌هایی با اندازه بزرگ و برابر با ۰/۶۵۷ میلی‌متر می‌باشد. در دانه‌های با اندازه کوچک‌تر، به دلیل ضخامت کمتر دانه و در نتیجه مقاومت کمتر، عمل گسیختگی در مقادیر کمتر تغییر شکل اتفاق می‌افتد و با توجه به شکل ۵ مشخص می شود با افزایش سرعت بارگذاری تغییر شکل در نقطه گسیختگی نیز افزایش می‌یابد. بیشترین تغییرشکل در نقطه گسیختگی دررطوبت ۱۴/۵٪ و سرعت $35mm.min^{-1}$ و کمترین تغییرشکل در رطوبت ۱۰/۵٪ و سرعت $5mm.min^{-1}$ رخ می‌دهد. بدیهی است که با افزایش رطوبت، بافت دانه حجیم‌تر شده و رطوبت داخل بافت دانه جو باعث می‌شوند تا محصول دیرتر شکسته شود. همین امر موجب افزایش در مقدار تغییر شکل دانه می‌شود.

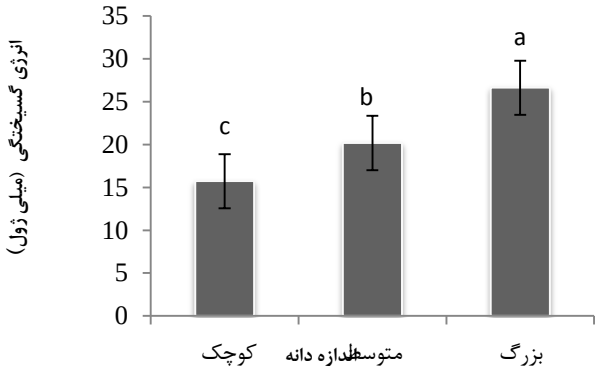
در شکل های ۶ و ۷به ترتیب نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی اندازه دانه و نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سرعت بارگذاری و رطوبت دانه بر انرژی گسیختگی دانه جو نشان داده شده است

www.SID.ir

Archive of SID



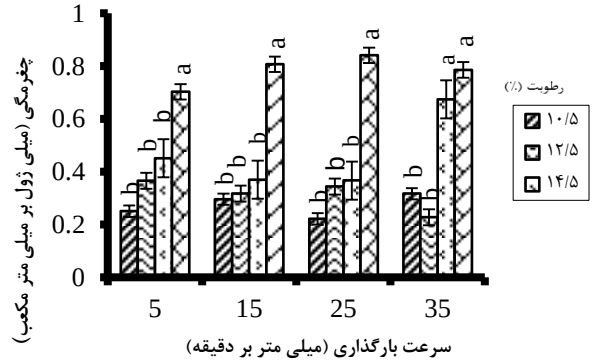
شکل۷). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سرعت بارگذاری و رطوبت دانه بر انرژی گسیختگی (LSD=۷/۷۷۵)



شکل۶) نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی اندازه دانه بر انرژی گسیختگی (LSD=۴/۴۳۵)

همان‌طور که در شکل ۶ مشخص است انرژی گسیختگی با افزایش اندازه دانه، از ۱۵/۷۳mJ تا ۲۶/۶۳mJ افزایش می یابد. در پژوهش (Karaj and Muler, 2010) نیز اثر صعودی انرژی گسیختگی دانه *Jatrophacurcas* L. در اثر افزایش دانه مشاهده شد. این افزایش، با توجه به تغییر کیفیت بافت دانه در اثر بزرگتر شدن آن کاملاً توجیه پذیر است. با توجه به شکل شماره ۷، می توان نتیجه گرفت که مقادیر میانگین انرژی گسیختگی در رطوبت یکسان و سرعت‌های مختلف اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند در حالیکه همین اختلاف در سرعت یکسان و رطوبت‌های مختلف مورد آزمایش معنی‌دار است که با توجه به معنی‌دار نشدن اثر تکی سرعت بارگذاری و معنی‌دار شدن اثر تکی رطوبت در سطح احتمالی ۱٪ بر انرژی گسیختگی این نتایج منطقی به نظر می‌رسد. بیشترین مقدار میانگین انرژی گسیختگی در رطوبت ۱۶/۵٪ و سرعت بارگذاری ۲۵ میلی‌متر بر دقیقه و کمترین مقدار میانگین انرژی گسیختگی در رطوبت ۱۰/۵٪ و سرعت بارگذاری ۲۵ میلی‌متر بر دقیقه به دست آمده‌است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت بیشترین اختلاف معنی‌دار بین مقادیر میانگین انرژی گسیختگی در رطوبت‌های مختلف در سرعت ۲۵ میلی‌متر بر دقیقه وجود دارد. همچنین از شکل شماره ۷ معلوم می شود در اکثر موارد با افزایش محتوای رطوبتی دانه، انرژی گسیختگی دانه افزایش داشته است و این مورد مخصوصا در رطوبت ۱۶/۵ درصد کاملا مشهود است. علت افزایش انرژی گسیختگی با افزایش رطوبت دانه این است که طبق شکل ۵ با افزایش رطوبت دانه تغییر شکل در نقطه گسیختگی و طبق شکل ۳ با افزایش رطوبت دانه انرژی گسیختگی دانه افزایش می یابد و با توجه به اینکه انرژی گسیختگی ارتباط مستقیم با نیروی گسیختگی و تغییر شکل در نقطه گسیختگی دارد لذا افزایش انرژی گسیختگی با افزایش رطوبت دانه مورد انتظار است.

در شکل شماره ۸ نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دو تایی سرعت بارگذاری و رطوبت دانه بر چغرمگی دانه جو نشان داده شده است.



شکل۸). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سرعت بارگذاری و رطوبت دانه بر چغرمگی (LSD=۰/۲۰۵۶)

در شکل ۸ مشخص است چغرمگی دانه جو در سرعت‌های بارگذاری ۵، ۱۵ و ۲۵ میلی متر بر دقیقه در سطوح رطوبتی ۱۰/۵ تا ۱۴/۵ درصد اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند اما با

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش رطوبت به ۱۶/۵٪ این اختلاف معنی دار شده است و در محتوای رطوبتی ۱۶/۵ درصدچغرمگی دانه افزایش قابل ملاحظه ای داشته است. البته در اکثر موارد نیز با افزایش سرعت بارگذاری چغرمگی افزایش داشته است. به طور کلی مشاهده می‌شود تغییر سرعت بارگذاری اثری بر چغرمگی دانه در رطوبت ۱۶/۵٪ نداشته است و بیشترین اثر به تغییر رطوبت از ۱۴/۵٪ به ۱۶/۵٪ در سرعت های ۵، ۱۵ و ۲۵ میلی‌متر بر دقیقه مربوط می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق می توان نتیجه گرفت با افزایش اندازه دانه، خواص مکانیکی مورد مطالعه دانه جو افزایش می‌یابد، همچنین با افزایش اندازه دانه، سرعت بارگذاری و محتوای رطوبتی میانگین تغییر شکل در نقطه گسیختگی افزایش می‌یابد. هرچند اثر اصلی سرعت بارگذاری بر مقادیر میانگین انرژی گسیختگی و چغرمگی معنی‌دار نشده‌است، اما با توجه به معنی‌داری اثر متقابل سرعت بارگذاری و رطوبت دانه، سرعت بارگذاری بهینه برای انجام عملیات برداشت و پس از برداشت $۲۵mm.min^{-1}$ با رعایت حداقل محتوای رطوبتی ممکن (۱۰/۵٪) می‌باشد. به طور کلی انجام عملیات در محتوای رطوبتی پایین‌تر باعث کاهش نیروی گسیختگی و تغییر شکل در نقطه گسیختگی می‌شود.

REFERENCES

AfkariSayyah .A.H, Minaei .S, Sahari .M.A. (2009). Investigation on factors which effect on grain mechanical properties, as an index of wheat hardness. 16th national congress of Iran Food Industry, Gorgan University of agricultural science and natural resources, Gorgan Province, Iran. (In Farsi)

Alami .H. Khoshtaqaza .M. Minaiee .S. (2009).Definition of mechanical properties of soy bean seed in a quasi- static load.Science and food industries of Iran magazine. 6 (2), 124-130. (In Farsi)

Asadzadeh .A.H, Rasekh .M, Afkari .A.H. (2012). Effects of moisture content, loading direction and loading rate on mechanical properties of cotton seed (Varamin Varity), 7th national congress of Agricultural machinery and mechanization, Shiraz University, Iran. (In farsi)

ASAE D245.6 W/Corr. 1, October. (2007). Moistur relationships of plant-based agriculture products American society of agriculture and biological engineers publication.

Anonymous. (2007). ASAB EP 379.4, American Society of Agricultural and Biological Engineers, USA.

Anonymous. (2010). Agriculture Database of FAO-STAT. Available on the http:// FAOSTAT. FAO. ORG

Anonymous. (2013). I. R. Iran Agricultural Ministry.Scheduled program of wheat seed production. (In Farsi)

Karaj .S., Müller .J. (2010). Determination of physical, mechanical and chemical properties of seeds and kernels of Jatrophacurcas L. Ind. Crops Prod.: 1-10.

Markowski .M, Majewska .K, Kwiatkowski .D, Malkowski .M, Burdylo .G. (2010). Selected geometric and mechanical properties of barley (HordeumVulgare L.) grains. International journal of food properties, 13(4): 890-905.

Mohsenin, N. N. (1978). Physical Properties of plant and animal material.1st edition.Gordon and Breach, New York, NY.

Nourijangi .A, Mortazavi .S.A., Tavakoli .M, Ghanbari .A, Tavakolipor .H, Haghayegh .G.H. (2011).Comparision of mechanical and thermal properties between two varieties of barley (HardeumVulgare L.) grains. Australian journal of agricultural engineering, 2 (5): 132-139.

Öztürk .T and Esen .B. (2008). Physical and mechanical properties of barley. Agricultural tropical Et subtropical, 41(3): 117-121.

Rasekh.M, Firouzabadi .B, Minaei .S, AfkariSayah .A.H, Asghari .A. (2007). Comparison of some physical and mechanical properties of Sound and Sunn pest-damaged wheat kernel of Salary variety.Science and food industries of Iran magazine. 4 (3): 21-30. (In Farsi)

Rasekh .M. Asadzadeh .A.H. (2012). Investigation of mechanical properties of cotton seed under quasi-static load.(Varamin Varity), 7th national congress of Agricultural machinery and mechanization, Shiraz University, Iran. (In Farsi)

Seifi. M.R., Alimardani. R. (2010). Comparison of moisture-dependent physical and mechanical properties of two varieties of corn (Sc 704 and Dc 370). Australian Journal of Agricultural Engineering, 1 (5): 170-178.

Sitkei, G. (1986). Mechanics of agricultural materials. Translated by S. Bars. Elsevier Science Publishers, New York.

Stroshine .R. (1998). Physical properties of agricultural materials and food products.Department of agricultural biological engineering.Purdue University.West Lafaya, Indiana.

Tavakoli .H, Mohtasebi .S.S., Rajabipour .A, Tavakoli .M. (2009). Effect of moisture content, loading rate and grain orientation on fructure resistance of barley grain.Research in agricultural engineering, 55: 85-93.

www.SID.ir