

# مقایسه برخی خواص فیزیکی و مکانیکی گندم سن زده و سالم رقم سرداری

منصور راسخ<sup>۱\*</sup>، بهار فیروزآبادی<sup>۲</sup>، سعید مینایی<sup>۳</sup>، امیر حسین افکاری سیاح<sup>۴</sup>،  
علی اصغری<sup>۵</sup>

- ۱- استادیار گروه ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی
- ۲- استادیار مهندسی مکانیک (تبدیل انرژی)، دانشکده مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف
- ۳- دانشیار گروه ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
- ۴- استادیار گروه ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی
- ۵- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی

## چکیده

اندازه گیری خواص مکانیکی دانه های غلات از دو جهت حائز اهمیت است. یکی امکان شناسایی دقیقتر بافت دانه گندم که در راستای طبقه بندی آن صورت می گیرد و دیگری بدست آوردن اطلاعاتی که به بهینه سازی ماشین های برداشت و جابجایی دانه می انجامد. در این راستا تحقیق حاضر برای اولین بار روی رقم گندم سرداری انجام پذیرفت. کلیه آزمایش ها با لحاظ چهار سطح از میزان رطوبت و دو نوع گندم سالم و سن زده در ۲۰ تکرار، جمعاً به تعداد ۱۶۰ آزمایش با کمک دستگاه آزمون کشش / فشار تحت بارگذاری شبه - استاتیکی انجام گرفت. نتایج این تحقیق مشخص نمود که می توان بر اساس میزان مقاومت مکانیکی، تک دانه های گندم سن زده را از دانه های گندم سالم شناسایی و در صورت نیاز جدا نمود. مناسب ترین رطوبت برای جداسازی بر مبنای چگرمگی رطوبت ۱۲٪ و بر مبنای نیروی بیشینه رطوبت ۱۴٪ بر پایه تر می باشد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که دو نوع گندم سالم و سن زده در هر سه صفت مورد مطالعه شامل چگرمگی، نیروی بیشینه و زاویه منحنی، با هم اختلاف معنی دار داشتند بطوریکه میزان نیروی بیشینه مورد نیاز برای گسیختگی دانه سالم به مراتب بیش از دانه سن زده بوده در حالیکه دانه های سن زده به مراتب چگرمه تر از دانه های سالم بودند. این پدیده عمدتاً ناشی از بافت پوک دانه سن زده می باشد بطوریکه کرنش بیشینه در آن بیش از دو برابر دانه های سالم می باشد. از میان پارامترهای مکانیکی که از آزمون فشاری حاصل می گردد، شامل: نیروی بیشینه، شیب منحنی از مبدا و چگرمگی، مشخص گردید که پارامتر چگرمگی مناسب ترین عامل در تمایز قایل شدن بین دانه های سن زده و سالم می باشد. نتایج این پژوهش همچنین نشان داد که نیروی بیشینه و کمترین نیروی مورد نیاز برای شکست دانه گندم سن زده به ترتیب معادل ۹۰/۶ و ۷/۳۵ نیوتن می باشد، در حالیکه برای دانه های گندم سالم این مقادیر به ترتیب معادل ۱۲۱/۸ و ۲۸/۳۴ نیوتن می باشند. بر اساس نتایج هیچ نوع اختلاف معنی داری بین گندم های سالم و سن زده از لحاظ پارامترهای فیزیکی وجود ندارد.

**کلیدواژگان:** گندم، سن گندم، خواص مکانیکی، آزمون فشاری، رقم سرداری

## ۱- مقدمه

گندم یکی از مهمترین محصولات کشاورزی است که در جیره غذایی سه چهارم مردم جهان قرار دارد [۱]. به همین علت در طول بیش از هفت دهه، تحقیقات بسیاری با هدف تولید بیشتر و فرآوری بهترین محصول انجام شده است. در این میان، تعیین خصوصیات کیفی گندم، به ویژه به دلیل تأثیر آن بر کیفیت محصول نهایی (مخصوصاً نان) از جایگاه خاصی

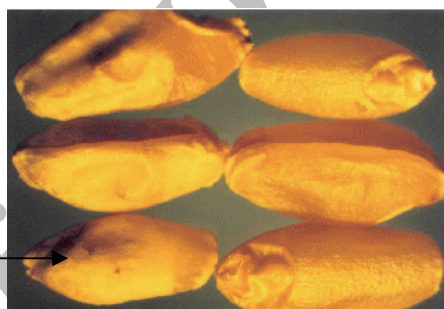
\* مسئول مکاتبات: rasekhm@noavar.com

۵۰۰ سیکل بر دقیقه نوسان می‌کند. دامنه نوسان میز دستگاه از ۵ تا ۱۱ میلی‌متر قابل تنظیم است. میز در دو جهت طولی و عرضی شیب‌دار است. شیب طولی از ۳ تا ۵ درجه و شیب عرضی از ۰/۵ تا ۲ درجه قابل تنظیم است. از زیر میز جریان هوا با سرعت ۵ تا ۱۰ متر بر ثانیه به طرف بالا دمیده می‌شود. تأثیر پارامترهای فوق‌الذکر در جداسازی گندم سن‌زده مورد بررسی قرار گرفت و معلوم شد در شیب طولی ۳ درجه، شیب عرضی ۲ درجه، فرکانس نوسان ۴۵۰ سیکل بر دقیقه و سرعت هوای برابر با ۸ متر بر ثانیه دستگاه بهترین کارایی را دارد. از آنجاکه در گندم سن‌زده بخشی از آندوسپرم دانه بواسطه تأثیر مواد ترشح شده از آفت تغییر ماهیت می‌دهد لذا تغییر بافت بخش داخلی دانه کاملاً محسوس است. در حال حاضر یکی از روش‌های مناسب برای تشخیص تغییرات بافت در محصولات کشاورزی بررسی رفتار محصول از لحاظ تغییر شکل نسبت به نیروی اعمال شده می‌باشد [۱۰]. این مسئله بویژه با گسترش استفاده از سیستم‌های SKCS<sup>®</sup> در کارخانه‌های تولید آرد گندم از اهمیت برخوردار خواهد بود. پیش از این تحقیقات متعددی [۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴] با هدف استخراج شاخص سختی تک دانه گندم از طریق بارگذاری فشاری دانه کامل گندم انجام گرفته و مشخص شده است که می‌توان سختی تک دانه گندم را از برخی مشخصات منحنی نیرو - تغییر شکل دانه بدست آورد. همچنین بر مبنای مطالعات قبلی مشخص شد در صورتیکه فاکتور اندازه دانه تحت کنترل قرار گیرد می‌توان شاخص سختی گندم را با کمک یک رابطه خطی از برخی مشخصات شکل منحنی نیرو- تغییر شکل، به ویژه ضریب کشسانی و نیز برخی خصوصیات مکانیکی وابسته به زمان دانه گندم، همچون نسبت کاهش نیرو حاصل از آزمایش تنش آسایی بدست آورد [۱۵ و ۱۶]. بر این اساس هدف از این پژوهش عبارت است از بررسی امکان جداسازی گندم‌های سن‌زده از نمونه‌های سالم به صورت تک دانه از طریق مقایسه منحنی نیرو-تغییر شکل دانه، تحت بارگذاری شبه استاتیکی.

برخوردار بوده است. سن گندم یکی از آفت‌های عمومی در کشور است که در اغلب مناطق گندمکاری پراکنده است و سالانه درصد بالایی از گندم تحت تأثیر این آفت قرار می‌گیرند [۲] و متأسفانه مقادیر قابل ملاحظه‌ای از گندم سن‌زده روانه کارخانه‌های آرد می‌گردد. با کشت انواع گندم‌های زودرس و یا برداشت گندم یک یا دو هفته زودتر از موقع معمول می‌توان درصد سن‌زدگی محصول را کاهش داد. سن گندم علاوه بر کاهش کمی بر کیفیت محصول نیز تأثیر منفی می‌گذارد. چنانچه از گندم سن‌زده برای تهیه بذر یا در تولید نان استفاده شود مشکلات عدیده‌ای مانند کاهش کیفیت نان و قوه نامیه گندم‌های بذری تولید شده پیش خواهد آمد [۳]. گندم سن‌زده به شکل دانه‌های لاغر، چروکیده (شکل ۱) و فاقد مواد غذایی کافی است [۴]. میزان حسارت سن در گندم ۵۰ تا ۹۰٪ برآورد شده است. از آنجاکه این آفت تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر کاهش کیفیت نانوائی گندم دارد در برخی کشورها ارقام گندم در آنها با توجه به کیفیت پخت آنها، که اساس آن شاخص گلوتن در بذور آسیب دیده بوسیله سن است، به دو دسته برتر و ضعیف تقسیم می‌شوند [۵، ۶ و ۷]. در تحقیقی اظهار شده است کیفیت پروتئین توسط آفت سن گندم کاهش می‌یابد [۸]. در تحقیق دیگری ذکر شده است درصد پروتئین دانه و کیفیت پروتئین دانه گندم‌های سن‌زده بطور معنی‌داری نسبت به گندم‌های سالم در سطح احتمال ۱٪ کاهش می‌یابد [۹]. بر این اساس و به منظور بهبود کیفیت آرد تولیدی و افزایش خاصیت نانوائی آرد، جداسازی گندم‌های سن‌زده از گندم‌های سالم از اولویت برخوردار است. با توجه به اهمیت شناسایی و جداسازی گندم سن‌زده از نمونه‌های سالم، تحقیقاتی در این زمینه انجام شده است که می‌توان از آنها به جداسازی گندم سن‌زده از گندم سالم توسط دستگاه جداکننده ثقلی نام برد [۲]. دستگاه جداکننده ثقلی مورد استفاده بر اساس چگالی دانه‌ها، گندم سن‌زده را از گندم سالم جدا می‌کند. در همین تحقیق چگالی گندم سن‌زده و چگالی گندم سالم به ترتیب ۱۱۰۲/۲۱ و ۱۲۹۸/۶۵ کیلوگرم بر متر مکعب تعیین شد. دستگاه جداکننده مورد استفاده در این تحقیق دارای یک میز نوسانی است که در فرکانس نوسان ۴۵۰ تا

## ۲- مواد و روشها

در این تحقیق از گندم رقم سرداری استفاده شد. این گندم از ارقام بومی غرب کشور است. سنبله‌های آن ریشک‌دار و با تراکم متوسط و استوانه‌ای شکل است. در برابر عواملی مانند ورس، سرما و ریزش دانه مقاوم بوده، ارتفاع بوته آن متوسط و نسبتاً "زود رس می‌باشد. اندازه دانه درشت بوده و وزن هزار دانه آن ۳۵ تا ۵۰ گرم و بعنوان گندم دیم برای مناطق سرد کوهستانی غرب کشور مناسب است [۱۷]. رقم گندم مورد نظر از استان مرکزی تهیه شد که بطور قابل ملاحظه‌ای در آن کشت می‌گردد.



شکل ۱ نمونه‌هایی از گندم سن زده

برای تعیین درصد رطوبت اولیه گندم تهیه شده، چهار نمونه از گندم تهیه شده به مدت ۱۹ ساعت و در دمای ۱۳۰ درجه در اجاق قرار گرفتند [۱۸]. رطوبت اولیه گندم بر مبنای وزن خشک از رابطه ۱ به دست آمد.

$$W = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

در این رابطه،  $w_1$  وزن نمونه اولیه،  $w_2$  وزن نمونه خشک شده،  $W$  درصد رطوبت گندم بر مبنای وزن خشک می‌باشد. میانگین رطوبت نمونه‌ها پس از این عملیات عبارت بود از ۸/۸۴٪ بر پایه تر. برای رساندن رطوبت نمونه‌های گندم به مقادیر رطوبت مورد نظر (۱۰٪، ۱۲٪ و ۱۴٪) و تعیین تأثیر رطوبت در خواص مکانیکی گندم سالم و سن زده، مقدار آب مورد نیاز برای اضافه کردن به توده اولیه گندم از رابطه زیر محاسبه گردید [۱۹].

$$\text{میزان آب (گرم)} = \frac{\text{رطوبت اولیه - رطوبت مورد نظر} \times \text{وزن ناظر}}{\text{رطوبت مورد نظر} - 100} \dots\dots\dots (2)$$

از توده گندم به طور تصادفی یک کیلوگرم گندم سالم و یک کیلوگرم گندم سن زده به دقت و بطور عینی

بررسی و جدا شد. بطور تصادفی از هر یک از گندم‌های سالم و سن زده، ۴ نمونه ۲۰ گرمی توزین و انتخاب شد. مقدار آب مورد نیاز برای رساندن رطوبت نمونه‌ها به سطح ۱۰، ۱۲ و ۱۴ درصد (با استفاده از رابطه ۲) به ترتیب ۰/۲۶، ۰/۷۲ و ۱/۲ گرم تعیین گردید. پس از محاسبه مقدار آب لازم و اضافه کردن آب به نمونه‌ها، آنها را در کیسه پلاستیک ریخته بهم زده شده و رطوبت تعادلی پس از کمیته ۲۴ ساعت بدست آمد. به منظور ممانعت از جوانه زدن دانه‌ها به ویژه نمونه‌های مرطوب، تمامی نمونه‌ها تا قبل از آزمایش در درجه حرارت کمتر از ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. با کمک دستگاه آزمون فشاری "TMU"، که اختصاصاً برای انجام این نوع آزمون بر روی محصولات دانه‌ای و بویژه گندم طراحی شده است [۱۵]، آزمون‌های فشاری با فشردن دانه کامل در بین دو صفحه فولادی انجام پذیرفت (شکل ۲- لف). دستگاه کشش/ فشار مورد نظر که اختصاصاً برای این منظور طراحی و ساخته شده است [۲۰] شامل یک نک متحرک و یک فک ثابت بوده و می‌تواند بیشینه نیروی فشاری معادل ۳۰ کیلوگرم را بر دانه اعمال نماید. میزان نیرو از طریق یک حسگر بار اندازه‌گیری و توسط یک واحد پردازش و جمع‌آوری داده از طریق درگاه سریال به رایانه منتقل می‌شود. میزان تغییر شکل که از طریق موتور استبر تعیین می‌گردد هم زمان با مقادیر لحظه‌ای نیرو بر روی نمایشگر رایانه به صورت نمودار توسط اپراتور مشاهده می‌گردد. در هر آزمایش مقادیر نیرو و تغییر شکل حاصله بصورت نمودار نیرو- تغییر شکل بطور همزمان بر روی صفحه ماینیور رایانه مشاهده شده و سپس داده‌ها به برنامه "اکسل" منتقل گردیدند. در این مجموعه آزمایش، پارامترهای مکانیکی رقم سرداری بر اساس آزمایش فشاری محوری بر روی تک دانه استخراج گردیدند. در این آزمایش‌ها عامل بارگذاری از نوع صفحه تخت بود (شکل ۲- ب).

1. TMU Compression Apparatus
2. Excel

انجام شد. برای نرمال کردن داده‌های مربوط به صفت چغرمگی از تبدیل به زاویه و صفات نیروی بیشینه لازم و زاویه منحنی از تبدیل لگاریتمی استفاده شد. برای مقایسه میانگین فاکتورها و ترکیبات تیماری از روش دانکن در سطح احتمال آماری ۵ درصد استفاده گردید. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای Mstac و SPSS و برای بررسی روند تغییرات صفات اندازه‌گیری شده در دو نوع گندم در سطوح مختلف رطوبتی از نرم افزار Excel استفاده شد.

### ۳- نتایج و بحث

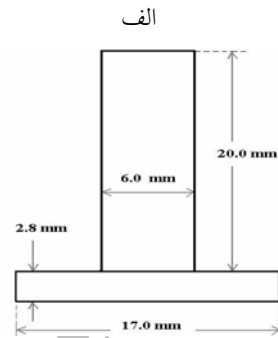
#### ۳-۱- مقادیر میانگین بعضی پارامترهای

#### فیزیکی و مکانیکی گندم

جدول ۱ مقادیر میانگین بعضی پارامترهای فیزیکی و مکانیکی اندازه‌گیری شده را در چهار سطح رطوبتی و دو نوع گندم نشان می‌دهد. از جدول ۱ مشخص می‌گردد که از نظر ویژگی‌های فیزیکی (شامل ابعاد و درصد کرویت) بین دو نوع گندم سالم و سن‌زده اختلاف مشخصی وجود ندارد، درحالی‌که تقریباً در هر دو پارامتر مکانیکی بین این دو نوع گندم تفاوت وجود دارد. بطوریکه بدون در نظر گرفتن عامل رطوبت میانگین انرژی (سطح زیر منحنی نیرو-جابجایی) مورد نیاز برای ایجاد گسیختگی در دانه‌های سن‌زده ۴۰٪ بیشتر از دانه‌های سالم بوده و میزان کرنش دانه‌های سن‌زده نیز ۶۰٪ بیشتر از دانه‌های سالم بوده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که دو نوع گندم سالم و سن‌زده در هر سه صفت مورد مطالعه شامل چغرمگی، نیروی بیشینه و زاویه منحنی، با هم اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۲). بطوریکه مقدار نیروی لازم (میانگین نیروی بیشینه در سطوح چهارگانه رطوبت برای گندم سالم در جدول ۴) برای له کردن گندم سالم (۵۹/۶۹ نیوتن) به دلیل سالم بودن بافت دانه بیشتر از گندم سن‌زده (۳۹/۹۱ نیوتن) بود و منحنی حاصل از دستگاه برای گندم سالم ارتفاع بیشتر و یا زاویه منحنی بزرگتر (میانگین زاویه منحنی در سطوح چهارگانه رطوبت

برای گندم سالم در جدول ۴) برابر با  $(\frac{N}{mm})_{291/22}$

نسبت به گندم سن‌زده  $(\frac{N}{mm})_{125/19}$  داشت.



شکل ۲

الف- دستگاه بارگذاری برای انجام آزمون فشاری بر روی تک دانه گندم

ب- عامل بارگذاری صفحه تخت مورد استفاده در آزمایش فشاری

آهنگ بارگذاری در کلیه آزمایش‌ها ثابت و معادل  $7 \text{ mm/min}$  در نظر گرفته شد. این سرعت مشخص کننده یک آزمون فشاری شبه استاتیک است [۲۱]. پارامترهای مکانیکی استخراج شده در این آزمایش عبارتند از: نیروی بیشینه که در نقطه گسیختگی رخ می‌دهد، چغرمگی (بر مبنای سطح زیر منحنی تا نقطه گسیختگی) و شیب خطی منحنی از نقطه مبدا. با توجه به اینکه سطوح رطوبتی برای دو نوع گندم در شرایط آزمایشگاهی و بطور یکنواخت اعمال شد، ولی تکرارهای هر ترکیب تیماری متفاوت از تیمار دیگر بود، لذا تجزیه و تحلیل داده‌ها به صورت فاکتوریل با دو فاکتور نوع گندم (سن‌زده و سالم) و درصد رطوبت (۸/۸۴، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ درصد) در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۲۰ تکرار

1. Toughness

اما منحنی حاصل برای گندم سن زده به مراتب کشیده تر بوده لذا سطح زیر منحنی و در نتیجه چگرمگی آن (میانگین چگرمگی در سطوح چهارگانه رطوبت برای گندم سن زده در جدول ۴) با مقدار

$$\frac{N - mm}{mm^2} \times 0.184$$

بیشتر است. کشیدگی منحنی یا کرنش ایجاد شده را می توان در جدول ۱ بین دو نوع گندم مورد بررسی بوضوح مقایسه نمود.

نسبت به گندم سالم

$$\frac{N - mm}{mm^2} \times 0.283$$

جدول ۱ مقادیر میانگین بعضی پارامترهای فیزیکی و مکانیکی اندازه گیری شده در چهار سطح رطوبت ۸/۸۴، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ درصد و دو نوع گندم سن زده و سالم

نوع گندم	رطوبت (%)	ضریب کروییت (%)	کرنش بیشینه (%)	سطح زیرمنحنی (N-mm)	قطر بزرگ (mm)	قطر متوسط (mm)	قطر کوچک (mm)
گندم سالم	۸/۸۴	۵۰	۵/۰۷	۳/۵۴	۷/۴۱	۲/۶۹	۲/۵۳
	۱۰	۵۱	۵/۷۷	۴/۳۲	۷/۲۶	۲/۷۸	۲/۵۶
	۱۲	۵۳	۶/۶۴	۶/۶۵	۷/۴۱	۳/۰۰	۲/۶۸
گندم سن زده	۸/۸۴	۵۱	۶/۴۹	۵/۹۳	۷/۵۸	۲/۸۹	۲/۶۵
	۱۰	۵۰	۱۳/۴۶	۷/۳۵	۷/۳۳	۲/۵۷	۲/۶۴
	۱۲	۵۱	۱۳/۳۹	۸/۱۳	۷/۳۸	۲/۶۸	۲/۷۰
	۱۴	۵۲	۱۸/۶۵	۱۲/۶	۷/۵۳	۲/۸۳	۲/۸۹
	۱۴	۵۱	۱۳/۱	۶/۲	۷/۵۸	۲/۷۲	۲/۸۱

جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در دو نوع گندم سن زده و سالم

منابع تغییرات	درجه آزادی	چگرمگی	نیروی بیشینه	میانگین مربعات	زاویه منحنی
گندم	۱	۰/۶۱۲ **	۱/۴۹ **		۵/۸۱ **
رطوبت	۳	۰/۱۴۹ *	۰/۰۲۷ ns		۰/۱۴۵ *
گندم * رطوبت	۳	۰/۱۱۳ **	۰/۱۰۷ *		۰/۰۴۵ ns
اشتباه آزمایشی	۱۵۲	۰/۰۴۰	۰/۰۴۵		۰/۰۶۸
ضریب تغییرات	-	۴۱/۲۵	۱۲/۹۲		۱۱/۸۴

است. در مورد صفت نیروی بیشینه با وجود اینکه بین سطوح رطوبت بطور متوسط اختلاف وجود نداشت، ولی در گندم های سن زده دانه های مرطوب تر مقاومت کمتری در مقابل نیرو داشتند و بین سطوح رطوبت اختلاف معنی دار وجود داشت. در هر چهار سطح رطوبت مقدار نیروی لازم برای له شدن دانه های سالم بطور قابل توجهی بیشتر از گندم های سن زده بود (جدول ۴). همچنین در گندم های سالم با افزایش درصد رطوبت در دانه از شکنندگی دانه کاسته شده و با صرف نیروی بیشتر

### ۲-۳ مقایسه گندم سالم و سن زده از نظر

#### خواص فیزیکی و مکانیکی

بین چهار سطح رطوبتی از نظر صفات چگرمگی و زاویه منحنی اختلاف معنی دار مشاهده شد (جدول ۲)، در حالیکه تأثیر رطوبت بر متغیرهای وابسته شامل چگرمگی، نیروی بیشینه و زاویه منحنی در گندم های سن زده تا حدی معنی دار بود اما این تأثیر در گندم های سالم چندان معنی دار نبود. این نتایج در جدول ۴ نشان داده شده

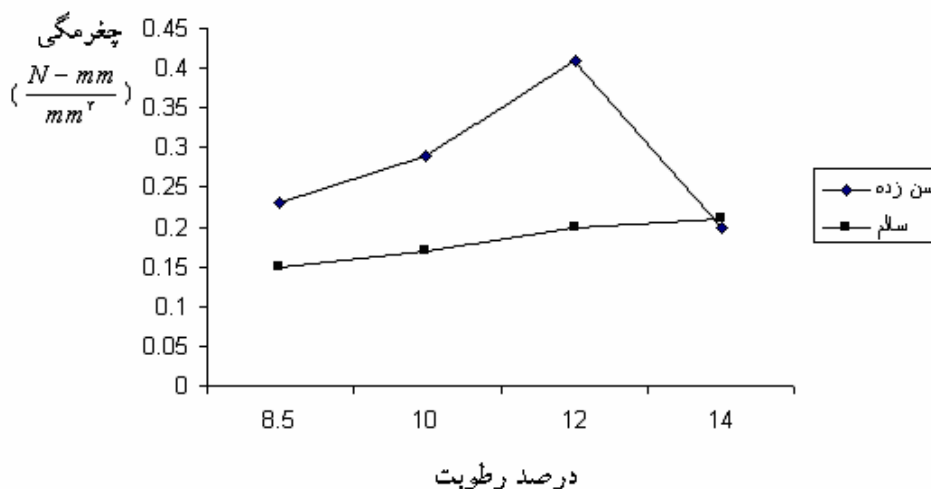
دانه‌ها له می‌شوند. کاهش جزئی نیروی بیشینه از رطوبت ۱۰ درصد به ۱۲ درصد نتیجه تغییر رفتار بافت دانه از حالت ترد به شکل پذیر است که نتیجه افزایش رطوبت می‌باشد. بین محدوده رطوبت ۱۰ تا ۱۲ درصد، رفتار دانه به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌کند. در گندم‌های سن‌زده کمترین نیرو برای له شدن دانه‌ها با مقدار ۳۱/۸

جدول ۳ مقایسه میانگین فاکتورهای زاویه منحنی و چغرمگی در سطوح مختلف رطوبت با روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد

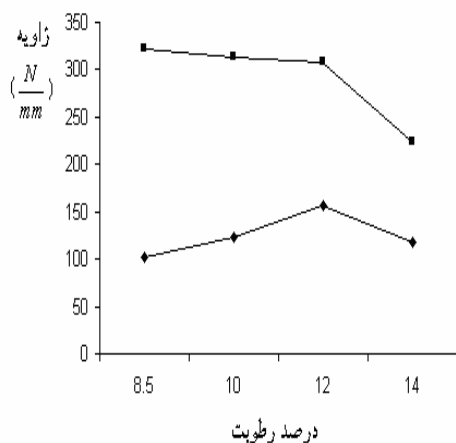
زاویه منحنی ( $\frac{N}{mm}$ )	چغرمگی ( $\frac{N - mm}{mm^2}$ )	درصد رطوبت
۲۱۱/۹ ab	۰/۱۸۷۶ b	۸/۸۴
۲۱۸/۳ ab	۰/۲۳۴۳ ab	۱۰
۲۳۲/۲ a	۰/۳۰۴۸ a	۱۲
۱۷۰/۴ b	۰/۲۰۷۵ b	۱۴

جدول ۴ مقایسه میانگین فاکتورهای چغرمگی، زاویه منحنی و نیروی بیشینه با روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد در رطوبت‌های مختلف

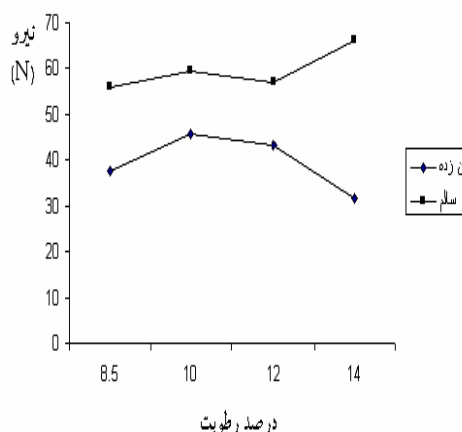
زاویه منحنی ( $\frac{N}{mm}$ )	نیروی بیشینه (N)	چغرمگی ( $\frac{N - mm}{mm^2}$ )	درصد رطوبت	گندم
۱۰۲/۴ c	۳۸/۷۹ cd	۰/۲۳ bc	۸/۸۴	سن‌زده
۱۲۳/۸ c	۴۵/۶۸ bc	۰/۲۹ b	۱۰	
۱۵۷/۳ bc	۴۳/۳۹ cd	۰/۴۱ a	۱۲	
۱۱۷/۳ c	۳۱/۸ d	۰/۲۰ bc	۱۴	
۳۲۱/۳ a	۵۵/۹۹ ab	۰/۱۵ c	۸/۸۴	سالم
۳۱۲/۹ a	۵۹/۵۱ a	۰/۱۷ bc	۱۰	
۳۰۷/۲ a	۵۶/۹۶ ab	۰/۲۰ bc	۱۲	
۲۲۳/۵ b	۶۶/۲۹ a	۰/۲۱ bc	۱۴	



شکل ۳ منحنی تغییرات چغرمگی در گندم سالم و سن‌زده در چهار سطح رطوبت



شکل ۵ منحنی تغییرات زاویه منحنی در گندم سالم و سن زده در چهار سطح رطوبت



شکل ۴ منحنی تغییرات میانگین نیروی بیشینه لازم در ۲۰ تکرار برای له شدن دانه در گندم سالم و سن زده در چهار سطح رطوبت

جدول ۵ ضریب همبستگی بین صفات مطالعه شده

نیروی	زاویه	چغرمگی
۰/۴۰۲**	-۰/۰۷۱	نیروی
	۰/۳۳۵**	

#### ۴- نتیجه گیری

- ۱- جداسازی گندم‌های سن زده و سالم بر اساس فاکتورهای مکانیکی شامل چغرمگی، نیروی بیشینه و زاویه منحنی از طریق یک آزمون ساده امکان پذیر خواهد بود. در حالیکه امکان جداسازی این دو نوع گندم از طریق اندازه و شکل دانه وجود ندارد.
- ۲- از میان پارامترهای مکانیکی که از آزمون فشاری حاصل می‌گردد، شامل: نیروی بیشینه، شیب منحنی از مبدا و چغرمگی، مشخص گردید که پارامتر چغرمگی مناسب‌ترین عامل در تمایز قایل شدن بین دانه‌های سن زده و سالم می‌باشد.
- ۳- تأثیر رطوبت بر خواص مکانیکی دانه‌های گندم سالم و سن زده معنی‌دار می‌باشد.
- ۴- مجموعه ویژگی‌های دانه‌های گندم سالم و سن زده رقم سرداری شامل شکل و اندازه و نیز خصوصیات مکانیکی

با توجه به اینکه در گندم سن زده درصد پروتئین پایین‌تر از گندم سالم است لذا در مقادیر بالای رطوبت (۱۴٪) این نوع گندم مقاومت کمتری در مقابل نیرو نشان داده و سریعاً له (شکسته) می‌شود و سطح زیر منحنی شدیداً کاهش می‌یابد. می‌توان با آزمایش دانه گندم بوسیله دستگاه کشش/ فشار به راحتی از مولفه‌های مختلف مکانیکی (شامل چغرمگی، نیروی بیشینه، کرنش بیشینه و سطح زیر منحنی)، گندم سالم و سن زده را از هم مجزا نمود. همانطور که در شکل‌های ۳ و ۴ مشاهده می‌شود به علت پوکی و صفت ارتجاعی بیشتر در گندم سن زده سطح زیر منحنی نیرو - جابجایی (انرژی) به مراتب بیشتر از گندم سالم می‌باشد در حالیکه نیروی لازم برای شکستن دانه سن زده کمتر از نیروی مورد نیاز برای شکست دانه سالم است. از این خصوصیات می‌توان برای جداسازی این دو نوع گندم و محاسبه افت محصول گندم در سیلوهای کشور استفاده شود.

- [9] نجفی میرک ت، حسین زاده غ، قنادها م. بررسی ژنتیکی مقاومت به سن در گندم. مجله علوم کشاورزی ایران. سال ۱۳۷۸. ۴۹۵ ص.
- [10] Stroshine R, Hamann D. Physical Properties of Agricultural Materials and Food Products 1994; 1<sup>st</sup> end. [West Lafayette, IN]
- [11] Chung CJ, Clark SJ, Lindholm JC, McGinty RJ, Watson CA. The pearlograph technique for measuring wheat hardness, Transactions of the ASAE 1975; 17: 185-189.
- [12] Lai FS, Rousser R, Brabec D, Pomeranz Y. Determination of hardness in wheat mixture II. Aparatus for automated measurement of hardness of single kernel. Cereal Chemistry 1985; 62 : 178 - 184.
- [13] Martin CR, Rousser R, Brabec DL. Development of a single kernel wheat characterisation system. Transactions of ASAE 1993; 36 : 1399-1404 .
- [14] Pomeranz Y, Martin CR, Rousser, R., Brabec D, Lai FS. Wheat hardness determined by a single-kernel compression instrument with semi automated feeder. Cereal Chemistry 1988; 65 :86 - 94.
- [15] افکاری سیاح ا. مطالعه ویژگی‌های رئولوژیکی دانه گندم و ارتباط آن با کیفیت آرد تولیدی. پایان نامه دکتری. گروه ماشینهای کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرس. ۱۳۸۲.
- [16] Afkari Sayyah AH, Minaei S. Behavior of wheat kernels under quasi-static loading and its relation to grain hardness. Journal of Agricultural Science and Technology 2004; (JAST), Vol. 6.
- [17] خدابنده ن. غلات. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳۷۱. ۵۰۶ ص.
- [18] ASAE Standards. Moisture measurement – unground grain and seeds. American Society of Agricultural Engineers SAE 1999; S352.2.
- [19] فراهانی م. تعیین خواص آیرودینامیکی گندم و برنج. پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه ماشینهای کشاورزی. دانشگاه تهران. ۱۳۸۲.
- تحت آزمون فشاری از نتایج این پژوهش محسوب می‌گردد.
- ۵- نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین و کمترین نیروی مورد نیاز برای شکست دانه گندم سن‌زده به ترتیب معادل ۹۰/۶ و ۷/۳۵ نیوتن می‌باشد، درحالیکه برای دانه‌های گندم سالم این مقادیر به ترتیب معادل ۱۲۱/۸ و ۲۸/۳۴ نیوتن می‌باشند.
- ## ۶- فهرست منابع
- [۱] بی نام. شناسنامه تصویری گندم. نشریه شماره ۷۴/۴ اداره کل آمار و اطلاعات، معاونت برنامه‌ریزی و بودجه، وزارت کشاورزی، تهران. ۱۳۷۴.
- [۲] راسخ م، توکلی هشتجین ت، فیروزآبادی ب، گیانمهر م. بررسی تجربی عملکرد دستگاه جداکننده ثقلی در میزان جداسازی گندم سن‌زده. مجله علوم و صنایع غذایی ایران. دوره ۲ شماره ۳. ۱۳۸۴. ۳۳-۴۶ ص.
- [3] Every D, Farrell JAK, Stufkens MW. Wheat- bug damage in New Zealand wheat: The feeding mechanism of *Nisus huttoni* and its effect on the morphological and physiological development of wheat. Journal of the Science of Food Agriculture 1990; 50(3): 297-309.
- [۴] ایرانی پ. نتایج تحقیقات و بررسی اثرات آفت سن روی خواص کیفی و ارزش نانویی گندم. موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج. ۱۳۶۵. ۲۳ ص.
- [5] Areshnikov B, Starostin S. Sunnpest. USSR 1982; Kolos. (In Russian).
- [6] Dexter JE. End-use quality implications of grading factors in wheat. In Grains and Oilseeds: Handling, Marketing Processing. 1993; 4<sup>th</sup> Ed. Bass, E., ed., 739-777. Canadian International Grains Institute, Winnipeg, Canada.
- [7] Sekun MP. Sunnpest. Kiiiv 2002; Ukraine: Svit. (In Ukrainian).
- [8] EL-Haramain FJ, William, P, Rashwani A. A simple test for the degree of damaged caused in wheat by suni bug (*Eurygaster spp.*) infestation 1984; Rachis 3, 11-17.



[21] ASAE Standards. Compression test of food materials for axial compression tests on intact agricultural products of convex shape. Transactions of the ASAE 1999; 14:78-84.

[۲۰] افکاری سیاح ا ح، مینایی س. ثبت اختراع دستگاه بارگذاری محصولات کشاورزی برای استخراج خواص مکانیکی. شماره ثبت ۲۹۶۳۳، اداره ثبت شرکت ها و مالکیت صنعتی، تهران. ۱۳۸۳.

Archive of SID