



## Investigating the efficiency of saw gin machine in the processing of seed cotton at different levels of moisture content, rotational speed and cotton variety

Mohammad Ali Behaen<sup>1\*</sup>, AbolGhasem Gheisari<sup>2</sup>, Mashallah Zare<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Assistant Professor at Department of Agricultural Engineering Research, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran, Email: ali\_behaen@yahoo.com

<sup>2</sup> Researcher at Department of Agriculture and Horticulture, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran,

<sup>3</sup> Expert at Department of Agricultural Engineering Research, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran

### Article Info

#### Article type:

Research Full Paper

#### Article history:

Received: 19-9-2023

Accepted: 17-12-2023

#### Keywords:

Gin machine  
Rotational speed  
Moisture content  
Mechanical damage  
Cotton

### ABSTRACT

**Background and objectives:** Separating the seeds from the cottonseed with a gin has an effect on seed quality and germination. Mechanical damage reduces the economic and biological value of the seeds. The effect of mechanical damage is considered a serious problem in seed production, and reducing this effect leads to an increase in the efficiency of seed utilization. This study was conducted with the aim of reducing the mechanical damage of cotton seed and increasing the efficiency of gin and rotating the saw and moisture content appropriately in two varieties of Hekmat and Golestan cotton seeds.

**Materials and methods:** To increase gin efficiency, the effect of saw rotation in three levels, 300 (S1), 350 (S2) and 400 (S3) rpm, lint moisture content in three levels, 3-5% (M1), 6-8% (M2) and 8-10% (M3) and seed variety in two levels of Hekmat (V1) and Golestan (V2) varieties were studied in a factorial experiment in the form of a completely randomized design with three replicates. The parameters length, width, thickness, geometric mean, sphericity coefficient and bulk density of cotton seed were determined according to the relationship between the physical properties of the seed and the performance of the machine during processing. In addition, the parameters related to the gin, including the extent of mechanical damage to the seed, percentage of ginning and material capacity, were measured. The data were subjected to analysis of variance and the regression equation between the independent variables (experimental treatments) and the dependent variables (measurable parameters) was determined.

**Results:** An increase in moisture content led to an increase in the geometric mean of the dimensions of the cotton varieties. The increase in mechanical damage to the seed also increased with the increase in moisture content from 6-8% to 8-10%. The main reason for this was the adhesion of the fibers to the cotton seeds and the increase in the time for separating the fibers from the seed. The

---

results showed that increasing the moisture content from 3-5% to 6-8% increased the percentage of ginning operations and the material capacity of the gin in both Hekmat and Golestan varieties; however, as the moisture content increased to 8-10%, the extent of these parameters decreased.

**Conclusion:** The general results of this study show that two factors, namely the moisture content of the seed and the rotation of the saw in the gin, have an effect on the separation of the fibers from the cotton seeds. Changing the moisture content to a certain degree (6-8%) was more effective than changing the rotation speed to change the material capacity and ginning processes in both cotton varieties. According to the results presented, the rotation speed of 350 rpm and the moisture content of 6-8% are recommended for use in the saw gin and for separating the fibers from the cotton seeds.

---

**Cite this article:** Behaen, M.A., Gheisari, A.Gh., Zare, M. (2022). Investigating the efficiency of saw gin machine in the processing of seed cotton at different levels of moisture content, rotational speed and cotton variety. *Iranian Journal Cotton Researches*, 10 (1), 67-84.



© The Author(s).

DOI: 10.22092/ijcr.2023.361531.1192

Publisher: Cotton Research Institute of Iran

---



## بررسی کارایی ماشین جین اره‌ای در فرآوری وش در سطوح مختلف

### رطوبت، سرعت دورانی و رقم پنبه

محمدعلی به‌آئین<sup>۱\*</sup>، ابوالقاسم قیصری<sup>۲</sup>، ماشاءاله زارع<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران، رایانامه:

<sup>۲</sup> محقق بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران،

<sup>۳</sup> کارشناس بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

#### اطلاعات مقاله

#### چکیده

نوع مقاله:

مقاله کامل علمی - پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۶/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۹/۲۱

**سابقه و هدف:** عملیات فرآوری حاصل از ماشین جین، در هنگام جداسازی بذر از الیاف پنبه، روی کیفیت بذر و جوانه‌زنی آن موثر است. صدمات مکانیکی، یک مشکل جدی در تولید بذر است که منجر به کاهش ارزش اقتصادی و بیولوژیکی بذر می‌شود. کاهش اثرات منفی صدمات مکانیکی، میزان بذر مصرفی در واحد سطح را کاهش خواهد داد. این تحقیق با هدف کاهش صدمات مکانیکی بذر پنبه و افزایش کارایی ماشین جین اره‌ای و تعیین دور مناسب اره و مقدار رطوبت در دو رقم بذر پنبه حکمت و گلستان انجام شد.

#### واژه‌های کلیدی:

ماشین جین

سرعت دورانی

رطوبت

صدمات مکانیکی

پنبه

**مواد و روش‌ها:** به منظور افزایش کارایی ماشین جین، اثر سرعت دورانی اره در سه سطح ۳۰۰ (S<sub>1</sub>)، ۳۵۰ (S<sub>2</sub>) و ۴۰۰ (S<sub>3</sub>) دور بر دقیقه، رطوبت وش در سه سطح ۵-۳ (M<sub>1</sub>)، ۸-۶ (M<sub>2</sub>) و ۱۰-۸ (M<sub>3</sub>) درصد و رقم بذر در دو سطح رقم حکمت (V<sub>1</sub>) و گلستان (V<sub>2</sub>)، به وسیله یک آزمایش فاکتوریل در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار بررسی شد. با توجه به رابطه خصوصیات فیزیکی بذر با عملکرد ماشین در هنگام فرآوری، پارامترهای طول، عرض، ضخامت، میانگین هندسی، ضریب کرویت و وزن مخصوص ظاهری بذر پنبه تعیین گردید. همچنین، پارامترهای مربوط به ماشین جین شامل مقدار صدمات مکانیکی بذر، درصد عملیات جین‌زنی و ظرفیت موادی اندازه‌گیری شد. داده‌های به دست آمده پس از تجزیه واریانس، تحلیل و معادله رگرسیون بین متغیرهای مستقل (تیمارهای آزمایش) و متغیر وابسته (صفات اندازه‌گیری شده)، تعیین شد.

**یافته‌ها:** افزایش رطوبت، افزایش میانگین هندسی ابعاد ارقام پنبه را به دنبال داشت. افزایش صدمات مکانیکی بذر نیز با افزایش رطوبت از ۸-۶ درصد به ۱۰-۸ درصد، افزایش یافت که دلیل عمده آن چسبیدن الیاف به بذرها و پنبه و افزایش زمان جدا شدن الیاف از بذر بود. نتایج نشان داد که افزایش رطوبت از ۵-۳ درصد به ۸-۶ درصد، باعث افزایش درصد عملیات جین‌زنی و ظرفیت موادی ماشین جین در هر دو رقم حکمت و گلستان گردید؛ ولی با افزایش درصد رطوبت به ۱۰-۸ درصد، مقدار این پارامترها کاهش یافت.

**نتیجه‌گیری:** نتایج کلی حاصل از این پژوهش نشان داد که دو عامل رطوبت بذر و سرعت دورانی اره ماشین جین، در جداسازی الیاف از بذر پنبه تاثیر دارد. تغییر رطوبت تا حد معینی

---

(۸-۶ درصد)، موثرتر از تغییر در سرعت دورانی اره ماشین جین در تغییر ظرفیت موادی و عملیات جین زنی در هر دو رقم پنبه بود. با توجه به نتایج ارائه شده، سرعت دورانی ۳۵۰ دور بر دقیقه و رطوبت ۸-۶ درصد، برای استفاده در ماشین جین اره‌ای و جدا شدن الیاف از بذر پنبه پیشنهاد می‌گردد.

---

**استناد:** به‌آئین، محمدعلی؛ قیصری، ابوالقاسم؛ زارع، ماشاءاله. (۱۴۰۱). بررسی کارایی ماشین جین اره‌ای در فرآوری وش در سطوح مختلف رطوبت، سرعت دورانی و رقم پنبه. *مجله پژوهش‌های پنبه/یران*، ۱۰ (۱)، ۸۴-۶۷.

DOI:



© نویسندگان.

ناشر: موسسه تحقیقات پنبه کشور

## مقدمه

صدمات مکانیکی ارزش اقتصادی و بیولوژیکی بذر را کاهش می‌دهد. تاثیر منفی صدمات مکانیکی روی کاهش جوانه‌زنی و در نهایت عملکرد محصول می‌باشد که به عنوان یک مشکل جدی در تولید بذر مطرح است (شهبازی و همکاران، ۲۰۱۱). از عوامل موثر در کاهش صدمات مکانیکی که به صورت عمومی در تمام بذرها مشترک است، میزان رطوبت بذر بوده که به همراه کارکرد ماشین‌های فرآوری بذر، می‌تواند مقدار این صدمات را تحت تاثیر قرار دهد. بنابراین، با بررسی این عوامل می‌توان اثرات منفی استفاده از ماشین‌های فرآوری بذر را کاهش و به افزایش کارایی این ماشین‌ها کمک نمود (جیو و همکاران، ۲۰۱۷). یکی از عوامل موثر در ایجاد صدمات مکانیکی بذر پنبه که تاکنون مورد توجه قرار نگرفته است، صدمات مکانیکی حاصل از ماشین جین در هنگام فرآوری این محصول و رابطه آن با رطوبت و ارقام مختلف است. نتایج تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که میزان رطوبت و سرعت ضربه وارده به بذر دو عامل مهم در وارد آمدن صدمات مکانیکی در محصولات کشاورزی قلمداد می‌شود (خزایی و همکاران، ۲۰۰۸؛ مورانو و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین علاوه بر نوع بذر، نوع رقم در یک بذر خاص نیز متاثر از رطوبت و سرعت ضربات وارده توسط ماشین در هنگام فرآوری بذر است (شهبازی، ۲۰۱۷؛ جیو و همکاران، ۲۰۱۹). در هنگام فرآوری وش پنبه (جدا کردن الیاف از بذر) به وسیله ماشین جین، سرعت ضربات وارده به بذر و صدمات مکانیکی ایجاد شده به وسیله اره‌های ماشین، تابعی از مقدار رطوبت و خواص مکانیکی محصول است. مقدار این رطوبت و صدمات مکانیکی حداقل در محصولاتی مثل ذرت، گندم و کلزا توسط محققان تعیین شده است (برن و همکاران، ۲۰۱۹؛ پاولسن و همکاران، ۲۰۱۹؛ اسزويد و لیواسزوک، ۲۰۰۷). بنابراین در مورد بذر پنبه نیز لازم است که تاثیر رطوبت و سرعت دورانی اره ماشین جین بر کیفیت بذر ارقام مختلف تولیدی مورد بررسی قرار گیرد. خصوصیات فیزیکی یک نوع بذر خاص می‌تواند روی رفتار آن بذر در هنگام عملیات فرآوری

تاثیرگذار باشد. در این خصوص کازینار و همکاران (۲۰۱۶)، با انجام آزمایش‌هایی روی هفت رقم سویا که از نظر طول، عرض، ضخامت و درجه کرویت تفاوت داشتند، پارامترهای تغییر شکل در اثر نیروی وارده و نیروی گسیختگی را اندازه‌گیری کرده و گزارش نمودند که خصوصیات فیزیکی بذر می‌تواند روی متغیرهای مکانیکی حتی در یک نوع بذر خاص اثر داشته باشد؛ به طوری که کمترین نیروی گسیختگی در رقم هرتا، ۱۰۵/۶ نیوتن و بیشترین مقدار این نیرو در رقم پترینا، ۱۴۰/۶ نیوتن به دست آمد. بهاراس و همکاران (۲۰۱۵)، گزارش نمودند که ماشین‌های جین غلطکی در رطوبت ۱۱-۱۰ درصد می‌توانند کار کنند؛ ولی در بالاتر از این رطوبت، باید ابتدا عملیات خشک کردن روی آن‌ها انجام شده و رطوبت به زیر ۱۰ درصد کاهش یابد. نتایج تحقیقات تعدادی از محققان نشان داده که اگر عملیات جین‌زنی در رطوبت و سرعت دورانی مناسب (دامنه رطوبت ۸-۵ درصد و سرعت دورانی ۱۲۰ دور بر دقیقه) انجام شود، موجب افزایش درصد عملیات جین‌زنی، کاهش صدمات مکانیکی و کاهش انرژی مصرفی در هنگام استفاده از این ماشین خواهد شد (رابرت و همکاران، ۲۰۱۸؛ شانما، ۲۰۱۴؛ پراشانت و همکاران، ۲۰۰۷؛ بویکین، ۲۰۰۵). صدمات مکانیکی به شکل، اندازه، ضخامت پوسته و مواد شیمیایی بذر نیز بستگی دارد (کاپلتی و همکاران، ۲۰۰۵ و رایبینسکی و همکاران، ۲۰۱۳). کاراجو مولر (۲۰۱۰) و دوبرزانسکی و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که مقاومت بذر به صدمات مکانیکی با افزایش وزن بذر کاهش پیدا کرد. تحقیقات مشابهی روی نخود، توسط کازینار (۲۰۱۳) انجام شد. نتایج نشان داد که رقم‌های با پوست ضخیم‌تر و سنگین‌تر، حساسیت کمتری به صدمات مکانیکی دارند. افزایش مقاومت به صدمات مکانیکی، نتیجه‌ای از افزایش وزن بذر و کاهش در تغییر شکل بوده که منتج از ضخامت پوسته بذر است. شهبازی و همکاران (۲۰۱۱)، تاثیر سطوح مختلف رطوبت (۱۰، ۱۲/۵، ۱۵، ۱۷/۵، ۲۰ و ۲۵ درصد) و سرعت ضربات وارده (۵، ۷/۵، ۱۰، ۱۲/۵ و ۱۵ متر بر ثانیه) را روی صدمات

رطوبت کاهش این نوع صدمات مشاهده می‌شود. با توجه به بررسی منابع، عواملی همچون خصوصیات فیزیکی، رطوبت، نوع ماشین به کار رفته به منظور فرآوری و رقم بذر، روی صدمات مکانیکی بذرهاي مختلف اثر داشته و با توجه به نوع ماشین و رقم بذر مورد نظر، باید مورد بررسی قرار گیرد. هدف از این تحقیق، کاهش صدمات مکانیکی بذر پنبه و افزایش کارایی ماشین جین اره‌ای و تعیین دور مناسب اره و مقدار رطوبت در دو رقم بذر پنبه حکمت و گلستان بود.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش به وسیله ماشین جین اره‌ای (Apple Electronic, India) و با یک آزمایش فاکتوریل در قالب یک طرح کاملا تصادفی با ۱۸ تیمار و سه تکرار، در ایستگاه تحقیقاتی زرگان استان فارس به اجرا در آمد. ابعاد ماشین جین اره‌ای به طول ۹۵، عرض ۴۵ و ارتفاع ۹۰ سانتی‌متر و دارای ۸ اره به قطر ۳۰ سانتی‌متر و فاصله اره‌ها ۲ سانتی‌متر از یکدیگر بود. همچنین دو پولی به قطر ۳۰ و ۱۸ سانتی‌متر با یک تسمه به پولی یک الکتروموتور سه فاز به قطر ۱۰ سانتی‌متر وصل می‌گردد. برای تغییر دور اره‌های مورد استفاده، از یک دستگاه اینورتر ۳۸۰ ولت و ۱۱ کیلووات (Yolico Electronic, Model YD101)، استفاده شد (شکل ۱).

مکانیکی وارده به لوبیای چشم بلبلی بررسی نمودند. نتایج به دست آمده نشان داد که به منظور کاهش صدمات وارده به بذر در هنگام عملیات فرآوری در لوبیا، سرعت ضربه‌های وارد شده باید تا ۱۰ متر بر ثانیه محدوده شده و رطوبت بذر در حدود ۱۵ درصد باشد. خزایی (۲۰۰۹)، طی انجام آزمایش‌هایی بیان داشت که در میان عوامل تاثیرگذار روی ضربات وارد شده به بذر مثل نوع رقم، رطوبت بذر، سرعت ضربات وارد شده به بذر و تنظیمات خاص ماشین در هنگام عملیات فرآوری، دو عامل سرعت ضربات وارده و رطوبت بذر از اهمیت زیادتری برخوردار است. کوک (۲۰۰۴)، علت اصلی کاهش جوانه‌زنی در بذر سویا را صدمات مکانیکی به بذر دانست. در این رابطه نیز خزایی و همکاران (۲۰۰۸)، اظهار داشتند که افزایش رطوبت بذر از ۵ به ۱۵ درصد، صدمات مکانیکی را در ماشین‌های بوجاری به ۱/۴ کاهش داده، ولی با افزایش رطوبت از ۱۵ به ۲۰ درصد تفاوت معنی‌داری در مقدار صدمات مکانیکی مشاهده نشد. باریه (۲۰۰۲)، گزارش نمود که ضربات وارد شده به بذر در هنگام طراحی ماشین‌های فرآوری یا هنگام انجام عملیات با این ماشین‌ها در بین سایر عوامل تاثیرگذار اثر بیشتری دارد. چاولا و همکاران (۱۹۹۸)، نیز دو عامل ارتفاع سقوط بذر در هنگام عملیات فرآوری و رطوبت بذر را حائز اهمیت دانسته و گزارش نمودند که با افزایش ارتفاع، صدمات مکانیکی زیادتر شده و با افزایش



شکل ۱- ماشین جین اره‌ای به همراه اینورتر (سمت راست)،  
وش پنبه در حال فرآوری با اره (سمت چپ)

در هنگام آزمایش، برای تغییر دور اره‌های جین، از فرکانس‌های مختلف دستگاه اینورتر استفاده شد. در جدول ۱، دوره‌های مختلف پولی‌های ماشین جین

جدول ۱- مشخصات دور دورانی و سرعت خطی پولی ماشین جین اره‌ای

فرکانس (هرتز)	سرعت خطی (متر بر دقیقه)	پولی بزرگ ماشین جین (دوران اره‌های جین) (دور بر دقیقه)
۲۹	۲۸۲/۶	۳۰۰
۳۴	۳۲۹/۷	۳۵۰
۳۹	۳۷۶/۸	۴۰۰

ماشین جین اره‌ای منتقل می‌گردید (شکل ۲). وش پنبه در ابتدا دارای رطوبت ۵-۳ درصد بود و در حمام بن ماری قرار داده نشد. برای رطوبت ۸-۶ درصد دو دقیقه و رطوبت ۱۰-۸ درصد، ۱۸ دقیقه برای هر دو رقم بذر پنبه در نظر گرفته شد.

برای رسیدن به رطوبت‌های مورد نظر در تیمارهای آزمایش، از حمام بن‌ماری ( Rost Feri, Schutzart, Model DIN 400-50-IP-20) استفاده گردید. به این صورت که ابتدا، ۱۰۰ گرم وش پنبه وزن و در حمام بن‌ماری قرار داده شد و پس از بیرون آوردن وش از حمام، این مقدار وش برای فرآوری به



شکل ۲- مراحل قراردادن وش پنبه در حمام بن‌ماری

خصوصیات فیزیکی بذر در هنگام فرآوری، طول، عرض، ضخامت بذر و ضخامت پوسته بذر با کولیس دیجیتال برای ۳۰ نمونه بذر، بعد از عملیات جین‌زنی و کرک‌گیری از بذر، اندازه‌گیری و سپس میانگین هندسی از رابطه ۱ به دست آمد (رضوی و اکبری، ۱۳۹۱).

$$d_g = (abc)^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

$d_g$  = میانگین هندسی ابعاد (میلی‌متر)،  $a$  = طول (میلی‌متر)،  $b$  = عرض (میلی‌متر)،  $c$  = ارتفاع (میلی‌متر)

تیمارهای آزمایش شامل سرعت دورانی اره در سه سطح ۳۰۰ ( $S_1$ )، ۳۵۰ ( $S_2$ ) و ۴۰۰ ( $S_3$ ) دور بر دقیقه، رطوبت بذر در سه سطح ۵-۳ ( $M_1$ )، ۸-۶ ( $M_2$ ) و ۱۰-۸ ( $M_3$ ) درصد و رقم بذر در دو سطح رقم حکمت ( $V_1$ ) و گلستان ( $V_2$ )، بود. برداشت وش پنبه در مزرعه، با دست انجام شد.

**خصوصیات فیزیکی بذر:** برای اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی بذر، از بذر دلنیته شده (کرک‌گیری شده با اسیدسولفوریک) و رساندن رطوبت بذر به رطوبت‌های مورد نظر در آزمایش استفاده شد. با توجه به ارتباط مستقیم صدمات مکانیکی با

$G$  = درصد عملیات جین‌زنی،  $W_1$  = وزن الیاف پنبه،  
 $W_{sc}$  = وزن بذرهای پنبه

**صدمات مکانیکی به بذر:** برای ارزیابی صدمات مکانیکی به بذر، بعد از انجام عملیات توسط ماشین جین، تعداد ۳۰ بذر به طور تصادفی انتخاب شده و با بینی کولر (میکروسکوپ، مدل sz30 المپیوس ژاپن)، ترک‌ها و شکستگی‌های احتمالی بررسی شد. سپس از رابطه ۵، درصد بذرهای صدمه دیده محاسبه شد (شهبازی و همکاران، ۲۰۱۱).

$$MSD = \frac{N_{ds}}{N_{ts}} \times 100 \quad (5)$$

$MSD$  = درصد صدمات مکانیکی بذر،  $N_{ds}$  = تعداد بذرهای صدمه دیده،  $N_{ts}$  = تعداد کل بذرهای مورد آزمایش

**ظرفیت موادی ماشین جین:** به منظور ارزیابی عملکرد ماشین جین اره‌ای در واحد زمان در سرعت‌های دورانی اره و رطوبت‌های مختلف بذر، ظرفیت موادی ماشین بر اساس رابطه ۶، تعیین شد.

$$MC = \frac{Y}{T} \quad (6)$$

که در آن؛

$MC$  = ظرفیت موادی ماشین جین (کیلوگرم بر دقیقه)،  $Y$  = مقدار الیاف به دست آمده پس از فرآوری (کیلوگرم)،  $T$  = کل زمان عملیات فرآوری و ش پنبه (دقیقه)

### نتایج و بحث

**اثر رقم و رطوبت بذر پنبه بر میانگین هندسی ابعاد، ضریب کرویت و چگالی جامد:** اثر دو سطح رقم و سه سطح رطوبت، بر میانگین هندسی ابعاد، ضریب کرویت و چگالی جامد در جدول ۲ نشان داده شده است. بیشترین میانگین هندسی ابعاد مربوط به تیمار  $M_2V_2$  و مقدار ۵/۵۰ میلی‌متر و کمترین مقدار این پارامتر مربوط به تیمار  $M_1V_2$  و مقدار ۵/۳۷ میلی‌متر می‌باشد. این دو تیمار اختلاف معنی‌داری را در سطح ۵ درصد نشان می‌دهند.

با استفاده از میانگین هندسی، متوسط ضریب کرویت برای بذر تمام ارقام با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردید (رضوی و اکبری، ۱۳۹۱).

$$Sphericity = \frac{d_g}{a} \quad (2)$$

$Sphericity$  = ضریب کرویت (بی بعد)،  $d_g$  = میانگین هندسی ابعاد (میلی‌متر)،  $a$  = بزرگترین بعد (میلی‌متر) همچنین با توجه به این که جرم بذر روی صدمات مکانیکی اثر دارد، جرم مخصوص واقعی (چگالی جامد) نیز با توجه به رابطه ۳ محاسبه شد (رضوی و اکبری، ۱۳۹۱). حجم بذر با روش جابجایی با آب تعیین شد. ابتدا ۳۰ عدد بذر به طور تصادفی انتخاب و پس از تعیین وزن با ترازوی دیجیتالی، در یک بشر مدرج حاوی مقدار معین آب ریخته شد؛ به طوری که آب تمام خلل و فرج بین بذر را فرا گیرد. سپس اختلاف افزایش حجم آب از مقدار اولیه محاسبه و به عنوان حجم بذر در نظر گرفته شد. این مورد در سه تکرار و برای تیمارهای مختلف انجام گردید.

$$\rho = \frac{m}{V_t} \quad (3)$$

که در آن؛

$\rho_s$  = چگالی جامد (کیلوگرم بر مترمکعب)،  $m$  = جرم بذر (کیلوگرم)،  $V_t$  = حجم بذر (مترمکعب) پارامترهای اندازه‌گیری شده در رابطه با ماشین جین به صورت زیر بود:

**درصد عملیات جین‌زنی:** برای تعیین این پارامتر، ۱۰۰ گرم از وش پنبه (الیاف و بذر) با ترازوی دیجیتالی وزن و در حمام بن‌ماری برای رسیدن به رطوبت معین قرار داده شد. سپس این مقدار وش از حمام بن‌ماری بیرون آورده شد و در ماشین جین قرار گرفت. پس از جداسازی الیاف پنبه از بذر، درصد عملیات جین‌زنی با استفاده از رابطه ۴ به دست آمد (بهاراس و همکاران، ۲۰۱۵).

$$G = \frac{W_l}{W_{sc}} \times 100 \quad (4)$$

که در آن؛



جدول ۲ - اثر رطوبت و ارقام بر پارامترهای فیزیکی بذر پنبه

پارامتر	میانگین هندسی ابعاد (میلی‌متر)	ضریب کرویت (بی بعد)	چگالی جامد (کیلوگرم بر مترمکعب)
M <sub>1</sub> V <sub>1</sub>	۵/۴۴ <sup>ab</sup> ± ۰/۱۲	۰/۶۷۹ <sup>a</sup> ± ۰/۰۲	۶۱۷/۹۵ <sup>a</sup> ± ۱۸/۶۴
M <sub>1</sub> V <sub>2</sub>	۵/۳۷ <sup>b</sup> ± ۰/۱۰	۰/۶۹۷ <sup>a</sup> ± ۰/۰۲	۵۹۶/۹۲ <sup>a</sup> ± ۳۳/۶۳
M <sub>2</sub> V <sub>1</sub>	۵/۴۰ <sup>ab</sup> ± ۰/۰۸	۰/۶۹۸ <sup>a</sup> ± ۰/۰۳	۶۱۴/۰۵ <sup>a</sup> ± ۲۸/۸۹
M <sub>2</sub> V <sub>2</sub>	۵/۵۰ <sup>a</sup> ± ۰/۱۶	۰/۶۹۱ <sup>a</sup> ± ۰/۰۲	۶۱۵/۲۷ <sup>a</sup> ± ۴۰/۲۲
M <sub>3</sub> V <sub>1</sub>	۵/۴۵ <sup>ab</sup> ± ۰/۰۷	۰/۶۸۵ <sup>a</sup> ± ۰/۰۲	۵۹۸/۳۵ <sup>a</sup> ± ۱۶/۳۶
M <sub>3</sub> V <sub>2</sub>	۵/۴۷ <sup>ab</sup> ± ۰/۱۰	۰/۶۸۵ <sup>a</sup> ± ۰/۰۱	۶۰۰/۰۶ <sup>a</sup> ± ۱۹/۳۸

میانگین‌های با حروف یکسان اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).

یافته است، نشان می‌دهد که ضریب کرویت در تیمار M<sub>2</sub>V<sub>1</sub>، افزایش داشته است. همچنین مقایسه دو تیمار M<sub>1</sub>V<sub>2</sub> و M<sub>2</sub>V<sub>2</sub> با رقم یکسان گلستان و تفاوت سطوح رطوبتی، نشان‌دهنده اثر رطوبت در این رقم نیز است. با افزایش سطح رطوبت از M<sub>1</sub> به M<sub>2</sub>، طول این رقم (گلستان)، افزایش بیشتری نسبت به عرض و ضخامت آن پیدا کرده و بنابراین مقدار ضریب کرویت از ۰/۶۹۷ به ۰/۶۹۱ کاهش یافته است. در پنبه رقم حکمت با افزایش میزان رطوبت از M<sub>1</sub> به M<sub>2</sub>، تیمار M<sub>1</sub>V<sub>1</sub> و M<sub>2</sub>V<sub>1</sub>، کاهش بسیار ناچیز (۰/۰۴ میلی‌متر)، در مقدار میانگین هندسی ابعاد و کاهش حجم مشاهده می‌شود. با توجه به جدول ۴، چگالی از ۶۱۷/۹۵ به ۶۱۴/۰۵ کیلوگرم بر مترمکعب کاهش یافته است. این مورد نشان می‌دهد که با افزایش رطوبت، جرم بذر پنبه به اندازه کافی اضافه نشده و بنابراین چگالی جامد کاهش یافته است. با افزایش مقدار رطوبت به M<sub>3</sub>، تیمار M<sub>3</sub>V<sub>1</sub>، میانگین هندسی ابعاد افزایش یافته که افزایش حجم بذر نسبت به جرم را به دنبال داشته و بنابراین چگالی جامد در رقم حکمت به ۵۹۸/۳۵ کیلوگرم بر مترمکعب رسیده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که افزایش رطوبت باید به حد معینی برسد تا اثر خود را بر خواص فیزیکی بذر داشته باشد. حزبای و همکاران (۲۰۰۸)، افزایش رطوبت از ۶/۴۱ تا ۲۰ درصد که دامنه وسیعی از رطوبت است را عامل تغییر در خواص فیزیکی بذر کتان گزارش نمودند. در رقم گلستان با افزایش مقدار رطوبت از M<sub>1</sub> به M<sub>2</sub>، تیمار M<sub>1</sub>V<sub>2</sub> و M<sub>2</sub>V<sub>2</sub>، میانگین هندسی ابعاد از ۵/۳۷ میلی‌متر در تیمار

مقایسه دو تیمار بیشینه و کمینه که رقم گلستان در هر دو مشترک می‌باشد، بیانگر تاثیر مقدار رطوبت بر میانگین هندسی ابعاد است؛ به این صورت که با افزایش مقدار رطوبت از M<sub>1</sub> به M<sub>2</sub>، این پارامتر افزایش یافته است. با وجود این که سایر تیمارها نیز اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان نمی‌دهند، ولی تفاوت اندک در مقادیر میانگین هندسی ابعاد بذر، حاکی از تاثیر رطوبت بر اندازه ابعاد بذر می‌باشد. قدس‌ولی (۲۰۱۵)، افزایش جزئی در میانگین هندسی ابعاد با افزایش مقدار رطوبت در دو رقم سای‌اکرا و ساحل را گزارش نمود. نزدیک بودن میانگین هندسی ابعاد بذر و تغییر اندک در این مقدار با تغییر مقدار رطوبت را باید در خصوصیات فیزیکی بذر پنبه و ضخامت پوست این بذر جستجو نمود. آزمایش‌های حزبای و همکاران (۲۰۰۸)، نشان داد که تاثیر رطوبت بر ابعاد و میانگین هندسی با نوع بذر تغییر می‌کند؛ به طوری که در بذر کتان در رطوبت‌های ۶/۴۱، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد، قطر میانگین هندسی به ترتیب افزایش ۶/۵، ۸/۳، ۸/۴ و ۱۴/۳ درصد داشت؛ در حالی که با افزایش رطوبت در بذر پنبه، درصد افزایش در ابعاد و میانگین هندسی بسیار ناچیز است. نتایج نشان داد که ضریب کرویت در تیمارهای مختلف ارقام بذر پنبه و سطوح مختلف رطوبت در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیست. در تیمارهای M<sub>1</sub>V<sub>1</sub> و M<sub>1</sub>V<sub>2</sub> که مقدار رطوبت یکسان و فقط رقم‌های بذر با یکدیگر تفاوت دارند، رقم گلستان (V<sub>2</sub>) به دلیل کمتر بودن طول بذر، کرویت بیشتری نشان می‌دهد. مقایسه دو تیمار M<sub>1</sub>V<sub>1</sub> و M<sub>2</sub>V<sub>1</sub> که رقم حکمت در آن‌ها یکسان و سطح رطوبت افزایش

$M_1V_2$  به  $5/50$  میلی‌متر در تیمار  $M_2V_2$  افزایش یافته و معنی‌دار است. در این دو تیمار، با توجه به افزایش مقدار چگالی جامد از  $596/92$  به  $615/27$  کیلوگرم بر مترمکعب، رطوبت بر جرم بذر نیز اثر داشته و افزایش در مقدار جرم به نسبت بیشتری از حجم صورت گرفته است. با افزایش مقدار رطوبت به  $M_3$ ، در تیمار  $M_3V_2$ ، یک کاهش بسیار جزئی ( $0/03$  میلی‌متر) و عدم تفاوت معنی‌دار در میانگین هندسی ابعاد نسبت به دو تیمار  $M_1V_2$  و  $M_2V_2$ ، مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده عدم جذب رطوبت بیشتر بذر پنبه ( $10-8$  درصد)، است. تحقیقات نشان می‌دهد که با افزایش رطوبت، جرم، وزن هزار دانه و حجم بذر افزایش می‌یابد. این مورد در بذره‌های جو و کتان به عنوان نمونه گزارش شده است (دورسان و دورسان،  $2005$ ؛ حزب‌اوی و همکاران،  $2008$ ). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تغییر در ابعاد و میانگین هندسی بذر پنبه با افزایش رطوبت در هر رقم متفاوت و می‌تواند روند کاهشی یا افزایشی داشته باشد که در ارقام پنبه حکمت و گلستان مشاهده شد.

**بررسی میانگین‌های درصد عملیات جین‌زنی در سطوح مختلف سرعت، رطوبت و ارقام پنبه:** در رقم حکمت ( $V_1$ ) و سرعت دورانی  $300$  دور بر دقیقه ( $S_1$ )، سطوح رطوبتی  $3-5$ ،  $6-8$  و  $10-8$  درصد، تاثیر معنی‌داری بر عملیات جین‌زنی نداشته‌اند. در رقم گلستان ( $V_1$ ) و سرعت دورانی ( $S_1$ )، رطوبت‌های  $M_1$  و  $M_2$  با  $66/48$  و  $65/92$  درصد، اختلاف معنی‌دار نداشته، ولی با رطوبت  $M_3$  و مقدار  $57/33$  درصد اختلاف معنی‌داری را بر عملیات جین‌زنی نشان می‌دهد. همچنین در رقم گلستان ( $V_2$ )، در رطوبت  $3-5$  درصد، اختلاف معنی‌داری بین سه سرعت دورانی  $300$ ،  $350$  و  $400$  دور بر دقیقه مشاهده نشد. مقایسه میانگین‌های درصد عملیات جین‌زنی نشان داد که بیشترین مقدار جدا شدن الیاف از بذر کرک‌دار پنبه، در تیمار  $S_1M_1V_2$  با  $66/48$  درصد به دست آمده است. این تیمار اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال  $5$  درصد با تیمارهای  $S_1M_2V_2$  و  $S_2M_2V_2$  و مقادیر  $65/92$  و  $64/96$  نشان نداد. مقایسه دو تیمار

$M_1V_2$  و  $S_1M_2V_2$  با سرعت عملیات جین‌زنی مساوی و رطوبت متفاوت در رقم گلستان، نشان داد که افزایش در مقدار رطوبت از  $M_1$  به  $M_2$  می‌تواند در تغییر درصد عملیات جین‌زنی اثرگذار باشد. این در حالی است که افزایش درصد رطوبت از  $M_2$  به  $M_3$  (از  $6-8$  به  $10-8$  درصد)، کاهش در عملیات جین‌زنی را به دنبال دارد. این موضوع در رقم گلستان ( $V_2$ ) و در سرعت دورانی  $S_2$  نیز صادق است؛ به این صورت که با افزایش رطوبت از مقدار  $3-5$  درصد به  $6-8$  درصد، درصد عملیات جین‌زنی از  $63/00$  به  $64/96$  درصد افزایش یافته و پس از آن، افزایش رطوبت تا  $10-8$  درصد، کاهش عملیات جین‌زنی را تا مقدار  $60/49$  به همراه داشته است که البته اختلاف معنی‌داری را در سطح  $5$  درصد با یکدیگر نشان نمی‌دهند. در رقم حکمت نیز با ثابت نگهداشتن سرعت دورانی و افزایش مقدار رطوبت از  $M_1$  به  $M_2$ ، ابتدا درصد عملیات جین‌زنی زیاد و سپس با افزایش رطوبت به  $M_3$ ، درصد عملیات جین‌زنی کاهش یافت که البته اختلاف بین تیمارها معنی‌دار نبود. افزایش درصد عملیات جین‌زنی در پنبه و در یک رطوبت خاص ( $6-5$  درصد) و کاهش این عملیات در رطوبت‌های بالاتر ( $7-6$  و  $8-7$  درصد)، توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (رابرت و همکاران،  $2018$ ؛ شانما،  $2014$ ).

مقایسه ابعاد بذر در محاسبه میانگین هندسی، نیز موارد بالا را تایید می‌کند (جدول ۲). در رقم حکمت، با افزایش مقدار رطوبت، تفاوت محسوسی در اندازه بذر مشاهده نمی‌شود؛ ولی این تفاوت در رقم گلستان کمی محسوس‌تر است. بنابراین همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، درصد عملیات جین‌زنی در رقم گلستان بیشتر از رقم حکمت می‌باشد. افزایش اندک ابعاد بذر در رقم گلستان باعث می‌شود که ااره‌های ماشین جین، الیاف را بهتر از بذر پنبه جدا کرده و با توجه به زیاد شدن ابعاد بذر، عبور بذر از شیارهای ماشین جین و مخلوط شدن با الیاف کمتر گردد. همچنین با افزایش رطوبت از  $M_2$  به  $M_3$  در رقم گلستان و کاهش ابعاد بذر، شاهد کاهش درصد عملیات جین‌زنی توسط ماشین جین هستیم.

جدول ۳- اثر سرعت دورانی، رطوبت و رقم بر درصد عملیات جین‌زنی

درصد عملیات جین‌زنی	پارامتر
	تیمار
$47/89^f \pm 1/21$	$S_1M_1V_1$
$66/48^a \pm 2/79$	$S_1M_1V_2$
$48/65^f \pm 1/69$	$S_1M_2V_1$
$65/92^a \pm 4/14$	$S_1M_2V_2$
$49/32^f \pm 0/81$	$S_1M_3V_1$
$57/33^{de} \pm 7/17$	$S_1M_3V_2$
$50/20^f \pm 0/84$	$S_2M_1V_1$
$63/00^{abc} \pm 1/12$	$S_2M_1V_2$
$52/05^f \pm 3/51$	$S_2M_2V_1$
$64/96^{ab} \pm 1/58$	$S_2M_2V_2$
$49/56^f \pm 1/65$	$S_2M_3V_1$
$60/49^{bcd} \pm 3/56$	$S_2M_3V_2$
$48/67^f \pm 1/24$	$S_3M_1V_1$
$62/94^{abc} \pm 3/22$	$S_3M_1V_2$
$53/12^{ef} \pm 1/32$	$S_3M_2V_1$
$59/23^{dc} \pm 2/67$	$S_3M_2V_2$
$49/54^f \pm 0/47$	$S_3M_3V_1$
$59/24^{dc} \pm 0/76$	$S_3M_3V_2$

میانگین‌های با حروف یکسان اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).

جین، افزایش کارایی عملیات جین‌زنی، افزایش کیفیت وش و کاهش مصرف انرژی را به دنبال داشته و در رطوبت و سرعت دورانی بالاتر، پارامترهای بیان شده کاهش می‌یابد. بررسی داده‌ها و تجزیه و تحلیل آن‌ها نشان داد که تغییر رطوبت نسبت به سرعت دورانی، متغیر تاثیرگذارتری در پارامتر عملیات جین-زنی و جدایش الیاف از بذرهای کرک‌دار پنبه می‌باشد. البته باید توجه داشت که افزایش بیشتر رطوبت، باعث چسبیدن الیاف به بذر پنبه و کاهش جدا شدن الیاف از بذر می‌شود که در نهایت کاهش عملیات جین‌زنی را به دنبال دارد.

**بررسی میانگین‌های صدمات مکانیکی بذر در سطوح مختلف سرعت دورانی ماشین جین، رطوبت و ارقام پنبه:** در جدول ۴، صدمات مکانیکی به بذر، در دو رقم حکمت و گلستان نشان داده شده است. در این جدول، بیشترین صدمات مکانیکی به مقدار ۱۰ درصد مربوط به تیمارهای  $S_2M_2V_2$  و  $S_2M_3V_2$  و کمترین مقدار صدمات مکانیکی بذر (صفر

داده‌های جدول ۳ نشان می‌دهد که ثابت نگهداشتن رقم و رطوبت و تغییر در سرعت دورانی از  $S_1$  به  $S_2$ ، باعث افزایش درصد عملیات جین‌زنی شده و افزایش بیشتر تا سرعت دورانی  $S_3$ ، کاهش یا تغییر افزایشی بسیار کم درصد عملیات جین‌زنی را به دنبال دارد. به عنوان نمونه در رقم گلستان، در تیمارهای  $S_1M_2V_2$ ،  $S_2M_2V_2$  و  $S_3M_2V_2$ ، درصد عملیات جین-زنی به ترتیب ۶۵/۹۲، ۶۴/۹۶ و ۵۹/۲۳ درصد بوده که روند کاهشی داشته و سرعت‌های دورانی  $S_1$  و  $S_2$ ، اختلاف معنی‌داری را با سرعت دورانی  $S_3$  نشان می‌دهد. همچنین در رقم حکمت نیز در تیمارهای  $S_1M_2V_1$ ،  $S_2M_2V_1$  و  $S_3M_2V_1$ ، با افزایش سرعت دورانی، درصد عملیات جین‌زنی به ترتیب ۴۸/۶۵، ۵۲/۰۵ و ۵۳/۱۲ درصد بوده که با افزایش اندک همراه، ولی اختلاف معنی‌داری را نسبت به یکدیگر نشان نمی‌دهند. نتایج تحقیقات پراشانت کومار و همکاران (۲۰۰۷)، نشان داد که که اضافه کردن رطوبت تا ۷ درصد و سرعت دورانی ۱۲۰ دور بر دقیقه ماشین

درصد)، مربوط به تیمارهای  $S_1M_1V_2$ ،  $S_1M_1V_1$ ،  $S_2M_2V_1$ ،  $S_2M_2V_2$ ،  $S_3M_3V_1$  و  $S_3M_3V_2$  می‌باشد. آسیب کمتر به رقم حکمت ( $V_1$ ) در رطوبت‌ها و سرعت‌های دورانی مختلف را می‌توان به پوسته محکم‌تر این رقم نسبت داد.

جدول ۴- اثر سرعت دورانی، رطوبت و رقم بر صدمات مکانیکی بذر

تیمار	پارامتر	صدمات مکانیکی بذر (درصد)
$S_1M_1V_1$	$0.00 \pm 0.00$	$0.00 \pm 0.00$
$S_1M_1V_2$	$0.00 \pm 0.00$	$0.00 \pm 0.00$
$S_1M_2V_1$	$2.77^{ab} \pm 6.67$	$2.77^{ab} \pm 6.67$
$S_1M_2V_2$	$1.86^{bc} \pm 6.67$	$1.86^{bc} \pm 6.67$
$S_1M_3V_1$	$2.77^{ab} \pm 6.67$	$2.77^{ab} \pm 6.67$
$S_1M_3V_2$	$2.77^{ab} \pm 6.67$	$2.77^{ab} \pm 6.67$
$S_2M_1V_1$	$0.00^{ab} \pm 0.00$	$0.00^{ab} \pm 0.00$
$S_2M_1V_2$	$0.00^{abc} \pm 0.00$	$0.00^{abc} \pm 0.00$
$S_2M_2V_1$	$0.00^d \pm 0.00$	$0.00^d \pm 0.00$
$S_2M_2V_2$	$3.11^a \pm 10.00$	$3.11^a \pm 10.00$
$S_2M_3V_1$	$0.00^d \pm 0.00$	$0.00^d \pm 0.00$
$S_2M_3V_2$	$3.11^a \pm 10.00$	$3.11^a \pm 10.00$
$S_3M_1V_1$	$0.00^d \pm 0.00$	$0.00^d \pm 0.00$
$S_3M_1V_2$	$1.86^{bc} \pm 3.33$	$1.86^{bc} \pm 3.33$
$S_3M_2V_1$	$2.77^{ab} \pm 6.67$	$2.77^{ab} \pm 6.67$
$S_3M_2V_2$	$2.77^{ab} \pm 6.67$	$2.77^{ab} \pm 6.67$
$S_3M_3V_1$	$1.86^{bc} \pm 3.33$	$1.86^{bc} \pm 3.33$
$S_3M_3V_2$	$1.86^{bc} \pm 3.33$	$1.86^{bc} \pm 3.33$

میانگین‌های با حروف یکسان اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).

مکانیکی به بذر تا ۱۰ درصد افزایش یافت که دلیل عمده آن همان چسبیدن الیاف به بذرهای کرک‌دار پنبه و جذب رطوبت توسط پوسته بذر است. افزایش مقدار رطوبت تا حد معین در کاهش صدمات مکانیکی و افزایش بیشتر رطوبت در افزایش صدمات مکانیکی به بذر توسط محققان گزارش شده است (شهبازی و همکاران، ۲۰۱۷؛ اسزوید و لیواسزوک، ۲۰۰۷؛ بویکین، ۲۰۰۵). در سرعت دورانی  $S_3$  (۴۰۰ دور بر دقیقه)، با افزایش مقدار رطوبت از  $M_1$  به  $M_2$ ، مقدار صدمات مکانیکی به بذر ابتدا تا ۶/۶۷ درصد افزایش و سپس در رطوبت  $M_3$ ، صدمات مکانیکی به بذر تا ۳/۳۷ درصد کاهش می‌یابد. در اکثر تیمارها، رقم گلستان از نظر درصد ضایعات مکانیکی بذر با رقم حکمت مقدار یکسان داشته یا کمی درصد ضایعات مکانیکی آن

در تیمارهای سرعت دورانی  $S_1$  (۳۰۰ دور بر دقیقه)، با افزایش رطوبت از  $M_1$  به  $M_2$ ، صدمات مکانیکی به بذر تا ۶/۶۷ درصد افزایش یافته و سپس در رطوبت  $M_3$ ، به یک مقدار ثابت رسیده است. افزایش ضایعات مکانیکی با افزایش مقدار رطوبت را می‌توان به چسبیدن الیاف به بذرهای کرک‌دار پنبه و افزایش زمان جدا شدن الیاف از بذر در کمترین سرعت دورانی (۳۰۰ دور بر دقیقه)، مرتبط دانست. همچنین جذب رطوبت توسط بذر پنبه و نرم‌تر شدن پوسته آن می‌تواند یکی از دلایل آسیب مکانیکی بذر به شمار رود. در سرعت دورانی  $S_2$  (۳۵۰ دور بر دقیقه) و رقم گلستان، ابتدا با افزایش رطوبت از  $M_1$  به  $M_2$ ، مقدار صدمات مکانیکی به بذر ثابت (صفر درصد) و سپس با افزایش رطوبت به  $M_3$ ، مقدار صدمات

بیشتر است که با احتمال، به دلیل بیشتر بودن میانگین هندسی ابعاد در این رقم است. تاثیر افزایش اندازه دانه در حساسیت و افزایش صدمات مکانیکی به دلیل جذب انرژی بیشتر در هنگام عملیات فرآوری بذر در محصولات مختلف تایید شده است (شهبازی، ۲۰۱۲؛ سببمرگن و کین، ۲۰۰۵). به طور کلی از داده‌های به دست آمده چنین استنباط می‌شود که هر سه متغیر رطوبت، سرعت دورانی اره در مقادیر مختلف و نیز نوع رقم، بر صدمات مکانیکی بذر پنبه با

توجه به پوسته ضخیم بذر، موثر است. مقایسه میانگین‌های ظرفیت‌های مواد ماشین جین در سطوح مختلف سرعت دورانی، رطوبت و ارقام پنبه: داده‌های به دست آمده از میانگین ظرفیت‌های مواد ماشین جین نشان داد که حداکثر مقدار این پارامتر در تیمار  $S_1M_2V_2$  و کمترین مقدار در تیمار  $S_1M_1V_1$  به ترتیب با ۰/۰۴۰ و ۰/۰۳۲ کیلوگرم بر دقیقه به دست آمده است که اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد با یکدیگر دارند (جدول ۵).

جدول ۵- اثر سرعت دورانی، رطوبت و رقم بر ظرفیت‌های مواد ماشین جین

ظرفیت‌های مواد ماشین جین (کیلوگرم بر دقیقه)	پارامتر	تیمار
۰/۰۳۲ <sup>h</sup> ± ۰/۰۰		$S_1M_1V_1$
۰/۰۳۹ <sup>ab</sup> ± ۰/۰۰		$S_1M_1V_2$
۰/۰۳۳ <sup>hg</sup> ± ۰/۰۰		$S_1M_2V_1$
۰/۰۴۰ <sup>a</sup> ± ۰/۰۰		$S_1M_2V_2$
۰/۰۳۳ <sup>fgh</sup> ± ۰/۰۰		$S_1M_3V_1$
۰/۰۳۶ <sup>de</sup> ± ۰/۰۰		$S_1M_3V_2$
۰/۰۳۳ <sup>fgh</sup> ± ۰/۰۰		$S_2M_1V_1$
۰/۰۳۸ <sup>abc</sup> ± ۰/۰۰		$S_2M_1V_2$
۰/۰۳۴ <sup>efg</sup> ± ۰/۰۰		$S_2M_2V_1$
۰/۰۳۹ <sup>ab</sup> ± ۰/۰۰		$S_2M_2V_2$
۰/۰۳۳ <sup>fgh</sup> ± ۰/۰۰		$S_2M_3V_1$
۰/۰۳۷ <sup>dc</sup> ± ۰/۰۰		$S_2M_3V_2$
۰/۰۳۳ <sup>gh</sup> ± ۰/۰۰		$S_3M_1V_1$
۰/۰۳۸ <sup>abc</sup> ± ۰/۰۰		$S_3M_1V_2$
۰/۰۳۵ <sup>ef</sup> ± ۰/۰۰		$S_3M_2V_1$
۰/۰۳۷ <sup>bcd</sup> ± ۰/۰۰		$S_3M_2V_2$
۰/۰۳۳ <sup>gh</sup> ± ۰/۰۰		$S_3M_3V_1$
۰/۰۳۷ <sup>dc</sup> ± ۰/۰۰		$S_3M_3V_2$

میانگین‌های با حروف یکسان اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵/۰).

در هنگام فرآوری وش پنبه موثر است. دلیل این امر را می‌توان در میانگین هندسی ابعاد بیشتر رقم گلستان و برخورد بدون انسداد شیارهای اره ماشین جین و عبور بهتر الیاف و جدایش بذر نسبت به رقم حکمت دانست. همچنین در رقم گلستان، در سرعت دورانی ثابت، افزایش رطوبت از  $M_1$  به  $M_2$ ، باعث افزایش ظرفیت‌های مواد ماشین جین و افزایش رطوبت از  $M_2$  به  $M_3$ ، تغییر معنی‌داری در مقدار ظرفیت‌های مواد ماشین

در تمام تیمارهایی که سرعت دورانی اره و رطوبت یکسان می‌باشد، رقم گلستان ( $V_2$ )، ظرفیت‌های مواد بیشتری نسبت به رقم حکمت ( $V_1$ ) ایجاد نموده است. به عنوان مثال در تیمار  $S_1M_2V_1$  و  $S_1M_2V_2$ ، مقدار ظرفیت‌های مواد به ترتیب ۰/۰۳۳ و ۰/۰۴۰ کیلوگرم بر دقیقه است. همچنین در تیمار  $S_3M_3V_1$  و  $S_3M_3V_2$  نیز ظرفیت‌های مواد به ترتیب ۰/۰۳۳ و ۰/۰۳۷ کیلوگرم بر دقیقه بوده که نشان می‌دهد نوع رقم استفاده شده

پارامتر درصد عملیات جین‌زنی توسط ماشین جین نیز صادق بود.

**بررسی معادلات رگرسیونی متغیرهای مستقل و وابسته در ارقام پنبه:** روابط رگرسیونی رطوبت و سرعت (متغیرهای مستقل) با پارامترهای مورد آزمایش (متغیر وابسته)، در رقم حکمت در جدول ۶، آورده شده است. با توجه به این جدول، با افزایش رطوبت، چگالی جامد کاهش یافته است. به نظر می‌رسد که با افزایش رطوبت، نرخ افزایش حجم، بیشتر از افزایش جرم بوده است. با توجه به این که دمای بخار آب در حمام بن‌ماری بیشتر از دمای محیط و وش در نظر گرفته شد، تغییر حجم پنبه دانه، متاثر از توده الیاف بود که باعث شد نرخ افزایش حجم بذر بیشتر از جرم آن باشد. این مورد را تحقیقات دیگر نیز تایید کرده‌اند (اوزارسلان، ۲۰۰۲). با افزایش سرعت دورانی اره، ظرفیت موادی ماشین با توجه به انجام سریع‌تر فرآوری وش پنبه افزایش یافته که البته همانطور که در قسمت‌های قبل توضیح داده شد، مقدار این افزایش جزئی است.

جدول ۶- روابط رگرسیونی رطوبت و سرعت با پارامترهای آزمایش در پنبه رقم حکمت

معادله	R <sup>2</sup>
MSD = ۱/۶۷ M - ۰/۷۴۱	۰/۵۱۹
$\rho = - ۹/۸۰ M + ۶۲۹/۷۱$	۰/۸۹۲
G = ۰/۹۱۰ S + ۴۸/۰۹	۰/۶۵۹
MC = ۰/۰۰۰۱ S + ۰/۰۳۲	۰/۶۷۴

M = رطوبت، S = سرعت دورانی اره، MSD = صدمات مکانیکی بذر،  $\rho$  = چگالی جامد، G = درصد عملیات جین‌زنی، MC = ظرفیت موادی ماشین

روابط رگرسیونی جدول ۷، در رقم گلستان نیز نشان می‌دهد که با افزایش رطوبت و سرعت، میانگین هندسی ابعاد بذر افزایش و درصد عملیات جین‌زنی کاهش یافته است. افزایش رطوبت باعث کاهش ظرفیت موادی ماشین و افزایش سرعت دورانی باعث افزایش این پارامتر می‌شود. با افزایش رطوبت، با توجه به این که الیاف وش به یکدیگر می‌چسبند، عملیات

جین ایجاد نشده است. روند تغییرات در ظرفیت موادی ماشین جین با سرعت دورانی ثابت و افزایش رطوبت در رقم حکمت نیز از رقم گلستان تبعیت می‌نماید (جدول ۵). با توجه به توضیحات ارائه شده، افزایش رطوبت از M<sub>1</sub> به M<sub>2</sub>، باعث چسبیدن مختصر الیاف به هم شده که تسریع در عبور الیاف از شیارهای اره ماشین جین و جدایش سریع‌تر بذر از الیاف ماشین جین را به دنبال دارد. با افزایش بیشتر رطوبت از M<sub>2</sub> به M<sub>3</sub>، الیاف به همدیگر و به بذر چسبیده و عبور الیاف از شیارهای ماشین جین کمتر شده و در نهایت کاهش یا ثابت بودن ظرفیت ماشین جین را به دنبال دارد. افزایش ظرفیت عملیات جین‌زنی در رطوبت ۸ درصد و افزایش کارایی تمیزشدن وش همراه با کاهش صدمات مکانیکی در رطوبت ۶ درصد توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (بتیل و همکاران، ۲۰۰۶). داده‌های میانگین در تیمارهای مختلف نشان داد که با ثابت بودن رقم و رطوبت و افزایش سرعت دورانی اره ماشین جین از ۳۰۰ به ۳۵۰ و ۴۰۰ دور بر دقیقه، بعضاً روند افزایش ظرفیت موادی ماشین جین به صورت جزئی یا ثابت، در هر دو رقم و در هر سه سطح رطوبتی ۵-۳، ۸-۶ و ۱۰-۸ درصد، مشاهده می‌شود. در تیمارهای S<sub>1</sub>M<sub>1</sub>V<sub>1</sub>، S<sub>2</sub>M<sub>1</sub>V<sub>1</sub> و S<sub>3</sub>M<sub>1</sub>V<sub>1</sub> که رطوبت و رقم ثابت می‌باشد، افزایش سرعت دورانی اره ماشین جین، توانایی قابل ملاحظه‌ای در پیوستگی ارتباط بین الیاف و نیز الیاف و بذر را نداشته و ظرفیت موادی ماشین در این سه تیمار به ترتیب ۰/۰۳۲، ۰/۰۳۳ و ۰/۰۳۳ کیلوگرم بر دقیقه می‌باشد. این روند در رقم گلستان و رطوبت‌های ثابت و تغییر در سرعت دورانی اره ماشین جین در تیمارهای S<sub>1</sub>M<sub>3</sub>V<sub>2</sub>، S<sub>2</sub>M<sub>3</sub>V<sub>2</sub> و S<sub>3</sub>M<sub>3</sub>V<sub>2</sub> با ۰/۰۳۶، ۰/۰۳۷ و ۰/۰۳۷ و عدم اختلاف معنی‌دار با یکدیگر نیز قابل مشاهده است. از توضیحات ارائه شده چنین استنباط می‌شود که تغییر رطوبت تا حد معینی (در این تحقیق رطوبت ۶-۸ درصد)، موثرتر از تغییر در سرعت دورانی ماشین جین بوده و با تغییر جزئی در مقدار رطوبت وش پنبه، ظرفیت موادی تغییر خواهد یافت. مورد اخیر در

فرآوری و جداسازی الیاف از بذر کمتر انجام شده و ظرفیت موادی کاهش می‌یابد.

جدول ۷- روابط رگرسیونی رطوبت و سرعت با پارامترهای آزمایش در پنبه رقم گلستان

معادله	رقم گلستان	R <sup>2</sup>
$G = -2/559 M + 67/294$		0/859
$d_g = 0/048 M + 351$		0/555
$Sph = -0/006 M + 0/702$		0/999
$MSD = 2/778 M - 0/741$		0/750
$MC = -0/001 M + 0/040$		0/656
$G = -1/388 S + 64/952$		0/836
$d_g = 0/023 S + 5/400$		0/935
$MC = 0/0001 S + 0/039$		0/722

M = رطوبت، S = سرعت دورانی اره، G = درصد عملیات جین‌زنی،  
 $d_g$  = میانگین هندسی ابعاد، Sph = کرویت، MSD = صدمات  
 مکانیکی بذر، MC = ظرفیت موادی ماشین

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق اثر سه سطح رطوبت و سه سطح سرعت بر پارامترهای اندازه‌گیری شده در یک ماشین جین اره‌ای در فرآوری دو رقم پنبه حکمت و گلستان بررسی شد. نتایج نشان داد که افزایش رطوبت از ۳-۵ درصد به ۶-۸ درصد، باعث افزایش درصد عملیات جین‌زنی در هر دو رقم حکمت و گلستان گردید؛ ولی با افزایش درصد رطوبت به ۱۰-۸ درصد، مقدار این

پارامتر کاهش یافت. ضایعات مکانیکی بذر با افزایش مقدار رطوبت افزایش یافت که دلیل آن چسبیدن الیاف به بذرهای کرک‌دار پنبه و افزایش زمان جدا شدن الیاف از بذر بود. تغییر رطوبت تا حد معینی (۸-۶ درصد)، موثرتر از تغییر در سرعت دورانی اره ماشین جین در تغییر ظرفیت موادی در هر دو رقم پنبه بود. افزایش رطوبت تا سطح ۸-۶ درصد، افزایش ظرفیت موادی ماشین را به دنبال داشته و افزایش سرعت دورانی اره از ۳۰۰ به ۳۵۰ و ۴۰۰ دور بر دقیقه، باعث افزایش جزیی ظرفیت موادی ماشین جین شد.

با توجه به نتایج به دست آمده از این آزمایش، موارد زیر پیشنهاد می‌گردد:

- ۱- سرعت دورانی ۳۵۰ دور بر دقیقه ماشین جین و رطوبت ۸-۶ درصد برای فرآوری وش پنبه در هر دو رقم حکمت و گلستان قابل توصیه است.
- ۲- با توجه به موثر بودن رطوبت در فرآوری وش پنبه، بایستی قبل از انجام عملیات فرآوری، رطوبت وش به میزان توصیه شده رسیده و سپس عملیات صورت پذیرد.
- ۳- به منظور تکمیل آزمایش‌ها، لازم است ماشین جین غلطکی نیز با نوع اره‌ای مقایسه و اثر رطوبت و سرعت دورانی در کاهش ضایعات بذر پنبه مورد مقایسه قرار گیرد.

### منابع

- Baryeh, E.A. 2002. A simple grain impact damage assessment device for developing countries. *Journal of Food Engineering*, 56: 37-42.
- Bern, C.J., Quick, G., and herum, F.L. 2019. Harvesting and postharvest management. pp. 109-145. *In: Corn*. AACC International Press.
- Bharath. P., Raju, K., Vigneshwar, M., and Rohit, R. 2015. Study of ginning and pressing mills. *International Journal of Emerging Technology and Innovative Engineering*, 1(4): 107-116.
- Boykin, J.C. 2005. The effect of dryer temperature and moisture addition on ginning energy and cotton properties. *The Journal of Cotton Science*, 15: 155-165.
- Capeleti I., Bonini, E.A., Ferrarese, M.L.L., Teixeira, A.C.N., Krzyzanowski, F.C., and Ferrarese-Filho, O. 2005. Lignin content and peroxidase activity in soybean seed coat susceptible and resistant to mechanical damage. *Acta Physiologiae Plantarum*, 27 (1): 103-108.
- Chawla, K.K., Tabil, L.G., and Likhyani, S. 1998. Impact damage to peas and dry beans. Pp. 60-65. *In: Proceedings ASAE/SCGR Annual Meeting*, 5-9 July., Vancouver, Canada.

- Columbus, E.P., and Backe, E.E. 1992. Improved fiber and yarn quality through differential ginning. *American Society of Agricultural Engineers*, 8(2): 175-178.
- Cook, G. 2004. Soybean quality issues. *Illinois Seed News*. gcook@ilcrop.com
- Dobrzański B., Stępniewski, A., and Grundas, S. 2013. Physical properties of seeds in technological processes. *Advances in Agrophysical Research*, 269–294.
- Dursun, E., and Dursun, I. 2005. Some physical properties of caper seed. *Biosystems Engineering*, 92(2): 237-245.
- Dursun, I., Tugrul, K.M., and Dursun, E. 2007. Some physical properties of sugar beet seed. *Journal of Stored Products Research*, 43: 149-155.
- Ellis, R.A., and Roberts, E.H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology*, 9: 373 -409.
- Gu, R., Li, L., Liang, X., Wang, Y., Fan, T., and Wang, J. 2017. The ideal harvest time for seeds of hybrid maize (*Zea mays* L.) XY335 and ZD958 produced in multiple environments. *Scientific Reports*, 7: 17537.
- Gu, R., Huang, R., Jia, G.Y., Yuan, Z.P., Ren, L.S., Li, L.I., and Wang, J.H. 2019. Effect of mechanical threshing on damage and vigor of maize seed threshed at different moisture content. *Journal of Integrative Agriculture*, 18(7): 1571-1578.
- Hazbavi, E., Minaei, S., Ghobadian, B., Khoshtaghaza, M.H., and Kazemi, Sh. 2008. Effect of moisture content on physical properties of cotton seeds. Pp. 1-5. *In: Proceedings 18<sup>th</sup> National Congress on Food Technology*, 15-16 Oct., Mashhad, Iran. (in Persian with English abstract)
- Karaj, S., and Müller, J. 2010. Determination of physical, mechanical and chemical properties of seeds and kernels of *Jatropha curcas* L. *Industrial Crops and Products*, 32: 129–138.
- Kaya, C., Kirnak, H., Higgs, D., and Satali, K. 2002. Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. *Plant Horticulture*, 93: 65–74.
- Khazaei, J. 2009. Influence of impact velocity and moisture content on mechanical damages of white kidney beans under loadings. *Cercetări Agronomice în Moldova*, 13(1): 137.
- Khazaei, J., Shahbazi, F., Massah, J., Nikraves, M., and Kianmehr, M.H. 2008. Evaluation and modeling of physical and physiological damage to wheat seeds under successive impact loadings: mathematical and neural networks modeling. *Journal of Crop Science*, 48: 1532–1544.
- Kuźniar P., Jarecki, W., and Bobrecka-Jamro, D. 2013. Mechanical properties of the selected legume seeds and their weight and thickness. *Inżynieria Rolnicza*, 4(147): 171–177.
- Lutts, S., Kinet, J.M., and Bouharmont, J. 1995. Changes in plant response to NaCl during development of rice (*Oryzasatiova* L.) varieties different in salinity resistance. *Journal of Experimental Botany*, 46: 1843-1852.
- Mandhanis, S., Madan, S., Sawhnes, V. 2006. Antioxidant defense mechanism under salt stress in wheat seedlings. *Biologia Plantarum*, 50(2): 227-231.
- Mohsenin, N. 1986. *Physical properties of plant and animal materials*. New York, NY: Gordon and Breach. 758p.
- Moreano, T.B., Marques, O.J., Braccini, A.L., Scapim, C.A., Franca-Neto, J.D.B., and Krzyzanowski, F.C. 2018. Evolution of the physical and physiological quality of soybean seeds during processing. *Journal of Seed Science*, 40(3): 313-322.
- Nowrouzieh, S., Rezaei-Asl, A., Kiani, S. 2012. Determination of some physical characteristics of cotton seeds. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 1(1): 6-13. (in Persian with English abstract)
- Ozarlan, C. 2002. Physical properties of cotton seed. *Biosystems Engineering*, 83(2): 169-174.
- Patil, P.G., Arude, V.G., and Anap, G.R. 2006. Design and development of cylinder type cotton pre-cleaner. *Journal of Mechanization in Asia, Africa and Latin America (AMA)*, 37(3): 46-51.
- Paulsen, M.R., Singh, M., and Singh, V. 2019. Measurement and maintenance of corn quality. pp. 165-211. *In: Corn*. AACC International Press.



- Prashantkumar, G.P., Promode, M.P., and Arun, B.D. 2007. Effect of roller speed and moisture content of cotton on ginning rate, lint quality and electric energy consumption in double roller gin. *Textile Research Journal*, 77(9): 17-23.
- Qinghua, S., Zhiyi, V., Zhun, Z., Quansheng, Y., and Qiong, Q. 2006. Effect of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzyme activity in seedling of *Cucumis Sativa* L. *Plant Growth Regulators*, 48: 127-135.
- Qodsevali, A.R. 2015. Investigating the effect of moisture content of geometrical and gravimetric properties of cotton seeds. *Iranian Journal of Oilseed Crops*, 4(1): 11-22.
- Razavi, M.A., Akbari, R. 2019. Biophysical properties of agricultural and food materials Ferdowsi University of Mashhad, Iran, 340p. (in Persian)
- Robert, G., Hardin, I.V., Edward, M.B., Banes, M., Thomas, D.V., Vikki, B.M., and David, M.C. 2018. Effect of gin machinery on cotton quality. *The Journal of Cotton Science*, 22:36-46.
- Rybiński, W., Starzycki, M., Rusinek, R., Bocianowski, J., Szot, B. 2013. Variation of legume seed's chemical composition and resistance to mechanical damage. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 268: 193-209.
- Shahbazi, F. 2012. A study on the seed susceptibility of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars to impact damage. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14(3): 505-512.
- Shahbazi, F., Saffar, A., and Analooei, M. 2011. Mechanical damage to navy beans as affected by moisture content, impact velocity and seed orientation. *Assurance and Safety of Crop & Foods*, 3: 205-211.
- Shanma, M.R. 2014. Contamination, trash and moisture control in ginning and pressing factories. *The Occasion of Cotton India*, 24-26 November, Souvenir, India.
- Siebenmorgen, T.J., and Qin, G. 2005. Relating rice kernel breaking force distributions to milling quality. *Transactions of the ASAE*, 26(6): 1858-1863.
- Szwed, G., and Lukaszuk, J. 2007. Effect of rapeseed and wheat kernel moisture on impact damage. *International Agrophysics*, 21(3): 299-304.

