تحقیقات سامانه‌ها و مکانیزاسیون کشاورزی/جلد ۲٤/ شماره ۸٦/تابستان ۱٤۰۲/ص ۹۸-۸۱
سایت مجله: https://www.amsr.areeo.ac.ir

مقاله علمی– پژوهشی

بررسی اثر ماشین جین اره‌ای در فرآوری وش بر خصوصیات رویشی بذر دو رقم پنبه

محمدعلی به‌آئین

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۲/۲۶

چکیده

آسیب‌های ظاهری و داخلی به بذر در اثر نیروهای مکانیکی حاصل از ماشین‌های فرآوری، کاهش درصد جوانه‌زنی و قدرت رویشی بذر را به دنبال دارد. با هدف افزایش کارایی ماشین جین اره‌ای در جداسازی الیاف از بذر، آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار اجرا شد. سطوح فاکتورهای آزمایش، سرعت دورانی اره‌های ماشین جین در سه سطح ۳۰۰ (S1)، ۳۵۰ (S2) و ٤۰۰ (S3) دور بر دقیقه، رطوبت بذر در سه سطح ۵-۳ (M1)، ۸-٦ (M2) و ۱۰-۸ (M3) درصد و رقم بذر پنبه در دو سطح حکمت (V1) و گلستان (V2) بود. در ارتباط با بذر پنبه، متغیرهای طول، عرض، ضخامت، میانگین هندسی و ضریب کرویت اندازه‌گیری شد. پس از فرآوری وش پنبه در ماشین جین، اندیس ضخامت پوست بذر، میزان مواد خارجی روی الیاف، ظرفیت موادی ماشین جین اره‌ای، قوهٔ نامیهٔ بذر، سرعت جوانه‌زنی بذر، شاخص بنیهٔ بذر و نشت یونی نسبی تعیین شد. پس از تجزیهٔ واریانس، مقایسه داده‌های میانگین تیمارها با آزمون دانکن و معادلهٔ رگرسیون بین تیمارهای آزمایش (متغیرهای مستقل) و پارامترهای اندازه‌گیری شده (متغیرهای وابسته) صورت گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که تیمارهای S1M2V2 و S1M1V1، به ترتیب با ۲/٤۰ و ۱/۹۰ کیلوگرم بر ساعت، بیشترین و کمترین مقدار ظرفیت موادی را ایجاد کرده‌اند. با در نظر گرفتن سرعت دورانی و رطوبت یکسان، ظرفیت موادی ماشین در رقم گلستان ۱۲/۲۲ درصد بیشتر بود تا در رقم حکمت. معادلات رگرسیونی نشان داد که در رقم حکمت با افزایش سرعت دورانی اره‌های ماشین جین، درصد جوانه‌زنی بذر افزایش و شاخص بنیهٔ بذر کاهش می‌یابد. در رقم گلستان نیز معادلات رگرسیونی نشان داد که افزایش سرعت دورانی اره‌های ماشین جین، کاهش درصد جوانه‌زنی و افزایش رطوبت، افزایش سرعت جوانه‌زنی را به دنبال دارد. سرعت دورانی ۳۵۰ دور بر دقیقه، رطوبت ۸-٦ درصد و رقم پنبهٔ گلستان، بیشینهٔ درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بذر را به ترتیب با ۹۳/٦۷ درصد و ۲٤/۵٦ بذر در روز ایجاد کرد و قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی

رطوبت، سرعت دورانی، ظرفیت موادی، قوهٔ نامیه بذر، نشت یونی نسبی

مقدمه

آسیب‌های مکانیکی به بذر، ضایعات کمی و کیفی محصول را به دنبال دارد. کاهش درصد جوانه‌زنی، مشکلات انبارداری، زمینه‌سازی رشد قارچ‌ها و حشرات و سرانجام کاهش کیفیت محصول تولیدی (کاهش ارزش اقتصادی)، از نتایج آسیب‌ها در هر نوع فرآوری بذر است. آسیب‌های مکانیکی باعث زوال دانه می‌شوند. اثر زوال دانه‌ها بر بافت‌های

*نگارنده مسئول: Email: ali_behaeen@yahoo.com
http://doi: 10.22092/amsr.2024.365285.1483

جنینی، تولید بذر با قدرت جوانه‌زنی و رویشی پایین است. آسیب‌های مکانیکی و فیزیولوژیکی واردشده به غشای سلول عامل اصلی پیری و زوال دانه‌ها هستند (Albaneze *et al*., 2018; Gu *et al*., 2019).

ضربهٔ وارد شده به محصول در هنگام فرآوری در کاهش جوانه‌زنی بذر مؤثر است. حساسیت بذرهای مختلف در برابر ضربه و کاهش درصد جوانه‌زنی متفاوت است. نتایج یک تحقیق نشان داد که بین رقم‌های مختلف یک محصول، دانه‌های با اندازهٔ کوچک‌تر و چگالی بیشتر، حساسیت کمتری به شکستگی دارند. دانه‌های گردتر همچنین در برابر نیروهای ضربه، مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهند (Shahbazi, 2020). شهبازی (Shahbazi, 2012)، اثر ضربه در چهار سرعت ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ متر بر ثانیه را در پنج رقم گندم بررسی و گزارش کرد از نظر ویژگی‌های فیزیکی دانه‌ها، دانه‌های با قطر میانگین هندسی بیشتر، به ضربه حساسیت بیشتری نشان می‌دهند و درصد جوانه‌زنی آن‌ها کاهش می‌یابد. در مطالعات دیگر محققان نیز رطوبت‌های ۱۰ تا ۲۵ درصد در دو رقم عدس قرمز و سبز و نیز رقم ذرت در افزایش مقاومت به نیروهای مکانیکی و ضربه مورد تاکید قرار گرفته است (Shahbazi *et al*, 2017; Gu *et al*., 2019). محققان دیگر نیز این نکته را یادآور شده‌اند که با افزایش رطوبت دانه‌ها، حساسیت آنها به عملیات مکانیکی و فرآوری کاهش و بعد از یک رطوبت خاص به نام رطوبت بهینه، حساسیت دانه‌ها افزایش می‌یابد (Szwed & Lukaszuk, 2007; Shahbazi *et al*., 2017). بنابراین، تأثیر رقم یک محصول، سرعت ضربه و مقدار رطوبت از عوامل تعیین‌کنندهٔ آسیب‌های مکانیکی و فیزیولوژیکی به بذر است. ایجاد آسیب به جنین و کاهش قدرت جوانه‌زنی و قدرت رویشی بذر، نتیجهٔ ضربه و دیگر نیروهای مکانیکی است که در هنگام فرآوری هر نوع بذر ایجاد می‌شود (Divsalar & Oskouie, 2011; Goli *et al*., 2016). در این زمینه، نتایج تحقیق دیگر نیز نشان می‌دهد که انرژی ضربه و شرایط مختلف رطوبت دانه‌ها بر درصد آسیب‌های فیزیکی و فیزیولوژیکی (کاهش درصد جوانه‌زنی بذر) مؤثر است (Shahbazi, 2012). از مواردی‌که باعث ایجاد آسیب مکانیکی و در نهایت آسیب فیزیولوژیکی به بذر می‌شود، سرعت دوران محور ماشین فرآوری، مقدار رطوبت و ابعاد هندسی بذر است. این موارد حتی در بذرهای با ابعاد کوچک مثل برنج به اثبات رسیده است، به طوری‌که سرعت دورانی زیاد، رطوبت کم و دانهٔ کوتاه و متوسط، آسیب‌های مکانیکی وارد شده به بذر را افزایش می‌دهد (Jongkaewwattana & Geng, 2002; Kunze & Calderwood, 2004; Yan *et al*., 2005; Cooper & Siebenmorgen, 2007). سرعت ضربه در فرآوری بذر تأثیر بسزایی بر میزان آسیب وارده به بذر دارد. انرژی جنبشی وارد شده به بذر با نسبت توان دوم سرعت افزایش می‌یابد. بنابراین، با افزایش سرعت ضربه، درصد دانه‌های آسیب‌دیده افزایش خواهد یافت (Shahbazi, 2011).

افزایش سرعت ضربه در تجهیزات فرآوری بذر با حرکت چرخشی، آسیب‌های مکانیکی را افزایش می‌دهد. یکی از راهکارهای کاهش آسیب به بذر، کاهش سرعت کار با این ماشین‌هاست که روی ظرفیت موادی آنها تأثیرگذار است. بنابراین، در کار با این تجهیزات فرآوری باید سرعت بهینه‌ای در نظر گرفته شود که علاوه بر کاهش آسیب‌های مکانیکی، حداکثر راندمان کاری ایجاد شود (Masek *et al*., 2016). نتایج یک تحقیق نشان می‌دهد که افزایش سرعت ضربه در گندم از ۱۰ به ۴۰ متر بر ثانیه،

کاهش جوانه‌زنی را از ۳/۶۸ به ۲۵/۷۷ درصد به دنبال داشته است. در این آزمایش، حد مجاز سرعت ضربه، ۲۰ متر بر ثانیه تعیین شده است (Shahbazi, 2012). در هنگام برداشت پنبه، الیاف پنبه به همراه بذرهای کرک‌دار توسط کارگر یا کمباین برداشت می‌شود. برای کاشت بذر، لازم است الیاف از بذرهای کرک‌دار جدا و پس از آن کرک‌های بذر گرفته شود. به بذری که کرک‌های آن با اسید یا روش‌های دیگر پاک شده است، بذر کرک‌گیری شده یا دلینته گفته می‌شود. ماشین جین، ماشینی است که جداسازی الیاف را از بذرهای کرک‌دار پنبه به انجام می‌رساند. این ماشین با اره‌های تعبیه شده در آن، قادر است الیاف را از بذر کرک‌دار جدا و به دو بخش جلو و عقب ماشین هدایت کند. هدف از این تحقیق، بررسی متغیرهای سرعت دورانی اره، رطوبت بذر و رقم پنبه بر جداسازی الیاف از بذر و اثر این متغیرها بر عملکرد ماشین جین و صفات رویشی دو رقم بذر پنبه حکمت و گلستان است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با استفاده از یک ماشین جین اره‌ای (مارک اپل الکترونیک، ساخت هندوستان)، در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایهٔ کاملا تصادفی با ۱۸ تیمار و سه تکرار در شهرستان زرقان استان فارس اجرا شد. از اره‌های ماشین برای جدا کردن الیاف از بذر پنبه استفاده می‌شود. سه سطح سرعت دورانی اره (۳۰۰ دور بر دقیقه (S_1)، ۳۵۰ دور بر دقیقه (S_2)، و ۴۰۰ دور بر دقیقه (S_3))، سه سطح رطوبت بذر (۵-۳ درصد (M_1)، ۸-۶ درصد (M_2) و ۱۰-۸ درصد (M_3)) و دو سطح رقم بذر (حکمت (V_1) و گلستان (V_2)) به عنوان تیمارهای آزمایش در نظر گرفته شد. مشخصات ماشین جین اره‌ای در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- مشخصات ماشین جین اره‌ای

Table 1- Specifications of saw gin machine

طول Length (cm)	عرض Width (cm)	ارتفاع Height (cm)	تعداد اره Number of saws	قطر اره Saw diameter (cm)	فاصلهٔ بین اره‌ها saws interval (cm)	قطر پولی بزرگ Large pulley diameter (cm)	قطر پولی کوچک Small pulley diameter (cm)
95	45	90	8	30	2	30	18

از یک الکتروموتور سه فاز با قطر پولی ۱۰ سانتی‌متر برای دوران پولی‌های ماشین جین اره‌ای و برای تغییر دور اره‌ها از یک دستگاه اینورتر (یولیکو الکترونیک، ۱۱ کیلووات، ۳۴۰ ولت) استفاده شد (شکل ۱). در هنگام آزمایش، برای تغییر دور پولی بزرگ ماشین جین که به اره‌ها وصل بود، از فرکانس‌های مختلف دستگاه اینورتر استفاده شد. در جدول ۲، دورهای مختلف پولی‌های ماشین جین اره‌ای و دور پولی الکتروموتور بر اساس تیمارهای آزمایش نشان داده شده است.

قبل از آغاز آزمایش با ماشین جین، حمام بن‌ماری[1] برای رساندن رطوبت وش به سه سطح رطوبت ۵-۳ درصد، ۸-۶ درصد و ۱۰-۸ درصد به کار گرفته شد. ابتدا ۱۰۰ گرم وش پنبه در حمام بن‌ماری بر اساس آزمایش‌های مقدماتی (زمان مورد نیاز برای رسیدن به سطوح رطوبتی) قرار داده شد. پس از بیرون آوردن از حمام، این مقدار وش برای فرآوری (جداکردن الیاف از بذر) به ماشین جین اره‌ای منتقل گردید (شکل ۲).

1- Rost Feri, Schutzart, Model DIN 400-50-IP-20

شکل ۱- ماشین جین اره‌ای (سمت راست) و جداشدن بذرها از الیاف پنبه (سمت چپ)

Fig. 1- Saw gin machine (right side) and separating seeds from cotton (left side)

جدول ۲- مشخصات سرعت دورانی پولی‌های ماشین جین اره‌ای

Table 2- Specifications of the rotational speed of saw gin machine pulleys

پولی بزرگ (دور در دقیقه) Large pulley (RPM)	پولی کوچک (دور در دقیقه) Small pulley (RPM)	پولی الکتروموتور (دور در دقیقه) Electro-Motor pulley (RPM)
300	550	867
350	646	1016
400	740	2330

شکل ۲- حمام بن ماری

Fig. 2- Bain Marie bath

ویژگی‌های فیزیکی بذر

ویژگی‌های فیزیکی بذر شامل طول، عرض و ضخامت بذر با کولیس دیجیتالی برای ۳۰ نمونه بذر کرک‌گیری شده، بعد از عملیات جین‌زنی، اندازه‌گیری و پس از آن میانگین هندسی از رابطهٔ ۱ به دست آمد (Razavi & Akbari, 2023).

$$d_g = (abc)^{1/3} \quad (۱)$$

که در آن،

d_g = میانگین هندسی ابعاد (میلی‌متر)؛ a = طول (میلی‌متر)؛ b = عرض (میلی‌متر)؛ و c = ارتفاع (میلی‌متر).

پس از محاسبهٔ میانگین هندسی، متوسط ضریب کرویت برای بذر دو رقم پنبه با استفاده از رابطهٔ ۲ محاسبه شد (Razavi & Akbari, 2023).

$$\text{Sphericity} = \frac{d_g}{a} \quad (۲)$$

که در آن،

Sphericity = ضریب کرویت (بی‌بعد)؛ d_g = میانگین هندسی ابعاد (میلی‌متر)؛ و a = بزرگ‌ترین بعد (میلی‌متر).

اندازه‌گیری ضخامت پوست بذر

ضخامت پوست بذر روی شکستگی تأثیر دارد. برای این منظور از بین ۱۰۰ عدد بذر بدون کرک، ۳۰ عدد به طور تصادفی انتخاب و پس از جدا کردن مغز، ضخامت پوست با کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری شد. انديس ضخامت پوست (I_T)، از نسبت وزن پوست به وزن ۳۰ دانه به دست آمد. بزرگ‌تر بودن این انديس نشان دهندهٔ ضخیم‌تر بودن پوست رقم مورد مطالعه است (Mohsenin, 1986).

میزان مواد خارجی[1] همراه وش (بذر و الیاف)

یکی از پارامترهای مهم عملکردی ماشین جین این است که مواد خارجی (ناخالصی‌های حاصل از برداشت) را جدا کند. از طرفی، رطوبت الیاف در جدا شدن مطلوب این مواد مهم است (Columbus & Backe, 1992). بنابراین، در زمان اندازه‌گیری رطوبت بذر رطوبت الیاف نیز اندازه‌گیری شد. سپس از سه کیلوگرم بذر و الیاف پس از فرآوری، ناخالصی‌های قابل دید به وسیله اسید سولفوریک ۹۸ درصد (حل کنندهٔ الیاف و کرک روی بذر) جدا و وزن گردید. درصد مواد خارجی، از نسبت مواد ناخالص باقی‌مانده به کل وزن نمونه مورد آزمایش در تیمارهای مختلف به دست آمد.

ظرفیت موادی ماشین جین

با توجه به تأثیر سرعت دورانی اره‌های ماشین جین و رطوبت وش بر مقدار الیاف فرآوری شده، ظرفیت موادی ماشین جین از رابطه ۳ محاسبه شد.

$$MC = \frac{Y}{T} \qquad (۳)$$

که در آن،

MC[2]= ظرفیت موادی ماشین جین (کیلوگرم بر ساعت)؛ Y= مقدار الیاف به دست آمده پس از فرآوری (کیلوگرم)؛ و T =کل زمان عملیات فرآوری وش پنبه (ساعت).

تعیین قوهٔ نامیهٔ بذر پنبه

با توجه به احتمال تأثیر متغیرهای عملکردی ماشین جین روی قوهٔ نامیهٔ بذر، ۳۰ عدد بذر به طور تصادفی و در شش تکرار پس از اجرای عملیات فرآوری با ماشین جین و اجرای عملیات کرک‌گیری (شستشوی بذر با اسید برای حذف کرک‌های بذر)، انتخاب شد. ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر به هر ظرف اضافه شد، ظرف‌های حاوی بذر و کاغذ واتمن به دستگاه اتاقک کشت منتقل و درصد جوانه‌زنی بذرها پس از رویش نهایی در روز دوازدهم محاسبه شد.

محاسبهٔ سرعت جوانه‌زنی و شاخص ویگور (بنیهٔ بذر)

خروج ریشه‌چه معیار بذر جوانه‌زده در نظر گرفته می‌شود. بذر جوانه‌زده (در هنگام آزمایش قوهٔ نامیه)، هر روز شمرده شد و شمارش تا زمانی ادامه یافت که در دو شمارش متوالی، افزایش در جوانه‌زنی مشاهده نگردید. در پایان آزمایش طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، سرعت جوانه‌زنی و شاخص ویگور (بنیه بذر) از روابط ۴ و ۵ محاسبه شد (Ellis & Roberts, 1981).

$$V_g = \sum \frac{N_i}{D_i} \qquad (۴)$$

که در آن،

1- Visible Trash
2- Material Capacity

V_g= سرعت جوانه‌زنی بر حسب تعداد بذر در روز؛ Ni= تعداد بذر جوانه زده در هر روز؛ و D_i= شمارهٔ روز.

$$V_i = \frac{L_s \cdot P_g}{100} \qquad (۵)$$

که در آن،

V_i= شاخص ویگور (بنیه بذر)؛ L_s= میانگین طول گیاهچه‌ها (مجموع ساقه‌ها و ریشه‌ها) (میلی‌متر)؛ و P_g= درصد جوانه‌زنی.

اندازه‌گیری نشت یونی نسبی

یکی از راه‌های دیگر برای پی‌بردن به میزان آسیب‌دیدگی غشای سلولی، اندازه‌گیری نشت یونی نسبی است. ثبت میزان نشت یونی نسبی، تخمین خسارت به بافت‌ها را امکان‌پذیر می‌کند. به منظور اندازه‌گیری نشت یونی نسبی در تیمارهای مختلف، به طور تصادفی ۰/۵ گرم از غشای بذر جدا و در داخل ویال‌های شیشه‌ای ریخته‌شد و ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه گردید. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت درون دستگاه شیکر[1] با دمای ۲۴ درجهٔ سلسیوس و با سرعت ۱۲۰ دور بر دقیقه قرار داده شد و پس از ۲۴ ساعت میزان هدایت الکتریکی اولیه (LT) آنها با دستگاه EC متر[2] اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها سپس به مدت یک ساعت در حمام بن ماری در دمای ۱۲۰ درجهٔ سلسیوس و مجددا به مدت ۲ ساعت در دستگاه شیکر قرار داده شدند. پس از آن، میزان هدایت الکتریکی نهایی (LO) آنها اندازه‌گیری و درصد نشت یونی نسبی طبق رابطهٔ ۶ محاسبه شد (Lutts *et al*., 1995).

$$\text{درصد نشت یونی} = \frac{LT}{Lo} \times 100 \qquad (۶)$$

نتایج و بحث

بررسی میانگین هندسی ابعاد و ضریب کرویت

ویژگی‌های فیزیکی ارقام حکمت و گلستان در جدول ۳ نشان داده شده است. بیشترین و کمترین مقدار میانگین هندسی ابعاد به ترتیب در تیمارهای M_2V_2 (رطوبت ۸-۶ درصد و رقم گلستان) و M_1V_2 (رطوبت ۵-۳ درصد و رقم گلستان) با ۵/۵۰ و ۵/۳۷ میلی‌متر و اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد به دست آمد (جدول ۳). مقایسهٔ دو تیمار بیشینه و کمینه که رقم گلستان در هر دو مشترک است تأثیر مقدار رطوبت را بر میانگین هندسی ابعاد نشان می‌دهد؛ به این‌صورت که با افزایش مقدار رطوبت از M_1 (رطوبت ۵-۳ درصد) به M_2 (رطوبت ۸-۶ درصد)، این پارامتر افزایش یافته است. با وجود اینکه دیگر تیمارها نیز اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان نمی‌دهند، ولی تفاوت اندک در مقادیر میانگین هندسی ابعاد بذر، حاکی از تأثیر رطوبت بر ابعاد بذر است. نزدیک بودن میانگین هندسی ابعاد بذر و تغییر اندک در این مقدار با تغییر مقدار رطوبت را باید در ویژگی‌های فیزیکی بذر پنبه و ضخامت پوست این بذر جستجو کرد. نتایج آزمایش‌هایی که دیگر محققان اجرا کرده‌اند، نشان می‌دهد تأثیر رطوبت بر ابعاد و میانگین هندسی با نوع بذر تغییر می‌کند، به طوری‌که در بذرهای ریز با پوستهٔ نازک این تغییرات قابل توجه است. این در حالی است که با افزایش رطوبت در بذر پنبه، درصد افزایش در ابعاد و میانگین هندسی بسیار ناچیز است و ضریب کرویت در تیمارهای مختلف ارقام بذر پنبه و سطوح مختلف رطوبت، در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیست (Masek *et al*., 2016).

در تیمارهای M_1V_1 (رطوبت ۵-۳ درصد و رقم

1- SWIP Edmund Buhler, Model SM 25 DIEI 2- Metrohm 644

حکمت) و M_1V_2 (رطوبت ۸-۶ درصد و رقم حکمت) که میزان رطوبت یکسان و فقط رقم‌های بذر با یکدیگر تفاوت دارند، رقم گلستان (V_2)، به دلیل کمتر بودن طول بذر، کرویت بیشتری نشان می‌دهد. مقایسه دو تیمار M_1V_1 (رطوبت ۵-۳ درصد و رقم حکمت) و M_2V_1 (رطوبت ۸-۶ درصد و رقم حکمت) که رقم حکمت در آنها یکسان و سطح رطوبت افزایش یافته است، نشان می‌دهد که ضریب کرویت در تیمار M_2V_1 (رطوبت ۸-۶ درصد و رقم حکمت)، افزایش داشته است. مقایسهٔ دو تیمار M_1V_2 (رطوبت ۵-۳ درصد و رقم گلستان) و M_2V_2 (رطوبت ۸-۶ درصد و رقم گلستان) با رقم یکسان گلستان و تفاوت سطوح رطوبتی، نشان می‌دهد که رطوبت اثر خود را در این رقم نیز باقی گذاشته است. با افزایش سطح رطوبت از M_1 (رطوبت ۵-۳ درصد) به M_2 (رطوبت ۸-۶ درصد)، 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. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که افزایش رطوبت باید به حد معینی برسد تا اثر خود را بر خواص فیزیکی بذر داشته باشد. افزایش رطوبت از ۶/۴۱ تا ۲۰ درصد که دامنهٔ وسیعی از رطوبت است، عامل تغییر در ویژگی‌های فیزیکی بذر کتان گزارش شده است. تحقیقات نشان می‌دهد که با افزایش مقدار رطوبت، متغیرهای جرم، وزن هزار دانه و حجم بذر افزایش می‌یابد. این مورد در بذرهای جو و کتان به عنوان نمونه گزارش شده است (Dursun & Dursun, 2005).

جدول ۳ - اثر رطوبت و رقم بر پارامترهای فیزیکی بذر پنبه

Table 3 - The effect of moisture content and variety on the physical parameters of cotton seeds

تیمار Treatment	میانگین هندسی ابعاد Geometric mean dimensions (mm)	ضریب کرویت sphericity coefficient (Dimensionless)
M_1V_1	5.44 ab ± 0.12	0.679 a ± 0.02
M_1V_2	5.37 b ± 0.10	0.697 a ± 0.02
M_2V_1	5.40 ab ± 0.08	0.698 a ± 0.03
M_2V_2	5.50 a ± 0.16	0.691 a ± 0.02
M_3V_1	5.45 ab ± 0.07	0.685 a ± 0.02
M_3V_2	5.47 ab ± 0.10	0.685 a ± 0.01

هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن)

In each column, the means with common letters do not have a statistically significant difference at the level of 5% (DMRT)

بررسی میانگین‌های اندیس ضخامت پوست بذر

اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهند ضخامت پوست در رقم گلستان از ضخامت پوست در رقم حکمت بیشتر است. اندیس ضخامت پوست در رقم گلستان ۰/۳۲۲ و در رقم حکمت ۰/۳۱۸ است که اختلاف معنی‌داری را در سطح ۵ درصد نشان نمی‌دهد. نتایج یک پژوهش برای تعیین اندیس ضخامت پوست بذر در ارقام ۴۳۲۰۰، ارمغان، گلستان، ساحل، سپید و B-557، رقم گلستان را دارای بیشترین اندیس ضخامت پوست معرفی کرده است (Nowrozieh *et al.*, 2011) که نتایج تحقیق حاضر با نتایج آن پژوهش همخوانی دارد. بر اساس جدول ۴، اثر سطوح مختلف رطوبت و ارقام پنبه روی اندیس ضخامت بذر در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیست. بیشترین اندیس ضخامت پوست بذر در تیمار M_1V_2 (رطوبت ۵-۳ درصد و رقم گلستان) با ۰/۳۲۴

و کمترین مقدار این پارامتر در تیمار M_2V_1 (رطوبت ۸-۶ درصد و رقم حکمت) با ۰/۳۱۵ به دست آمده است. مقایسهٔ تیمارهای مختلف در جدول ۴ نشان می‌دهد که در هر دو رقم گلستان و حکمت، با افزایش مقدار رطوبت، اندیس ضخامت پوست کاهش یافته است. همان‌طور که اشاره شد، این اندیس از نسبت وزن پوست به وزن ۳۰ عدد بذر پنبه به دست می‌آید. ضخامت پوست از ویژگی‌های ژنتیکی گیاه است که از یک رقم به رقم دیگر فرق می‌کند؛ با این حال، وقتی بذر در معرض رطوبت قرار می‌گیرد، انسجام بافت پوست کم می‌شود و در هنگام جداسازی پوست از بذر پنبه، مقداری از پوست به محتوای درونی بذر می‌چسبد و با افزایش رطوبت، این مقدار افزایش خواهد یافت (Nowrozieh *et al.*, 2011). بنابراین، با افزایش مقدار رطوبت، نسبت وزن پوست به وزن کل بذر کاهش و اندیس ضخامت پوست کاهش می‌یابد.

جدول ٤- اثر رطوبت و ارقام بر اندیس ضخامت پوست بذر پنبه

Table 4 - The effect of moisture content and variety on the cotton seed skin thickness index

اندیس ضخامت پوست بذر (بی‌بعد) Seed skin thickness index (Dimensionless)	تیمار Treatment
0.319 a ± 0.01	M_1V_1
0.324 a ± 0.01	M_1V_2
0.315 a ± 0.01	M_2V_1
0.323 a ± 0.01	M_2V_2
0.319 a ± 0.01	M_3V_1
0.319 a ± 0.01	M_3V_2

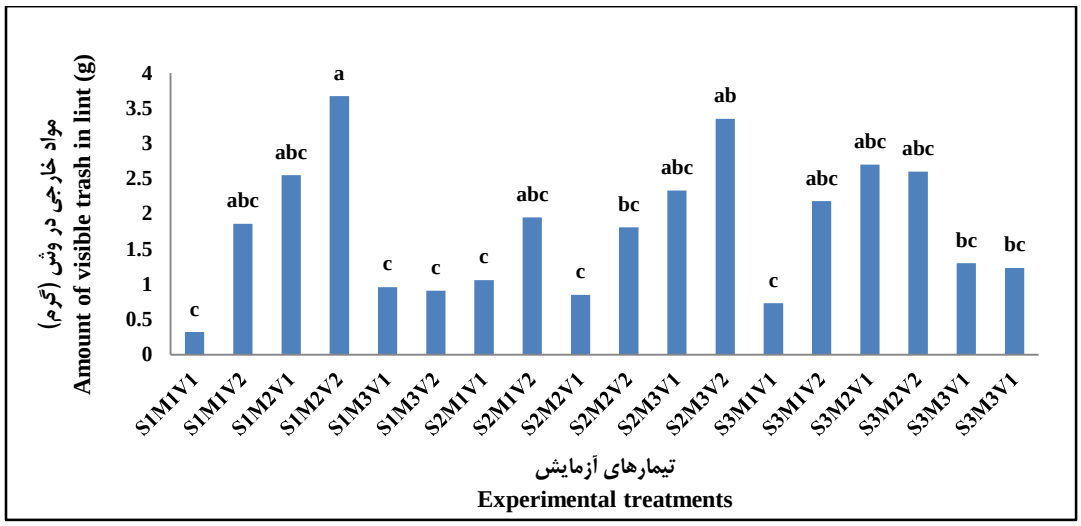
در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن)

In each column, the means with common letters do not have a statistically significant difference at the level of 5% (DMRT)

بررسی میانگین‌های مقدار مواد خارجی در وش (الیاف و بذر)

بر اساس نتایج به دست آمده از شکل ۳، بیشترین و کمترین مقدار مواد خارجی و زائد به ترتیب در تیمار $S_1M_2V_2$ (سرعت دورانی ۳۰۰ دور بر دقیقه، رطوبت ۸-۶ درصد و رقم گلستان) و $S_1M_1V_1$ (سرعت دورانی ۳۰۰ دور بر دقیقه، رطوبت ۵-۳ درصد و رقم حکمت) با ۳/۶۷ و ۰/۳۲ و اختلاف معنی‌دار با یکدیگر به دست آمد. ناخالصی‌های باقیمانده از وش در زمان برداشت، چه با کارگر و چه با کمباین پنبه بسیار ریز هستند. این ناخالصی‌ها معمولا در بین تار و پودهای الیاف گیر می‌کنند و خارج شدن آن‌ها ناممکن می‌شود. در این تحقیق، برای جدا کردن ناخالصی‌های ریز باقیمانده پس از عملیات فرآوری با ماشین جین، از اسید سولفوریک ۹۸ درصد استفاده شد. در این حالت تمام الیاف پنبه از بین می‌رود و ناخالصی‌ها با صافی و آب مقطر جدا و وزن می‌شود. مقایسهٔ میانگین‌های شکل ۳ نشان می‌دهد که رطوبت و سرعت دورانی اره ماشین جین از متغیرهای تأثیرگذار روی جداسازی ناخالصی‌های ریز نیست و کاهش یا افزایش مقدار ناخالصی تحت تأثیر این دو متغیر

نیست. بنابراین، رطوبت و سرعت دورانی اره هر مقدار که باشد، این ناخالصی‌ها از شیارهای جداسازی بذر و الیاف عبور می‌کند و قسمت بسیار زیاد آنها همراه الیاف پنبه باقی می‌ماند. تمیز بودن وش پنبه به مقدار زیاد مربوط به مرحلهٔ برداشت با کمباین یا دقت کارگر وش چین است.



شکل ۳- نمودار اثر سرعت دورانی، رطوبت و رقم بر مواد خارجی در وش

Fig. 3- The effect of rotational speed, moisture content and variety on visible trash in cotton seed

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن)

The means with common letters do not have a statistically significant difference at the level of 5% (DMRT)

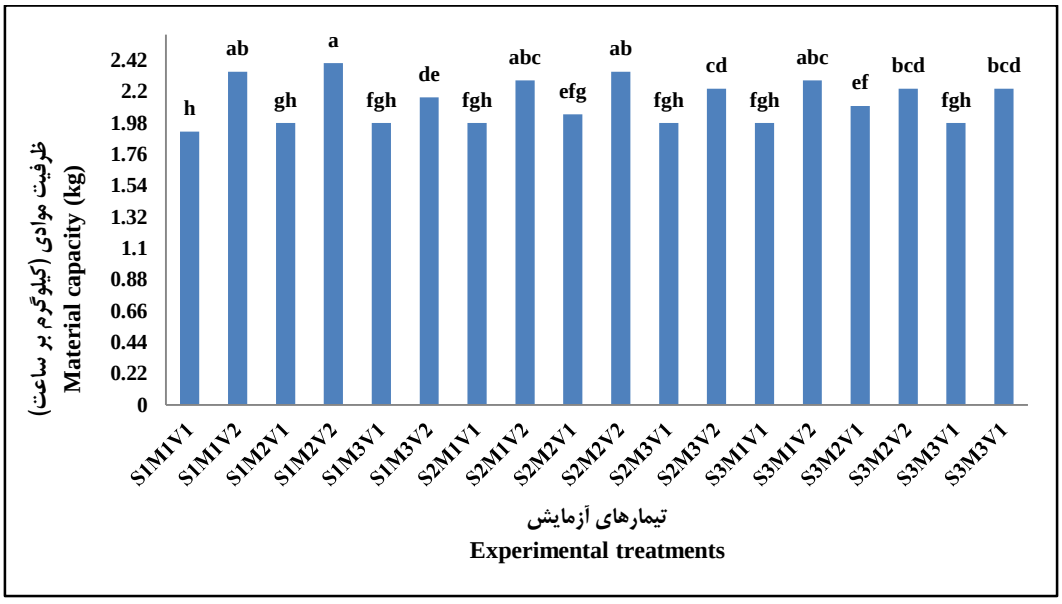
بررسی میانگین‌های ظرفیت موادی ماشین جین

بیشینه و کمینهٔ ظرفیت موادی ماشین در دو تیمار $S_1M_2V_2$ (سرعت دورانی ۳۰۰ دور بر دقیقه، رطوبت ۸-۶ درصد و رقم گلستان) و $S_1M_1V_1$ (سرعت دورانی ۳۰۰ دور بر دقیقه، رطوبت ۵-۳ درصد و رقم حکمت) به ترتیب با ۲/۴۰ و ۱/۹۲ کیلوگرم بر ساعت و اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد به دست آمد (شکل ۴). با در نظرگرفتن سرعت دورانی اره و رطوبت یکسان، رقم گلستان (V_2) ظرفیت موادی بیشتری نسبت به رقم حکمت (V_1) ایجاد کرده است که نشان‌دهنده تأثیر نوع رقم در فرآوری وش پنبه است. با توجه به داده‌های حاصل از شکل ۴، افزایش رطوبت از M_1 (رطوبت ۵-۳ درصد) به M_2 (رطوبت ۸-۶ درصد)، افزایش ظرفیت موادی ماشین جین را در رقم گلستان به همراه داشته است و افزایش بیشتر رطوبت از M_2 (رطوبت ۸-۶ درصد) به M_3 (رطوبت ۱۰-۸ درصد)، تغییر معنی‌داری را در این پارامتر و رقم گلستان ایجاد نمی‌کند. دلیل این امر را می‌توان در میانگین هندسی ابعاد بیشتر بذر رقم گلستان و برخورد بدون انسداد شیارهای اره ماشین جین و عبور بهتر الیاف و جدایی بذر، نسبت به رقم حکمت، دانست.

افزایش رطوبت از M_1 (رطوبت ۵-۳ درصد) به M_2 (رطوبت ۸-۶ درصد)، چسبیدن مختصر الیاف و تسریع در عبور الیاف از شیارهای اره ماشین جین و جدایی سریع‌تر بذر از الیاف ماشین جین را به دنبال دارد. با افزایش بیشتر رطوبت از M_2 (رطوبت ۸-۶ درصد به M_3 (رطوبت ۱۰-۸ درصد)، الیاف بیشتر به همدیگر و به بذر می‌چسبند و عبور الیاف از شیارهای ماشین جین کمتر می‌شود و در نهایت

کاهش یا ثابت بودن ظرفیت ماشین جین را به دنبال دارد. ثابت بودن رقم و رطوبت و افزایش سرعت دورانی اره ماشین جین از ۳۰۰ به ۳۵۰ و ۴۰۰ دور بر دقیقه، بعضا افزایش ظرفیت موادی ماشین جین را به صورت جزیی یا ثابت، در هر دو رقم و در هر سه سطح رطوبتی ۵-۳، ۸-۶ و ۱۰-۸ درصد به دنبال دارد.

در تیمارهای $S_1M_1V_1$ (سرعت دورانی ۳۰۰ دور بر دقیقه، رطوبت ۵-۳ درصد و رقم حکمت)، $S_2M_1V_1$ (سرعت دورانی ۳۵۰ دور بر دقیقه، رطوبت ۵-۳ درصد و رقم حکمت) و $S_3M_1V_1$ (سرعت دورانی ۴۰۰ دور بر دقیقه، رطوبت ۵-۳ درصد و رقم حکمت) با رطوبت و رقم ثابت، افزایش سرعت دورانی اره ماشین جین، توانایی قابل توجهی در جدایی پیوستگی ارتباط بین الیاف و نیز بین الیاف و بذر را ندارد و ظرفیت موادی ماشین در این سه تیمار به ترتیب ۱/۹۲، ۱/۹۸ و ۱/۹۸ کیلوگرم بر ساعت است. این روند در رقم گلستان و رطوبت‌های ثابت و تغییر در سرعت دورانی اره ماشین جین نیز در تیمارهای $S_1M_3V_2$ (سرعت دورانی ۳۰۰ دور بر دقیقه، رطوبت ۱۰-۸ درصد و رقم گلستان)، $S_2M_3V_2$ (سرعت دورانی ۳۵۰ دور بر دقیقه، رطوبت ۱۰-۸ درصد و رقم گلستان) و $S_3M_3V_2$ (سرعت دورانی ۴۰۰ دور بر دقیقه، رطوبت ۱۰-۸ درصد و رقم گلستان) با ۲/۱۶، ۲/۲۲ و ۲/۲۲ کیلوگرم بر ساعت و نداشتن اختلاف معنی‌دار با یکدیگر قابل مشاهده است. از توضیحات ارائه شده چنین استنباط می‌شود که تغییر رطوبت تا حد معینی (در این تحقیق رطوبت ۸-۶)، مؤثرتر از تغییر در سرعت دورانی ماشین جین است و با تغییر جزیی در مقدار رطوبت وش پنبه، ظرفیت موادی تغییر خواهد کرد.



شکل ٤- نمودار اثر سرعت دورانی، رطوبت و رقم بر ظرفیت موادی ماشین جین

Fig. 4- The effect of rotational speed, moisture content and variety on material capacity of gin machine

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن)

The means with common letters do not have a statistically significant difference at the level of 5% (DMRT)

بررسی پارامترهای درصد جوانه‌زنی بذر، سرعت جوانه‌زنی و بنیهٔ بذر

عوامل متعددی مانند ساختار ژنتیکی، طول عمر بذر و پاتوژن‌ها روی درصد جوانه‌زنی بذر، سرعت جوانه‌زنی و شاخص ویگور (بنیهٔ بذر) اثرگذار هستند. خسارت مکانیکی به بذر نیز می‌تواند صفات ذکر شده را تحت تأثیر قرار دهد. هنگام فرآوری وش پنبه (جداسازی الیاف از بذر) با ماشین جین، اره-هایی که جداسازی را پیش می‌برند ممکن است به بذر آسیب برسانند. باید توجه داشت که بذر پنبه به دلیل ضخیم بودن، نسبت به بذرهای دیگر، مقاومت بیشتری ازخود نشان می‌دهد؛ ولی ترک‌های ریز و میکروسکوپی نیز در جوانه‌زنی، سرعت جوانه زدن و بنیهٔ بذر نیز مؤثر هستند. نتایج به دست آمده از تأثیر متغیرهای سرعت، رطوبت و رقم در جدول ۵ نشان می‌دهد که بیشترین میزان جوانه‌زنی بذر (۹۳/۶۷ درصد) در تیمار $S_1M_2V_2$ (سرعت دورانی ۳۰۰ دور بر دقیقه، رطوبت ۸-۶ درصد و رقم گلستان) به دست آمد که با تیمار کمینهٔ جوانه‌زنی $S_1M_1V_2$ (سرعت دورانی ۳۰۰ دور بر دقیقه، رطوبت ۵-۳ درصد و رقم گلستان) به میزان ۸۹ درصد اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهد. در دو تیمار ذکر شده، با توجه به ثابت بودن سرعت دورانی اره (S_1)، (۳۰۰ دور بر دقیقه) و استفاده از بذر رقم مشابه گلستان (V_2)، اثر افزایش رطوبت از M_1 (رطوبت ۵-۳ درصد) به M_2 (رطوبت ۸-۶ درصد) در افزایش خصوصیات جوانه‌زنی بذر مشاهده می‌شود.

تیمار بیشینهٔ درصد جوانه‌زنی بذر از نظر سرعت جوانه‌زنی نیز بیشترین مقدار را دارد (جدول ۵). در رقم حکمت (V_1) و رطوبت ثابت M_1 (۵-۳ درصد)، با افزایش سرعت دورانی اره ماشین جین از S_1 (۳۰۰ دور بر دقیقه) تا S_3 (۴۰۰ دور بر دقیقه)، تغییرات معنی‌داری در درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بذر مشاهده نمی‌شود. در این رقم، ثابت نگه‌داشتن سرعت و تغییر در رطوبت از M_1 (۵-۳ درصد) به M_3 (۱۰-۸ درصد) نیز تغییرات معنی‌داری در درصد جوانه‌زنی بذر ایجاد نکرده است. با این حال، افزایش رطوبت از M_1 (۵-۳ درصد) به M_2 (۸-۶ درصد)، باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی و بنیهٔ بذر شده و افزایش رطوبت به M_3 (۱۰-۸ درصد)، متغیرهای جوانه‌زنی و بنیهٔ بذر را کاهش داده است.

در رقم گلستان (V_2)، ثابت نگه‌داشتن رطوبت و تغییر در سرعت دورانی اره نیز مانند رقم حکمت، تغییرات معنی‌داری در درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و بنیهٔ بذر ایجاد نکرده است. در این رقم، ثابت نگه‌داشتن سرعت و افزایش رطوبت از M_1 (۵-۳ درصد) به M_2 (۸-۶ درصد) در اکثر تیمارها باعث افزایش درصد جوانه‌زنی بذر شده است. با افزایش رطوبت تا سطح M_2 (۸-۶ درصد)، سرعت جوانه‌زنی و بنیهٔ بذر نیز افزایش و پس از آن با افزایش رطوبت به M_3 (۱۰-۸ درصد) کاهش یافته است. همان‌طور که در توضیح پارامترهای پیشین نیز اشاره شد، رطوبت در مقایسه با سرعت دورانی تأثیر بیشتری در کارایی فرآیند فرآوری وش پنبه و جدایی الیاف از بذر دارد. این رطوبت تا حد معینی (M_2)، (۸-۶ درصد) می‌تواند علاوه بر جداکردن الیاف از بذر، عبور بذر را از ماشین جین آسان کند. در صورت افزایش رطوبت از حد مناسب، الیاف به یکدیگر و نیز به بذر می‌چسبند و جدا شدن بذر و الیاف به زمان بیشتری نیاز دارد. این زمان اضافی می‌تواند ضربه‌های وارشده به بذر توسط اره و شیارهای آن را بیشتر و ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر را حتی به مقدار کم کاهش دهد.

جدول ۵- اثر سرعت دورانی، رطوبت و رقم بر پارامترهای رویشی بذر پنبه

Table 5- The effect of rotational speed, moisture content and variety on vegetative parameters of cotton seeds

شاخص ویگور یا بنیه بذر Seed vigor index	سرعت جوانه‌زنی Seed emergence rate (seed/day)	درصد جوانه‌زنی بذر Seed germination (%)	تیمار Treatment
1.84 a ± 0.09	19.95 bcd ± 0.58	91.33 ab ± 1.15	$S_1M_1V_1$
1.59 bcd ± 0.26	18.25 cd ± 1.21	89.00 b ± 1.73	$S_1M_1V_2$
1.93 a ± 0.08	22.83 ab ± 1.30	91.00 ab ± 1.73	$S_1M_2V_1$
1.71 bcd ± 0.01	24.56 a ± 0.18	93.67 a ± 1.53	$S_1M_2V_2$
1.57 dc ± 0.28	21.87 abc ± 4.52	89.67 ab ± 2.52	$S_1M_3V_1$
1.66 bcd ± 0.24	24.55 a ± 0.30	91.00 ab ± 1.00	$S_1M_3V_2$
1.52 dc ± 0.09	20.57 abcd ± 0.84	90.00 ab ± 2.00	$S_2M_1V_1$
1.45 d ± 0.11	20.43 abcd ± 2.18	89.33 a ± 4.04	$S_2M_1V_2$
1.72 abc ± 0.02	23.72 ab ± 0.42	90.33 ab ± 1.53	$S_2M_2V_1$
1.69 abcd ± 0.06	24.38 a ± 0.32	92.33 ab ± 0.58	$S_2M_2V_2$
1.68 abcd ± 0.10	17.34 d ± 6.84	91.67 ab ± 1.53	$S_2M_3V_1$
1.58 dc ± 0.19	23.75 ab ± 0.63	91.67 ab ± 1.15	$S_2M_3V_2$
1.70 abcd ± 0.10	23.15 ab ± 0.28	91.67 ab ± 2.31	$S_3M_1V_1$
1.59 bcd ± 0.19	19.62 cd ± 1.60	89.67 ab ± 3.51	$S_3M_1V_2$
1.62 bcd ± 0.04	24.38 a ± 0.28	92.33ab ± 3.06	$S_3M_2V_1$
1.74 abc ± 0.02	24.33 a ± 0.18	90.67 ab ± 0.58	$S_3M_2V_2$
1.59 cd ± 0.08	17.30 d ± 2.42	90.67 ab ± 0.58	$S_3M_3V_1$
1.53 cd ± 0.10	22.64 ab ± 2.28	92.00 ab ± 1.73	$S_3M_3V_2$

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن)

In each column, the means with common letters do not have a statistically significant difference at the level of 5% (DMRT)

بررسی میانگین‌های نشت یونی نسبی

در مورد آسیب‌دیدگی پوسته، بذر یکی از پارامترهایی که می‌توان دربارهٔ آن بحث کرد نشت یونی نسبی است. هرچه میزان نشت یونی بیشتر باشد، پایداری پوسته بذر یا غشای سلول‌های پوست بذر کمتر است و برعکس. با توجه به نتایج به دست آمده از تغییرات در سرعت دورانی اره ماشین جین و رطوبت وش پنبه در ارقام مختلف بذر (جدول ۶)، بیشترین میزان نشت یونی در تیمار $S_2M_3V_1$ (سرعت دورانی ۳۵۰ دور بر دقیقه، رطوبت ۱۰-۸ درصد و رقم حکمت) با ۹۸/۳۵ درصد به دست آمد. کمترین مقدار این پارامتر در تیمار $S_3M_1V_1$ (سرعت دورانی ۴۰۰ دور بر دقیقه، رطوبت ۵-۳ درصد و رقم حکمت) با ۸۸/۳۶ درصد دیده شد که تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد با تیمار $S_1M_2V_2$ (سرعت دورانی ۳۰۰ دور بر دقیقه، رطوبت ۸-۶ درصد و رقم گلستان) و مقدار نشت یونی ۸۸/۹۱ درصد نشان نداد. نتایج به دست آمده از نشت یونی تیمارها در جدول ۶ نشان می‌دهد که در سرعت‌های دورانی یکسان، رطوبت ۸-۶ درصد (M_2)، نشت یونی کمتری ایجاد کرده که حاکی از پایداری غشای سلولی است. تیمارهای با رطوبت ۱۰-۸ درصد (M_3)، در سرعت دورانی یکسان، مقادیر بالایی از نشت یونی ایجاد کرده‌اند. در رطوبت M_2، الیاف به هم نزدیک می‌شوند و عبور آنها و جدا شدن الیاف از بذر به راحتی صورت می‌پذیرد. در رطوبت ۵-۳ درصد (M_1)، الیاف وش پنبه با فاصله بیشتری از هم قرار دارند. در رطوبت ۱۰-۸ درصد (M_3)، الیاف به یکدیگر و به بذر می‌چسبند. در دو حالت اخیر، با توجه به اینکه جدا شدن الیاف از بذر با تأخیر صورت می‌گیرد، ضربه‌های وارد شده از ارهٔ ماشین جین نیز بیشتر به بذرها وارد می‌شود و ترک‌های ریز و میکروسکوپی بیشتر در آن‌ها مشاهده می‌گردد که به افزایش نشت یونی می‌انجامد. مقایسهٔ ظرفیت موادی ماشین در تیمارهای مختلف نیز موارد بالا را تأیید می‌کند.

محققان با اجرای آزمایش‌هایی توانسته‌اند نفوذپذیری غشای سلولی ناشی از تنش‌های وارد شده را به عنوان عاملی برای افزایش نشت محلول‌های سلولی مانند ترکیبات پتاسیمی، آمینواسیدها، کربوهیدرات‌ها و در مجموع، الکترولیت‌های مختلف به خارج از سلول و افزایش نشت یونی معرفی کنند (Mandhanis *et al*., 2006; Qinghua *et al*., 2006; Kaya *et al*., 2002).

جدول ٦- اثر سرعت دورانی، رطوبت و رقم بر نشت یونی نسبی غشای سلولی بذر

Table 6- The effect of rotational speed, moisture content and variety on the relative ion leakage of seed cell membrane

نشت یونی نسبی (درصد) Relative ion leakage (%)	تیمار Treatment
94.12 abcd ± 3.08	$S_1M_1V_1$
91.79 abcd ± 1.73	$S_1M_1V_2$
98.33 a ± 1.73	$S_1M_2V_1$
88.91 cd ± 1.53	$S_1M_2V_2$
98.07 a ± 2.52	$S_1M_3V_1$
92.58 abcd ± 1.00	$S_1M_3V_2$
97.37 ab ± 2.00	$S_2M_1V_1$
95.13 abc ± 4.04	$S_2M_1V_2$
91.00 bcd ± 1.53	$S_2M_2V_1$
96.86 ab ± 0.58	$S_2M_2V_2$
98.35 a ± 1.53	$S_2M_3V_1$
94.96 abcd ± 1.15	$S_2M_3V_2$
88.36 d ± 1.72	$S_3M_1V_1$
94.21 abcd ± 2.59	$S_3M_1V_2$
92.04 abcd ± 3.06	$S_3M_2V_1$
92.61 abcd ± 0.58	$S_3M_2V_2$
96.03 ab ± 0.58	$S_3M_3V_1$
95.55 abc ± 1.73	$S_3M_3V_2$

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن)

In each column, the means with common letters do not have a statistically significant difference at the level of 5% (DMRT)

بررسی معادلات رگرسیونی متغیرهای مستقل و وابسته در ارقام پنبه

روابط رگرسیونی رطوبت و سرعت (متغیر مستقل) با پارامترهای مورد آزمایش (متغیر وابسته) در رقم حکمت در جدول ۷ آورده شده است. با افزایش سرعت دورانی در رقم حکمت، درصد جوانه‌زنی افزایش و بنیهٔ بذر کاهش یافته است که نشان می‌دهد بذر در ابتدا ممکن است رویش داشته باشد، ولی در ادامه نتواند رشد کافی داشته باشد. افزایش سرعت دورانی، باعث ایجاد ترک‌های میکروسکوپی در بذر شده و پارامتر بنیه بذر را کاهش داده است. با افزایش سرعت دورانی اره، ظرفیت موادی ماشین با توجه به اجرای سریع‌تر فرآوری وش پنبه افزایش می‌یابد.

روابط رگرسیونی جدول ۸ در رقم گلستان نیز نشان می‌دهد که با افزایش رطوبت و سرعت، میانگین هندسی ابعاد بذر افزایش یافته است. افزایش رطوبت نیز باعث کاهش ظرفیت موادی ماشین شده است. با افزایش رطوبت و در نظرگرفتن اینکه الیاف وش به یکدیگر می‌چسبند، از عملیات فرآوری و جداسازی الیاف از بذر کاسته می‌شود و ظرفیت موادی کاهش می‌یابد. بالا بودن ضریب تعیین درصد جوانه‌زنی (R^2 =۰/۹۲) و ضریب منفی متغیر

مستقل سرعت دورانی نشان می‌دهد که به بذر وارد می‌کند، باعث کاهش درصد جوانه‌زنی افزایش سرعت اره‌های ماشین جین با ضربه‌هایی که می‌شود.

جدول ۷- روابط رگرسیونی رطوبت و سرعت دورانی اره با پارامترهای آزمایش در پنبهٔ رقم حکمت

Table 7- Regression relationships of moisture content and saw rotational speed with experiment parameters in Hekmat variety cotton

معادله Equation	ضریب تعیین Coefficient of Ditermination (R^2)
$IL = 2.1\ M + 0.65$	0.84
$d_g = -0.15\ S + 0.46$	0.86
$Sph = 0.012\ S + 0.66$	0.98
$IT = 0.001\ S + 0.32$	0.99
$VT = 0.147\ S + 0.13$	0.99
$IL = -2.349\ S + 0.55$	0.93
$MC = 0.0001\ S + 0.03$	0.67
$Germ = 0.444\ S + 0.07$	0.75
$V_i = -0.073\ S + 0.83$	0.76

M= رطوبت، S= سرعت دورانی اره، IL= نشت یونی نسبی، Germ= جوانه‌زنی بذر، d_g= میانگین هندسی، Sph= ضریب کرویت، IT= اندیس ضخامت پوست، VT= میزان مواد خارجی در وش، MC= ظرفیت موادی ماشین، V_i= شاخص بنیه بذر

M= Moisture content, S= Saw rotational speed, IL= Relative ion leakage, Germ= Seed germination, d_g= Geometric mean, Sph= Sphericity coefficient, IT= Seed skin thickness index, VT= Amount of visible trash in lint, MC= Material capacity, V_i= Seed vigor index

جدول ۸- روابط رگرسیونی رطوبت و سرعت دورانی با پارامترهای آزمایش در پنبهٔ رقم گلستان

Table 8- Regression relationships of moisture content and rotational speed with experiment parameters in Golestan variety cotton

معادله Equation	ضریب تعیین Coefficient of Ditermination (R^2)
$d_g = 0.048\ M + 0.35$	0.56
$Sph = -0.006\ M + 0.70$	0.99
$IT = -0.003\ M + 0.33$	0.94
$MC = -0.001\ M + 0.04$	0.66
$V_g = 2.107\ M + 0.29$	0.62
$d_g = 0.023\ S + 0.40$	0.94
$Sph = -0.003\ S + 0.69$	0.88
$IL = 1.516\ S + 0.59$	0.43
$Germ = -0.222\ S + 0.48$	0.92

M= رطوبت، S= سرعت دورانی اره، d_g= میانگین هندسی، Sph= ضریب کرویت، IT= اندیس ضخامت پوست، MC= ظرفیت موادی ماشین، Germ= جوانه‌زنی بذر، V_g= سرعت جوانه‌زنی بذر، IL= نشت یونی نسبی

M= Moisture content, S= Saw rotational speed, d_g= Geometric mean, Sph= Sphericity coefficient, IT= Seed skin thickness index, MC= Material capacity, Germ= Seed germination, V_g= Seed emergance rate, IL= Relative ion leakage

نتیجه‌گیری

نتایج کلی به دست آمده از این پژوهش نشان داد که مقدار رطوبت وش پنبه، سرعت دورانی اره ماشین جین و رقم بذر پنبه از متغیرهای تأثیرگذار در جداسازی الیاف از بذر در هنگام فرآوری وش پنبه هستند. تغییر رطوبت تا حد معین ۸-۶ درصد (M_2)، مؤثرتر از تغییر در سرعت دورانی اره ماشین جین در تغییر ظرفیت موادی در هر دو رقم پنبه بوده است. افزایش سرعت دورانی از ۳۰۰ به ۳۵۰ دور بر دقیقه، تغییری در سرعت جوانه‌زنی ارقام پنبه حکمت و گلستان ایجاد نکرده است؛ ولی افزایش رطوبت تا سطح ۸-۶ درصد باعث افزایش درصد جوانه‌زنی و بنیهٔ بذر در هر دو رقم پنبه شده است. در بذرهای با پوستهٔ ضخیم مانند بذر پنبه، پارامتر نشت یونی، شاخصی از پایداری غشای سلولی است که آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی میکروسکوپی و ترک‌های ریز را توجیه می‌کند. در مجموع و با درنظر گرفتن تمام پارامترهای اندازه‌گیری شده، سرعت دورانی ۳۵۰ دور بر دقیقه اره‌های ماشین جین (S_2) و رطوبت ۸-۶ درصد (M_2) برای هر دو رقم حکمت (V_1) و گلستان (V_2)، توصیه می‌شود.

قدردانی

از حمایت‌های مدیریت محترم مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس در اجرای این پروژه تحقیقاتی قدردانی می‌شود.

تعارض منافع

نویسندگان در خصوص مقاله ارائه شده به طور کامل از سوء اخلاق نشر، از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پرهیز نموده‌اند و منافعی تجاری در این راستا وجود ندارد.

مراجع

Albaneze, R., Villela, F. A., Possenti, J. C., Guollo, K., & Riedo, I. C. (2018). Mechanical damage caused by the use of grain carts for transport during soybean seed harvest. *Journal of seed Science, 40*(4), 422-427. https://doi.org/10.1590/2317-1545v40n4174101.

Columbus, E. P., & Backe, E. E. (1992). Improved fiber and yarn quality through differential ginning. *American Society of Agricultural Engineers, 8*(2), 175-178. https://doi.org/10.13031/2013.26050.

Cooper, N. T. W., & Siebenmorgen, T. J. (2007). Correcting head rice yield for surface lipid content (degree of milling) variation. *Cereal Chemistry, 84*(1), 88-91. https://doi.org/10.1094/CCHEM-84-1-0088.

Divsalar, M., & Oskouie, B. (2011). Study the effect of mechanical damage at processing on soybean seed germination and vigor. *Journal of Agricultural and Biological Science, 6*(7), 60-64.

Dursun, E., & Dursun, I. (2005). Some physical properties of caper seed. *Biosystems Engineering, 92*(2), 237-245. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2005.06.003.

Ellis, R. A., & Roberts, E. H. (1981). The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology, 9*, 373-409.

Goli, A., Khazaei, J., Taheri, M., Khojamli, A., & Sedaghat, A. (2016). Effect of mechanical damage on soybean germination. *International Academic Journal of Science and Engineering, 3*(10), 48-58.

Gu, R. L., Huang, R., Jia, G. Y., Yuan, Z. P., Ren, L. S., Li, L. I., & 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. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)62026-X.

Jongkaewwattana, S., & Geng, S. (2002). Non-uniformity of grain characteristics and milling quality of California rice (*Oryza sativa* L.) of different maturities. *Journal of Agronomy and Crop Science, 188*(3), 161-167. https://doi.org/10.1046/j.1439-037X.2002.00552.x.

Kaya, C., Kirnak, H., Higgs, D., & Satali, K. (2002). Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. *Plant Horticulture, 93*, 65-74. https://doi.org/10.1016/S0304-4238(01)00313-2.

Kunze, O. R., & Calderwood, D. L. (2004). Rough rice drying moisture adsorption and desorption. *Rice: Chemistry and Technology, 3*, 223-268. https://doi.org/10.1094/1891127349.009.

Lutts, S., Kinet, J. M., & 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. https://doi.org/10.1093/jxb/46.12.1843.

Mandhanis, S., Madan, S., & Sawhnes, V. (2006). Antioxidant defense mechanism under salt stress in wheat seedlings. *Biologia Plantarum, 50*(2), 227-231. https://doi.org/10.1007/s10535-006-0011-7.

Masek, J., Kumhala, F., Novak, P., & Fic, T. (2016). *Influence of different threshing system design on grain damage*. *Proceedings of the International Conference Engineering for Rural Development*. May. 25-27. Jelgava, Latvia.

Mohsenin, N. (1986). *Physical properties of plant and animal materials.* New York, NY: Gordon and Breach.

Nowrozieh, Sh., Rezaee-Asl, A., & Miarkiani, S. (2011). Determining some physical properties of cotton seeds. *Iranian Journal of Seed Science and Research, 1*(1), 6-13. (in Persian)

Qinghua, S., Zhiyi, V., Zhun, Z., Quansheng, Y., & 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. https://doi.org/10.1007/s10725-005-5482-6.

Razavi, M. A., & Akbari, R. (2023). *Biophysical properties of agricultural & food materials.* Mashhad: Ferdowsi University of Mashhad Press. (in Persian)

Shahbazi, F. (2011). Impact damage to chickpea seeds as affected by moisture content and impact velocity. *Applied Engineering in Agriculture, 27*(5), 771-775. https://doi.org/10.13031/2013.39557.

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. (2020). *Mechanical damage in agricultural grains (causes and solutions).* Lorestan: Lorestan University Press.

Shahbazi, F., Valizadeh, S., & Dowlatshah, A. (2017). Mechanical damage to green and red lentil seeds. *Food Science & Nutrition, 5*(4), 943-947. https://doi.org/10.1002/fsn3.480.

Szwed, G., & Lukaszuk, J. (2007) Effect of rapeseed and wheat kernel moisture on impact damage. *International Agrophysics*, *21*(3), 299-304.

Yan, T. Y., Hong, J. H., & Chung, J. H. (2005). An improved method for the production of white rice with embryo in a vertical mill. *Biosystems Engineering*, *92*(3), 317-323. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2005.07.014.

Agricultural Mechanization and Systems Research/Vol.24/No.86/summer 2023/P:81-98
Journal Home Page: https://amsr.areeo.ac.ir

Investigating the Effect of Saw Gin Machine in the Processing of Lint on the Vegetative Characteristics of Two Cotton Seed Varieties

M. A. Behaeen

*Corresponding Author: Assistant Professor, Agriculture Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran. Email: ali_behaeen@yahoo.com
Received: 6 February 2024, Accepted: 5 May 2024
http://doi: 10.22092/amsr.2024.365285.1483

Abstract

External and internal damages to seed, due to mechanical forces from processing machines, lead to a decrease in the percentage of germination of seeds. With the aim of increasing the efficiency of saw gin machine in separating the fibers from the seeds in the cotton lint, a factorial experiment was conducted in the form of a completely randomized design (CRD) with three replications. Levels of experiment factors were rotational speed of saws in gin machine at three levels; 300 rpm (S_1), 350 rpm (S_2) and 400 rpm (S_3), seed moisture content at three levels; 3-5% (M_1), 6-8 % (M_2) and 8-10% (M_3), and the cotton seed variety at two levels of Hekmat (V_1) and Golestan (V_2). Cotton seeds length, width, thickness, geometric mean, and sphericity coefficient were measured. Also, the seed skin thickness index, the amount of visible trash on the seed and fibers, the material capacity of saw gin machine, the seed germination, seed emergence rate, seed vigor index, and relative ion leakage were determined after processing the cotton lint in the gin machine. After data analysis of variance, treatments means were compared with Duncan's multiple range tests and regression equation between test treatments (independent variables) and measured parameters (dependent variables) were done. The results showed that $S_1M_2V_2$ and $S_1M_1V_1$ treatments produced the highest and lowest material capacity with 2.40 kg $h^{-1}$and 1.90 kg h^{-1}, respectively. Considering the same rotational speed and moisture content, the material capacity of the machine in Golestan variety was 12.22% higher than that in Hekmat variety. The regression equations showed that in Hekmat variety, with the increase in the rotational speed of saws in gin machine, the percentage of seed germination increased and the seed vigor index decreased. In the Golestan variety, the regression equations also showed that increase in the rotational speed of saws in gin machine, decrease in the percentage of seed germination and increase in the moisture content, caused an increase in seed emergence rate. Rotational speed of 350 rpm, moisture content of 6-8% and Golestan cotton variety produced the maximum germination percentage and seed germination rate with 93.67% and 24.56 seeds per day, respectively, and it is recommended.

Keywords: Material Capacity, Moisture Content, Relative Ion Leakage, Rotational Speed, Seed Germination

© 2023 Agricultural Mehanization and Systems Research, Karaj, Iran. This is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license)