Iranian Journal of Seed Research, 2024, 10(2): 81-98

Research Article

Investigating physical and physiological characteristics of cotton (*G. hirsutum*) seeds during the delinting process at factory

Shahram Nowrouzieh[1,*], Elham Faghani[2], Ghorbanali Roshani[1]

Extended abstract

Introduction: Currently, in most countries around the world, cotton seeds are used in delinted form. The fuzzy cotton seed often lead to slower germination, increased susceptibility of seeds and seedlings to pests and diseases, and disrupts mechanized cotton planting. Delinted cotton seeds have numerous advantages, including the possibility of mechanized planting, reduced seed consumption per unit area, faster germination in the soil, and more rapid field emergence of seedlings. Furthermore, delinted seeds are usually free from pathogenic agents, and the seed quality is improved with the availability of gravity separation and removal of broken, lightweight, and hollow seeds. One of the challenges faced by cotton seed delinting factories in Iran that employ acid-based methods is the reduction in the seed germination of the delinted seeds, which poses a challenge to the continued operation of these factories. This research was conducted to investigate the reasons behind the reduction in the viability cotton seeds in a delinting factory, to examine the physiological and mechanical characteristics of seeds at various stages of delinting in the factory.

Materials and methods: Seed sampling was carried out in a delinting factory in two replications. Traits such as seed vigor, germination percentage, ion leakage, seed density and volume, seed aging, level of abrasion and damage to the seed coat, and seed rupture force were studied. Finally, the data were analyzed using SAS, SPSS, and JMP software.

Results: The test results showed that seed sampling from both replications of the factory before centrifuge had the lowest germination percentage, leaf formation percentage, primary root length, primary stem length, dry weight of primary root, and dry weight of primary stem. These traits indicate that during the centrifugation stage, the seeds sustain significant mechanical damage, leading to a reduction in their vigor. The percentage of breakage, ion leakage, ageing, volume and density of seeds in the first repetition showed that these seeds had a lower quality compared to the seeds related to the second repetition. Therefore, different delinting stages in the factory have decreased the seed vigor. As the percentage of breakage and ion leakage increases, the seed rupture force declines non-linearly. Based on these findings, it can be concluded that acid contact with the cotton seed and the centrifugation process caused more mechanical damage to the seeds, leading to a significant reduction in seed rupture force.

Conclusion: The accuracy of operations at all stages of delinting significantly impacts seed quality. The centrifugation stage, the temperature of the dryer cylinders, and the acid neutralization process require greater attention and monitoring. Therefore, it is necessary to adjust the duration or concentration of the acid used for delinting in the delinting factory to match the seed condition in order to minimize damage to the seeds.

Keywords: Cotton seed, Delinting, Physiological maturity, Seed breakage force, Seed coat

Highlights:

1- Delinting in the factory causes damage to the seeds, but proper management of temperature and acid concentration mitigates this damage.
2- It is necessary to adjust the duration or concentration of the acid used for delinting in the factory to match the seed condition in order to minimize damage to the seeds.
3- Managing the acid spray on the seeds and eliminating the centrifugation section in the delinting factory can prevent severe seed damage in this stage, and seed quality can be improved.
4- Neutralizing the seeds at the end of the delinting process in the delinting factory results in an increase in the storage of delinted cottonseed.

[1] Associate professor, Cotton Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education, Extension Organization, Gorgan, Iran.
[2] Assistant Professor, Cotton Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education, Extension Organization, Gorgan, Iran.

*Corresponding author, E-mail: s.nowrozieh@areeo.ac.ir

Received: 24.7.2023; Revised: 25.11.2023;
Accepted: 29.11.2023; Online Published: 16.3.2024

DOR:

DOI: 10.61186/yujs.10.2.81

ISSN: 2383-1480 (On-Line); 2383-1251 (Print)

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

پژوهش‌های بذر ایران/ سال دهم/ شماره دوم/ ۱۴۰۲/ صفحات: ۹۸-۸۱

مقاله پژوهشی

بررسی خصوصیات فیزیکی و فیزیولوژیکی بذرهای پنبه (*G. hirsutum*) در مراحل کرک‌زدایی در کارخانه

شهرام نوروزیه[۱*]، الهام فغانی[۲]، قربانعلی روشنی[۱]

چکیده مبسوط

مقدمه: در حال حاضر در اغلب کشورهای جهان بذر پنبه را بصورت بدون کرک استفاده می‌کنند. کرک‌دار بودن بذر پنبه اغلب سبب جوانه‌زنی کندتر، حساسیت بیشتر بذر و گیاهچه به آفات و بیماری‌ها می‌گردد و کشت مکانیزه پنبه را مختل می‌کند. بذر پنبه بدون کرک از مزایای زیادی از جمله، امکان کشت مکانیزه، کاهش میزان بذر مصرفی در واحد سطح، جوانه زنی سریع‌تر در خاک و ظهور سریع‌تر گیاهچه در مزرعه، برخوردار است. همچنین بذر کرک‌زدایی شده معمولاً عاری از عوامل بیماریزا بوده و پس از کرک‌زدایی با فراهم شدن امکان جداسازی ثقلی و حذف بذرهای شکسته، سبک و پوک از توده بذر، کیفیت بذر ارتقا می‌یابد. یکی از مشکلات کارخانه‌های کرک‌زدایی بذر پنبه ایران که از روش اسید استفاده می‌کند، کاهش قوه نامیه بذر می‌باشد که ادامه کار این کارخانجات را به چالش کشیده است. این تحقیق برای بررسی دلایل کاهش قوه نامیه بذر پنبه در کارخانه کرک‌زدایی انجام شد تا خصوصیات فیزیولوژیکی و مکانیکی بذر در مراحل مختلف کرک‌زدایی در کارخانه بررسی گردد.

مواد و روش‌ها: بذرها در دو نوبت از مراحل کارخانه کرک‌زدایی نمونه گیری شد و صفاتی از جمله بنیه بذر، درصد جوانه زنی، نشت یونی، چگالی و حجم بذر، پیری بذر، میزان خراش و آسیب دیدگی پوسته بذر و نیروی شکست بذر مورد مطالعه قرار گرفت. در نهایت، داده‌ها توسط نرم افزارهای SAS، SPSS و JMP مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج آزمایش نشان دادکه نمونه‌گیری بذرها در هر دو نوبت از کارخانه قبل از سانتریفیوژ، کمترین درصد جوانه‌زنی، درصد تشکیل برگ لپه‌ای، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه را دارد. نتایج نشان داد، در مرحله سانتریفیوژ، صدمات مکانیکی زیادی به بذر وارد می‌شود که سبب افت بنیه بذر شده است. صفات درصد شکستگی، نشت غشایی، پیری، حجم و چگالی بذرها در نوبت اول نشان می‌هند که بذرهای نوبت اول از کیفیت کمتری نسبت به بذرهای نوبت دوم برخوردار بوده و در نتیجه در مراحل مختلف کرک‌زدایی در کارخانه، سبب کاهش شدید بنیه بذری شده‌اند. با افزایش درصد شکست و نشت غشایی، نیروی شکست بذر بطور غیرخطی کاهش می‌یابد. بر اساس این یافته‌ها می‌توان گفت که تماس اسید با بذر و عملیات سانتریفوژ، بیشترین خسارت مکانیکی را به بذر وارد می‌کنند که سبب افت معنی‌دار نیروی شکست بذر می‌گردد.

نتیجه‌گیری: دقت انجام عملیات در کلیه مراحل کرک‌زدایی در کیفیت بذر موثر است. بخش سانتریفیوژ، دمای استوانه‌های خشک کننده و بخش خنثی سازی اسید نیاز به توجه و نظارت بیشتری دارد. بنابراین لازم است که در کارخانه کرک‌زدایی، مدت یا رقت اسید بکار رفته برای کرک‌زدایی متناسب با وضعیت بذرها، تغییر کرده تا خسارت کمتری به بذرها وارد شود.

واژه‌های کلیدی: بذر پنبه، بلوغ فیزولوژیکی، پوسته بذر، کرک‌زدایی، نیروی شکست

جنبه‌های نوآوری:

۱- کرک‌زدایی در کارخانه سبب خسارت به بذر، اما مدیریت صحیح دما و غلظت اسید سبب کاهش این خسارت می‌گردد.

۲- لازم است که در کارخانه، مدت یا رقت اسید بکار رفته برای کرک‌زدایی متناسب با وضعیت بذرها، تغییر کرده تا خسارت کمتری به بذرها وارد شود.

۳- با مدیریت پاشش اسید روی بذر و حذف قسمت سانتریفیوژ در کارخانه کرک‌زدایی می‌توان از صدمه شدید بذر در این قسمت جلوگیری کرد و کیفیت بذر را ارتقا داد.

۴- خنثی سازی بذر در انتهای فرآیند کرک‌زدایی در کارخانه سبب افزایش انبار مانی بذر بدون کرک پنبه می‌شود.

[۱] دانشیار موسسه تحقیقات پنبه ایران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.

[۲] استادیار موسسه تحقیقات پنبه ایران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.

[*] رایانامه نویسنده مسئول: s.nowrozieh@areeo.ac.ir

DOR:

DOI: 10.61186/yujs.10.2.81

شاپا: ۱۴۸۰-۲۳۸۳ (برخط)؛ ۱۲۵۱-۲۳۸۳ (چاپی)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۲؛ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۹/۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۹/۸؛ تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۲/۱۲/۲۶

مقدمه

بذر نهاده اصلی در تولید محصولات کشاورزی است. گیاهچه‌های حاصل از بذرهای با خصوصیات کیفی مناسب، از وضعیت مطلوبی برخوردار بوده، به تنش‌های محیطی مقاومت بهتری نشان داده و در نهایت عملکرد حاصله از این بذرها نیز بیشتر می‌باشد (حمیدی[1] و همکاران، ۲۰۲۱).

در حال حاضر در اغلب کشورهای جهان بذر پنبه را بصورت بدون‌کرک استفاده می‌کنند. کرک‌دار بودن بذر پنبه اغلب سبب جوانه‌زنی کندتر، حساسیت بیشتر بذر و گیاهچه به آفات و بیماری می‌گردد و کشت مکانیزه پنبه را مختل می‌کند(روشنی[2] و همکاران، ۲۰۱۹). بذر بدون کرک از مزایای زیادی از جمله امکان کشت مکانیزه، کاهش میزان بذر مصرفی در واحد سطح، جوانه‌زنی سریعتر بذر در خاک و ظهور سریعتر گیاهچه در مزرعه برخوردار هستند. همچنین بذر کرک‌گیری شده معمولاً عاری از عوامل بیماریزا بوده و پس از کرک‌گیری با فراهم شدن امکان جداسازی ثقلی و در نتیجه جدا شدن بذرهای شکسته، سبک و پوک از توده بذر و نیز ضد عفونی‌کردن بذر و در نتیجه ارتقای کیفیت بذر، امکان دستیابی به بذر دارای کیفیت بهتر فراهم می‌آید (مک میشل و کویزنبری[3]، ۱۹۹۱).

کرک‌گیری بذر پنبه به دو روش مکانیکی و شیمیایی انجام می‌شود (لیما[4] و همکاران، ۲۰۲۳). در روش مکانیکی با استفاده برس‌های سیمی، کرک روی بذر گرفته می‌شود. روش مکانیکی یک روش بسیار سایشی برای تهیه بذر بی‌کرک است که سبب آسیب مکانیکی به بذر شده و از طرف دیگر طی این فرایند گرمای حاصل از سایش می‌تواند سبب آسیب به بذر شود. همچنین در بذرهای کرک‌زدایی شده به روش مکانیکی، ۱ تا ۲ درصد کرک روی بذر می‌ماند ولیکن در روش شیمیایی، همه کرک‌ها حذف می‌شود (همکاری‌های پنبه[5]، ۲۰۰۴).

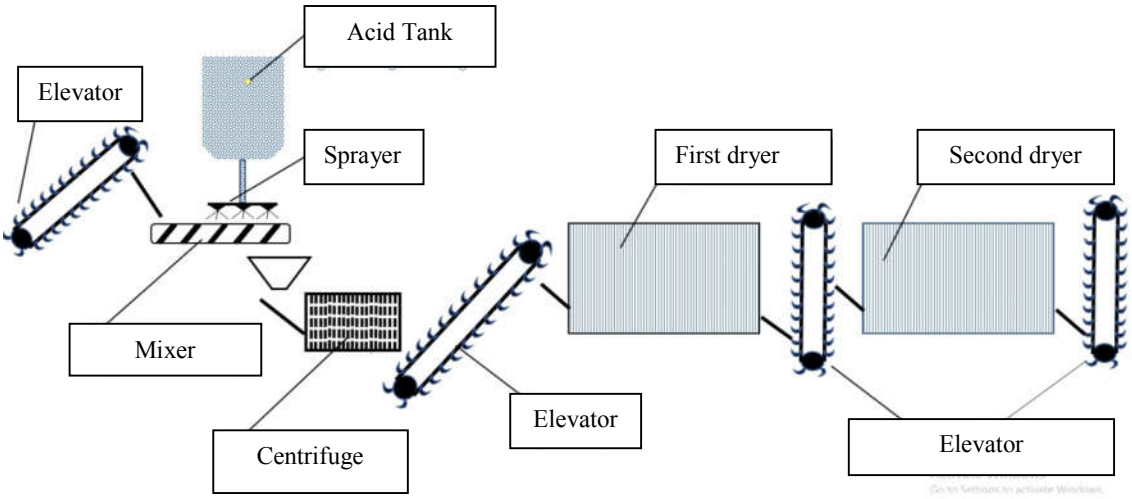
در روش شیمیایی برای از بین بردن کرک‌ها از اسید (محلول اسیدی، کف اسیدی یا فوم و بخار اسید) استفاده می‌شود (حمیدی و همکاران، ۲۰۱۵). در این روش، اسید با کرک‌های سطح بذر تماس پیدا کرده و طی یک فرایند سایشی، کرک‌ها از سطح بذر بطور کامل جدا می‌شوند. دقت عمل در این روش به منظور حفظ قوه نامیه بذر بسیار اهمیت دارد. اگر غلظت و یا مدت زمان تماس بذر با اسید درست رعایت نشود، احتمال خسارت به بذر افزایش می‌یابد. همچنین خصوصیات بذرهای تولید شده در هر منطقه و یا عوامل دیگری ممکن است که در این مسأله تأثیرگذار باشند. نوروزیه[6] و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی ضخامت پوسته شش رقم تجاری پنبه گزارش کرده اند که بین ضخامت پوسته بذرها تفاوت معنی‌داری، وجود داشته و بیشترین ضخامت پوسته مربوط به رقم گلستان بوده است. رقم دردست معرفی ۴۳۲۰۰ نیز دارای پایین‌ترین شاخص ضخامت پوسته بوده است.

کاهش قوه نامیه بذر در اثر کرک‌زدایی با اسید در کارخانجات کرک‌زدایی بذر پنبه، فعالیت آنها را با چالش مواجه نموده است. در کارخانه کرک‌زدایی، اسید با کرک‌های سطح بذر تماس پیدا کرده و ارتباط آنها را با پوسته بذر ضعیف می‌نماید. جدا شدن کرک‌ها از پوسته در دو مرحله در استوانه دوار با استفاده از سایش بذر با دیواره و سایر بذرها و با کمک گرما انجام می‌گیرد. شکل ۱ فرایند کرک‌گیری در کارخانه کرک‌زدایی را نشان می‌دهد.

اگر خشک کردن و خنثی‌سازی اسید باقی مانده بر روی بذربخوبی انجام نشود، احتمال افت قوه نامیه وجود دارد. خنثی‌سازی ناقص، سبب نفوذ اسید باقی مانده بر روی بذر به داخل بذر شده و به مرور زمان منجر به از بین رفتن جنین بذر می‌گردد (روشنی و همکاران، ۲۰۱۹).

صدمه مکانیکی به بذر احتمالاً با ابداع دستگاه‌های مکانیکی پنبه پاک کنی یا جین‌ها شروع شده است. با اینکه بطور یقین دستگاه‌های قدیمی جین‌زنی پنبه چنین صدماتی به بذر وارد می‌کنند، اما صدمه مکانیکی با دستگاههای جدیدتر نیز مشکل اصلی در تولید بذر با

[1] Hamidi
[2] Roshani
[3] Macmichael and Quisenberry
[4] Lima
[5] Cotton Incorporated
[6] Nowrouzieh



شکل ۱- فرایند کرک‌زدایی بذر پنبه در کارخانه کرک‌زدایی

Fig. 1. The process of delinting cotton seeds in delinting factory

کیفیت می‌باشد. تاثیر سوء و صدمه مکانیکی قابل توجه به بذر، نتیجه مکانیزه شدن استحصال بذر بوده و به موازات توسعه این فناوری همچنان این مشکل وجود دارد (کول ویک[1] و همکاران، ۱۹۷۲).

حمیدی و همکارن (۲۰۱۵) تحقیقی در زمینه ارزیابی اثر منطقه تولید، تصفیه و کرک‌گیری بر جوانه‌زنی و بنیه بذر پنبه رقم ساحل در استان گلستان انجام دادند. تیمارها تصفیه وش مناطق غرب و شرق استان با جین ۸ و ۱۶ اره، جین غلتکی، جین‌زنی با دست و کرک‌گیری با اسید سولفوریک و عدم کرک‌گیری بودند. نتایج نشان داد که بالاترین تعداد گیاهچه عادی مربوط به بذرهای تصفیه شده با جین غلتکی و کرک‌گیری نشده و کمترین تعداد گیاهچه عادی مربوط به بذرهای تصفیه شده با جین ۱۶ اره و کرک‌گیری شده شرق استان بودند. همچنین بذرهای شرق استان تصفیه شده با جین ۱۶ اره و کرک‌گیری نشده و بذرهای غرب استان، تصفیه شده با جین غلتکی و کرک‌گیری شده به ترتیب دارای بیشترین و کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی بودند. بذرهای کرک‌گیری نشده و شده غرب و شرق استان، تصفیه شده با جین غلتکی و جین ۸ و ۱۶ اره، به‌ترتیب بیشترین و کمترین طول گیاهچه را داشتند. بیشترین و کمترین وزن خشک گیاهچه به‌ترتیب به بذرهای شرق استان تصفیه شده با دست و جین غلتکی و کرک‌گیری شده و نشده بذرهای تصفیه شده با جین ۸ و ۱۶ اره و کرک‌گیری نشده این منطقه تعلق داشت. بذرهای غرب استان تصفیه شده با جین ۸ اره و کرک‌گیری نشده و بذرهای تصفیه شده با دست و کرک‌گیری شده این منطقه به ترتیب دارای بیشترین و کمترین هدایت‌الکتریکی بودند. براساس نتایج، تصفیه رقم ساحل؛ بخصوص تولید غرب استان، با جین غلتکی توصیه می‌گردد تا خسارت مکانیکی پوسته بذر و اثر نامطلوب کرک‌گیری با اسید بر جوانه‌زنی و بنیه بذر کاهش یابد.

شدت صدمه مکانیکی به بذر در مناطق مختلف پنبه‌کاری، زمان برداشت وش و مدیریت مزرعه متفاوت می‌باشد. دلوچه[2] (۱۹۸۶) گزارش کرده است که شدت و درصد صدمات وارده به بذر در مرحله جین مکانیکی وش متفاوت بوده و حدود ۱۰ درصد بذرها ممکن است بیش از ۱۵ درصد صدمه ببینند. رطوبت بذر نیز رابطه مستقیمی با شدت صدمات وارده به بذر داشته و با افزایش رطوبت بذر تا ۱۶ درصد، درصد بذرهای صدمه دیده نیز افزایش یافته است. همچنین جنین این بذرها

[1] Colwick

[2] Delouche

در کرک‌زدایی بذر با اسید آسیب جدی دیده و با افزایش شدت صدمات وارده به بذر، بذرهای کرک‌زدایی شده با اسید نیز کاهش معنی‌داری در درصد جوانه‌زنی آنها رخ داده است.

عامل اصلی خسارت مکانیکی (شکستگی و ترک خوردگی بذر) تنظیم نادرست دستگاه کرک‌زدایی مکانیکی (دستگاه یا برس‌ها)، دستگاه تصفیه وش(پنبه پاک کنی) و ماشین برداشت می‌باشد. همچنین خسارت مکانیکی به بذر تا حدودی در اثر ضعف دستگاه تسمه نقاله و فرو افتادن بذرها رخ می‌دهد(گرگوری[1] و همکاران، ۱۹۹۹)

این تحقیق با هدف شناسایی خسارات در مراحل مختلف کرک‌گیری در کارخانه کرک‌زدایی انجام شد. بدین منظور خصوصیات فیزیکی و فیزیولوژیکی بذر پنبه در مراحل مختلف کارخانه کرک‌زدایی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی روند کرک‌زدایی کردن بذر در کارخانه کرک‌زدایی گرگان و نقش آن بر کیفیت بذرها، در هر مرحله کرک‌زدایی، از بذرهای گواهی شده رقم گلستان (*G. hirsutum* L.) در دو تکرار نمونه گیری شد و خصوصیات فیزیکی و فیزیولوژیکی به ویژه بنیه بذر و رشد دانه رست مطالعه گردید. در حین فرایند، دمای هر مرحله اندازه‌گیری شد که در جدول ۱ ذکر شده است.

صفات فیزیولوژیک بذر پنبه

جهت ارزیابی مؤلفه‌های جوانه‌زنی از آزمون جوانه‌زنی استاندارد و پیری تسریع شده استفاده گردید. در این آزمون‌ها مؤلفه‌های درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی اندازه‌گیری شد.

آزمون جوانه‌زنی

در آزمون جوانه‌زنی استاندارد تعداد ۱۰۰عدد بذر پنبه در حوله کاغذی (۴۵×۳۰ سانتی‌متر) قرار داده شد. بذرها به مدت هشت روز، در ژرمیناتور شرکت نور صنعت فردوس مدل (SG600) بود و هر ۲۴ ساعت یکبار درصد جوانه‌زنی در دمای ۲ ± ۲۵ درجه سلسیوس ثبت شدند. خروج ریشه‌چه به اندازه ۲ میلی متر یا بیشتر به عنوان معیار جوانه زنی محسوب می‌شود. در روز هشتم، درصد جوانه‌زنی یادداشت شد (هامپتون و تکرونی[2]، ۱۹۹۵).

آزمون پیری زودرس

طی آزمون پیری زودرس، بذرها روی تور سیمی که از تماس با آب درون ظرف جلوگیری می‌کند، در معرض دمای بالای۲± ۴۳ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت قرار گرفتند. در نهایت آزمون رشد گیاهچه روی بذرهای پیر شده انجام شد (هامپتون و تکرونی، ۱۹۹۵).

نشت غشایی

روش دیگری که می‌تواند شاخصی از بنیه بذر و درصد جوانه‌زنی بذرهای سالم باشد، بررسی نشت غشایی است. برای این آزمون ۱۰ گرم بذر در ۱۰۰ سی سی آب مقطر قرار می‌گیرد. پس از ۱۸ساعت، هدایت الکتریکی آب با دستگاه EC متر خوانده شد و با واحد $\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$ گزارش می‌شود (اوجیکار و ماروا[3]، ۲۰۲۱).

درصد شکستگی بذر

برای محاسبه درصد شکستگی، ابتدا از هر تیمار با سه تکرار ۱۰۰عدد بذر را جدا کرده و با مشاهده در زیر استریومیکروسکوپ، بذرهایی که در پوسته خراش یا شکستگی داشتند شمارش شد (گوروراج[4]، ۲۰۱۹).

شاخص قدرت بذر

طبق استاندارد ایستا[5]، ۱۰۰ عدد بذر در سه تکرار پس از ازاینکه با اسید استیک ۵ درصد و آب ژاول ۳ درصد به مدت ۲ تا ۳ دقیقه ضدعفونی شدند در حوله کاغذی به صورتی ردیف لوله شدند. پس از ۲۴ ساعت روزانه به مدت یک هفته در ساعت مشخص تعداد بذرهای جوانه‌زده شمارش شد. در روز هفتم طول گیاهچه (ریشه‌چه و ساقه‌چه) و برای بررسی وضعیت

[1] Gergory

[2] Hampton and Tekrony
[3] Ujjainkar and Marawar
[4] Gururaj
[5] ISTA

جدول۱. اندازه‌گیری دمای بذر در مراحل مختلف کرک‌زدایی بذر پنبه در کارخانه
Table1. Temperature measurement of seed in different stages of cotton seed delinting in the factory

ردیف	شماره‌مراحل Stages No	مراحل کرک‌زدایی Delinting Stages	دما در تکرار اول First temperature recording (°C)	دما در تکرار دوم Second temperature recording (°C)
1	1	شاهد (بذر کرکدار) Control	-	-
2	2	قبل از سانتریفیوژ (بذر) Before centrifuge (seed)	23	21
3	3	بعد از سانتریفیوژ (بذر) After centrifuge	22	19.5
4	-	ورودی خشک کن۱(هوا) Entrance of dryer1(Air)	121	95.2
5	4	خروجی خشک کن۱(هوا) Output of dryer1(Air)	74.3	67.6
6	-	ورودی خشک کن۲(هوا) Entrance of dryer(Air)2	63	49.8
7	5	خروجی خشک کن۲(هوا) Output of dryer2(Air)	61	57.5
8	6	خروجی الک (بذر) Output of sieve(seed)	-	-
9	7	خروجی خنثی سازی(بذر) Output of neutralization(seed)	-	-
10	8	بسته بندی بذر Seed packing	59	47

زیست توده، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه محاسبه شد. شاخص بنیه بذر نمونه‌ها با محاسبه درصد جوانه‌زنی ضرب در میانگین مجموع طول ریشه و ساقه حاصل شد (متیو و پاول[1]، ۲۰۰۶).

وجود ترک روی بذر و شدت آن را می‌توان با روش‌های مستقیم و غیرمستقیم تعیین نمود. در روش غیرمستقیم از شدت نفوذ مواد شیمیایی داخل بذر در آب مقطر در یک زمان معین استفاده می‌گردد. هرچه تعداد، عمق یا دامنه ترک بذر بیشتر باشد، با اندازه‌گیری غلظت این مواد نشتی می‌توان بطور غیرمستقیم، برآوردی از وضعیت پوسته‌ای بذر بدست آورد. لذا بذرها به روش نشت یونی مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

روش دیگر برای ارزیابی وضعیت ترک‌خوردگی بذر، اندازه‌گیری و مشاهده مستقیم پوسته بذر با استفاده از یک میکروسکوپ با بزرگنمایی مناسب می‌باشد (شکل ۲). با اینکه خصوصیات فیزیکی پوسته بذر می‌تواند اطلاعات مفیدی برای قابلیت و شرایط کرک‌گیری بذر به روش اسید در اختیار قرار دهد، اما خصوصیات شیمیایی پوسته نیز ممکن است بر این قابلیت و شرایط، تاثیرگذار باشد.

خواص مکانیکی بذرهای پنبه

برای انجام آزمون مکانیکی از دستگاه اینسترون سنتام[2] با نیروسنج ۱۵۰ نیوتنی استفاده شد. یک فک فشاری به اینسترون متصل است. پنبه دانه‌ها در ۲ جهت بارگذاری (عرض و ضخامت)، در سرعت بارگذاری ۵ میلی‌متر بر دقیقه (ساوری[3] و همکاران، ۲۰۲۰) و در دو حالت کرک‌دار و بدون کرک تحت آزمون فشار قرار گرفتند. آزمون فشار با قراردادن بذر پنبه در جهات مورد نظر میان دو فک پایینی و بالائی دستگاه آغاز و برای هر دانه پنبه تا زمان گسیختگی کامل به طول می‌انجامد. هر آزمون برای هر رقم حداقل ۵ بار تکرار شد. پس از دریافت اطلاعات از رایانه متصل به دستگاه اینسترون

[1] Matthews and Powell

[2] Instrument Santam-STM5
[3] Savari

شکل۲. مطالعه میکروسکوپی سطح بذر (خراشیدگی بذرهای گلستان)

Fig. 1. Microscopic study of seed surface (scratching of Golestan seeds).

داده‌های مورد نیاز از نمودار نیرو – تغییرشکل به دست آمد.

نیروی شکست

نیرو تا شکسته شدن بذر قرارگرفته شده در بین دو فک دستگاه، به نمونه اعمال گردید و همزمان نمودار نیرو-تغییر شکل تا لحظه شکست (شکل ۳)، توسط رایانه متصل به دستگاه اینسترون ترسیم و از روی این نمودار حداکثر نیروی شکست و تغییرات جابه‌جایی مشاهده شد (خزایی[1]، ۲۰۰۸).

انرژی شکست

انرژی گسیختگی دانه با محاسبه مساحت زیر منحنی نیرو-تغییر شکل (شکل۳) از نقطه شروع بارگذاری تا نقطه گسیختگی دانه محاسبه شده است (کاراج و مولر[2]، ۲۰۱۰).

حجم بذر پنبه

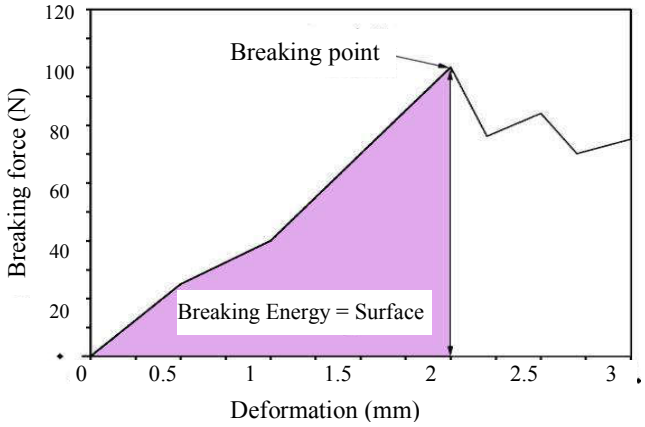
حجم دانه پنبه از روش جابه‌جایی مایع، با استفاده از مایع تولوئن[3] و قرائت حجم روی بورت مدرج بدست آمد. بدین ترتیب که ابتدا مقدار معینی تولوئن را درون بورت مدرج ریخته و حجم اشغال شده بورت ثبت شد. سپس تعدادی دانه پنبه (یک دانه یا چند دانه با وزن مشخص) در بورت مدرج انداخته شد. با تکان دادن بورت مدرج حباب‌های موجود در اطراف بذر خارج شده، با قرائت سطح تولوئن بالا آمده در بورت، حجم دانه تعیین شد. داده‌ها توسط نرم افزارهای SAS، SPSS و JMP در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

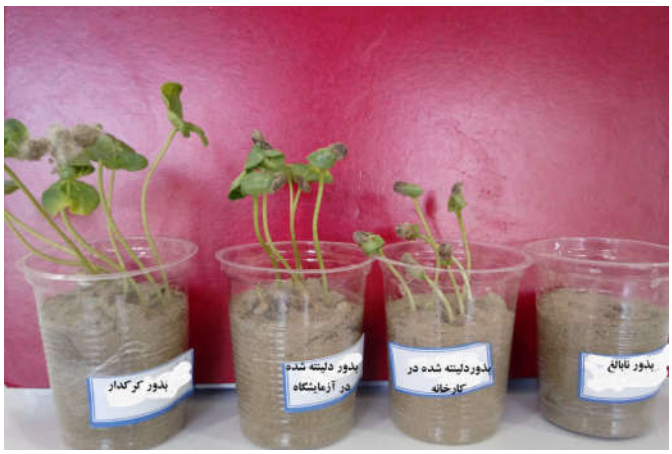
خصوصیات جوانه‌زنی و رشد دانه‌رست‌ها

همانگونه که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، بذرهای نابالغ به دلیل نداشتن قدرت جوانه‌زنی دانه‌رست‌ها، رشد نداشتند، در حالی‌که در بذرهایی که رسیدگی فیزیولوژیک و بنیه جوانه‌زنی مناسب داشتند، گیاهچه‌های طبیعی تشکیل دادند. بذرهایی که در آزمایشگاه کرک‌زدایی شده بودند گیاهچه‌های طبیعی‌تری نسبت به بذرهای کرک‌گیری شده در کارخانه دارند زیرا در آزمایشگاه بعد از کرک‌گیری، بذرها شسته می‌شوند اما در کارخانه عملیات خنثی سازی انجام می‌شود. همانطور که شکل ۴ نشان‌می‌دهد کرک-گیری چه به‌صورت آزمایشگاهی و چه درکارخانه، سبب کاهش رشد گیاهچه نسبت به شاهد می‌گردد. نتایج مقایسه میانگین‌ها در مراحل مختلف کرک‌زدایی (جدول۲) نشان داد، بهینه درصد جوانه‌زنی در بذرهای

[1] Khazaei
[2] Karaj and Müller
[3] $C_6H_5CH_3$



شکل ۳. نمودار نیرو-تغییرشکل و سطح زیر نمودار استفاده شده برای محاسبه انرژی
Fig. 3. Force-deformation diagram and the area under the diagram used to calculate energy



شکل ۴.کشت بذرهای کرک‌زدایی شده در کارخانه در مقایسه با بذرهای کرک‌دار و بذرهای کرک‌گیری شده در آزمایشگاه
Fig. 4. Planting of delinted seeds in the factory compared to fuzzy seeds and delinted seeds in the laboratory

مرحله اول نمونه‌گیری شده از خروجی خشک کن۲، با دمای ۶۱ درجه سلسیوس، ۹۴/۶۶ درصد بود. در مرحله اول نمونه‌گیری از کارخانه، قبل از سانتریفیوژ، بذرها کمترین درصد جوانه‌زنی (۷۲٪) را داشتند.

جدول ۲ تجزیه واریانس برخی صفات بذر در مراحل مختلف کرک‌زدایی را نشان می‌دهد. بر اساس این جدول دو صفت درصد جوانه‌زنی و درصد تشکیل برگ لپه‌ای در دو زمان نمونه‌گیری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشته‌اند، اما سایر صفت در این دو زمان اختلاف معنی داری (۱٪ خطا) از خود نشان داده‌اند. این بدان معنی است که شرایط کار کارخانه در این دو تاریخ با یکدیگر اختلاف داشته است که سبب بروز تغییر معنی دار در این صفات شده است.

همانطور که در جدول ۳ قابل مشاهده است، در مرحله بعد از سانتریفیوژ، بذر بنیه کمی دارد، به طوری‌که درصدتشکیل برگ لپه‌ای۲/۶۶٪ بود. همچنین در این مرحله، ساقه‌چه و ریشه‌چه رشدی نداشتند. در مرحله دوم نمونه‌گیری از کارخانه (جدول۴)، بذرها بعد از سانتریفیوژ نیز همین وضعیت را دارند. درصد جوانه‌زنی بذرهای کرک‌زدایی شده پس از خنثی کردن در مرحله اول نمونه‌گیری از کارخانه ۹۴ درصد و در مرحله دوم نمونه‌گیری (جدول۴) ۹۳/۳ درصد بود که در هر دو تکرار از شاهد بیشتر بود. این موضوع به دلیل

بوجاری و جداسازی بذرهای پوک و سبک پس از کرک‌گیری از توده بذر است و یکی از مزایای کرک-گیری بذر می‌باشد.

بذرها پس از سانتریفیوژ در هر دو مرحله کمترین درصد جوانه زنی را دارند در حالیکه جوانه‌زنی بذرها از مرحله خروجی خشک‌کن۲ تا پس از خنثی‌سازی در حال افزایش است. در مرحله اول و دوم نمونه‌گیری (جدول ۳ و۴)، کمترین درصد تشکیل برگ لپه‌ای، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه، متعلق به مرحله پس از سانتریفیوژ است. این صفات نشان می‌دهند که در مرحله سانتریفیوژ، صدمات مکانیکی زیادی به بذر وارد می‌شود که سبب کاهش صفات فیزیولوژیک بذر شده است.

بررسی خصوصیات فیزیولوژیکی دانه رست‌ها

میانگین طول ریشه‌چه در توده بذرهای حاصل از مرحله دوم نمونه‌گیری ۱۱/۹ سانتی‌متر بود ولیکن در مرحله اول نمونه‌گیری، میانگین طول ریشه‌چه به ۱۰سانتی‌متر رسید. طول ساقه‌چه در انتهای فرایند کرک‌گیری در هردو مرحله ۵/۳ سانتی‌متر است. همچنین وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در هر دو مرحله تقریبا یکسان است. بر اساس جدول ۳ و ۴ و مقایسه با شاهد، شرایط فیزیولوژیک بذر در مرحله دوم بهتر از مرحله اول بوده است. یکی از دلایل این موضوع می‌تواند مربوط به کمتر بودن دما در مراحل مختلف کرک‌گیری (جدول ۱) باشد و نشان دهنده اهمیت کنترل دما در این فرایند است.

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات در بذرهای نمونه گیری شده از مراحل مختلف کرک‌زدایی در کارخانه

Table 2. Analysis of variance (mean square) for some properties from different stages of delinting factory

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	درصد جوانه‌زنی Germination	درصد تشکیل برگ لپه‌ای Cotyledon leaf formation	طول ریشه‌چه Root length	طول ساقه‌چه Stem length	وزن خشک ریشه‌چه Root dry weight	وزن خشک ساقه‌چه Stem dry weight
بلوک Rep	2	21 ^{ns}	56.43 ^{ns}	18.81 ^{ns}	11.64 ^{ns}	0.00000001 ^{ns}	0.000043 ^{ns}
تعداد نمونه‌گیری Sampling (D)	1	40.33 ^{ns}	30.08 ^{ns}	2836.68 **	2054.08 **	0.00007 **	0.0012 **
مراحل کرک‌زدایی Stages (S)	7	203 **	3144.08 **	6812.87 **	2577.08 **	0.0005 **	0.031 **
برهمکنش S×D	7	56.33 **	486.08 **	588.82 *	130.51 **	0.00003 **	0.0005 **
خطا Error	14	7.84	19.63	2260.10	29.77	0.000	0.00005
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		2.3	8.11	20.93	10.95	2.04	3.97

ns ,* و ** به ترتیب نشان دهنده عدم معنی‌دار، معنی‌دار درسطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and ** indicate non-significant and significant at $p<0.01$ and $p<0.05$ respectively

جدول۳ . مقایسه میانگین صفات در بذرهای نمونه گیری شده از مراحل مختلف کرک‌زدایی در کارخانه نوبت اول
Table 3. Mean comparison of traits in seeds sampled from different stages of delinting in the first replication.

مراحل کرک‌زدایی	درصد جوانه‌زنی Germination (%)	درصد تشکیل برگ لپه‌ای Cotyledon leaf formation (%)	طول ریشه‌چه Root length (mm)	طول ساقه‌چه Stem length (mm)	وزن خشک ریشه‌چه Root dry weight (g)	وزن خشک ساقه‌چه Stem dry weight (g)
شاهد Control	90.66±1.33abc	82.6±2.67a	106.67±4.37ab	67.33±2.73b	0.03±0.0a	0.2±0.0bc
قبل از سانتریفیوژ Before Centrifuge	72±2.31h	52±2.31def	112.67±5.3a	63.66±4.67b	0.03±0.0a	0.18±0.0c
بعد از سانتریفیوژ After Centrifuge	78.6±1.33gf	2.66±2.67h	0.00±0.0h	0.00±0.0g	0.001±0.0c	0.001±0.0g
خروجی خشک کن۱ After Dryer1	86.66±1.33cde	48±2.31fg	98.33±1.67abcd	63±2b	0.02±0.0b	0.2±0.0bc
خروجی‌خشک‌کن۲ After Dryer2	85.33±1.32de	57.33±2.67c	57.67±1.45fg	60±0.0bc	0.02±0.0b	0.21±0.0abc
خروجی الک After Sieve	86.66±1.33cde	53.33±1.32def	70±3.06efg	79±0.58a	0.03±0.0a	0.21±0.0abc
خروجی خنثی سازی After Neutralization	90.66±1.32abc	66±3.52c	90.33±8.7bcde	64.33±5.18b	0.02±0.00b	0.16±0.0d
بسته بندی Packaging	94.66±1.33a	68±2.31bc	100.33±5.49abc	53.33±6.18cde	0.03±0.0a	0.21+±0.01abc

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ خطا می‌باشد.
Similar letters in each column represent the lack of significance at p≤0.05

جدول ۴ . مقایسه میانگین صفات در بذرهای نمونه گیری شده از مراحل مختلف کرک‌زدایی در کارخانه نوبت دوم
Table 4 Mean comparison of traits in seeds sampled from different stages of delinting in the first replication.

مراحل کرک‌زدایی Delinting stages	درصد جوانه‌زنی Germination (%)	درصد تشکیل برگ لپه‌ای Cotyledon leaf formation (%)	طول ریشه‌چه Root length (mm)	طول ساقه‌چه Stem length (mm)	وزن خشک ریشه‌چه Root dry weight (g)	وزن خشک ساقه‌چه Stem dry weight (g)
شاهد Control	84±2.31ef	57.33±1.33d	66.33±6.13fg	47±1ef	0.02±0.0b	0.19±0.0de
قبل از سانتریفیوژ Before Centrifuge	80±2.31fg	56±4de	74.33±2.85defg	85.33±3.8a	0.03±0.0a	0.21±0.0ab
بعد از سانتریفیوژ After Centrifuge	70.33±1.33g	2.66±1.33h	0.0±0.0h	0.0±0.0g	0.00±0.0c	0.0±0.0g
خروجی خشک کن۱ After Dryer1	89.33±1.33bcd	85.33±0.33b	57.67±1.45fg	41.33±1.86f	0.02±0.0b	0.22±0.0a
خروجی‌خشک‌کن۲ After Dryer2	78.66±1.33g	41.33±3.53g	53.33±0.41g	45±2.89ef	0.02±0.0b	0.21±0.0abc
خروجی الک After Sieve	80±2.31fg	50.66±4.81def	63.33±0.88fg	50±0.58def	0.02±0.0b	0.21±0.0abc
خروجی خنثی سازی After Neutralization	88±2.31cde	48.66±2.91efg	78.67±2.97ab	51.33±4.49cde	0.02±0.0b	0.20±0.0cd
بسته بندی Packaging	93.33±1.33a	93.33±1.32a	119.33±0.67a	53±2.52cde	0.03±0.0a	0.21±0.0abc

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ خطا می باشد.
Similar letters in each column represent lack of significance at p≤0.05

جدول ۵. تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی بذرهای نمونه گیری شده از مراحل مختلف کرک‌زدایی در کارخانه

Table 5. Analysis of variance (mean square) for physiological characteristics of seeds sampled from different stages of delinting factory

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	شکستگی بذرها Seed breakage	نشت غشایی Membrane leakage	پیری seed aging	حجم Volume	چگالی Density	شاخص قدرت‌بذر Vigor
بلوک Rep	2	18.25*	8077.75^{ns}	8.33^{ns}	0.0004^{ns}	0.0007^{ns}	16.33^{ns}
نمونه‌گیری Sampling (D)	1	6.02^{ns}	480000**	867**	1.42**	60.61**	208.33**
مرحله **کرک‌زدایی** Stages (S)	7	716.59**	1741713.99**	671.19**	0.002^{ns}	0.15**	2256.71**
برهمکنش S×D	7	18.06**	21682**	972.14**	0.003*	0.15**	2350**
خطا Error	14	3.8	10371.06	43.88	0.0009	0.03	13.48
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		14.79	11.24	18.88	9.72	9.91	2.97

ns ,* و ** به ترتیب نشان دهنده عدم معنی‌دار، معنی‌دار درسطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and ** indicate non-significant and significant at p<0.01 and p<0.05 respectively

مطالعات گذشته نشان می‌دهد که سرعت جوانه‌زنی تحت تاثیر دما قرار می‌گیرد (کرزانوسکی و دلوچی[1]، ۲۰۱۱). آرندت[2] (۱۹۴۵) بیان داشت دمای حدود ۳۹ تا ۴۰ درجه سلسیوس، جوانه‌زنی بذرهای پنبه را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

جدول ۵ نشان می‌دهد که در زمان نمونه‌گیری فقط صفت شکستگی بذرها اختلاف معنی داری از خود نشان نداده است و سایر صفات در این دو زمان با هم اختلاف معنی‌دار دارند. بعبارتی شرایط کار کارخانه کرک‌زدایی در دو زمان نمونه‌گیری متفاوت بوده است. همچنین تنها صفتی که در مراحل مختلف کرک‌گیری در کارخانه کرک‌زدایی دچار تغییر نشده است حجم بذر می‌باشد. اثر متقابل زمان نمونه‌گیری و مراحل کرک‌گیری بر تمام صفات اثر معنی داری دارد.

مطابق نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول۶) نشت یونی در بذرهای نمونه‌گیری شده از کارخانه در مرحله اول بیشتر از نمونه‌گیری مرحله دوم بود. نشت یونی در مرحله پایانی نمونه‌گیری اول، ۳/۲ برابر بیشتر از نمونه گیری دوم است. لذا به نظر می‌رسد علت کاهش صفات فیزیولوژیک بذر در مرحله اول مربوط به نشت یونی بیشتر می‌باشد.

پیری بذر در شاهد مرحله اول ۶۱٪ و در شاهد مرحله دوم ۴۹٪ است و اختلاف از نظر آماری معنی‌دار است، بعبارتی بذرهای مرحله اول، درصد پیری بیشتری نسبت به مرحله دوم داشتند (جدول۶). اما در پایان کار درصد پیری بذر در کارخانه در مرحله اول و دوم به ترتیب ۴۰ و ۳۸/۶۶ درصد می‌رسد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین آنها وجود ندارد. دلیل این امر نیز بوجاری بذر بعد از کرک‌گیری است.

حجم بذر در مراحل مختلف کرک‌گیری در نوبت اول و دوم تغییر معنی‌داری نسبت به شاهد نمی‌کند اما بذرهای مرحله دوم دارای حجم بیشتری نسبت به بذرهای مرحله اول هستند. بعبارتی بذرهای مرحله دوم

[1] Krzyzanowski and Delouche
[2] Arndet

جدول ۶. مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیکی بذرهای نمونه گیری شده از مراحل مختلف کرک‌زدایی در کارخانه

Table 6. Mean comparison of physiological characteristics of seeds sampled from different stages of delinting factory

مراحل نمونه گیری بذرها از کارخانه Seed Sampling Stages from Factory	درصد شکستگی بذر Seed breakage (%)	نشت غشایی Membrane leakage ($\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$)	درصد پیری بذر seed aging (%)	حجم Volume (cm^3)	چگالی Density (g/l)	شاخص قدرت بذر Seed vigor
شاهد Control	2.33±0.33g	387.33±6.75gh	61.33±2.67a	0.14±0.0d	3.01±0.07bc	762.66±2.67a
قبل از سانتریفیوژ Before Centrifuge	27.66±1.2c	656.33±23.37ef	8±0.0 i	0.13±0.0d	3.64±0.09a	125.32±3.53e
بعد از سانتریفیوژ After Centrifuge	33±1.53a	2600±180.58a	56±4.62ab	0.14±0.01d	3.57±0.2a	81.33±3.53i
خروجی خشک کن۱ After Dryer1	31±1.73b	1248.67±9.5c	10.66±2.67i	0.16±0.02d	2.85±0.28c	112±0.0g
خروجی‌خشک‌کن۲ After Dryer2	7.66±0.33de	853.67±28.85d	22.66±2.67gh	0.13±0.01d	3.18±0.13b	114.66±1.33g
خروجی الک After Sieve	4.32±+0.88fg	714.67±14.76de	30.66±1.33fg	0.14±0.0d	3.07±0.07bc	133.33±3.52d
خروجی خنثی سازی After Neutralization	3.66±0.33fg	786.67±14.23de	17.33±1.32hi	0.15±0.01d	2.77±0.16c	142.66±2.67c
بسته بندی Packaging	3±0.58g	795.67±20.65de	40±2.31cdef	0.15±0.0d	2.99±0.16bc	133.33±1.32d
مرحله دوم						
شاهد Control	6.66±0.3def	784±544.165de	49.33±3.5bcd	0.48±0.02b	0.89±0.0d	133.33±1.32d
قبل از سانتریفیوژ Before Centrifuge	24.33±0.67c	519±25.77fg	32±6.94fg	0.53±0.01a	0.89±0.0d	117.33±1.33g
بعد از سانتریفیوژ After Centrifuge	26±3.06bc	1660.33±92.5b	14.66±1.33hi	0.54±0.02a	0.89±0.0d	94.66±1.33h
خروجی خشک کن۱ After Dryer1	25.33±2.1bc	678±33.27ef	46.66±5.3bcde	0.46±0.03b c	0.89±0.0d	113.32±1.33g
خروجی‌خشک‌کن۲ After Dryer2	9±0.58d	1127.67±77.66c	50.66±3.52abc	0.5±0.02ab	0.88±0.0d	125.33±1.33e
خروجی الک After Sieve	7.66±0.33de	737.67±9.32de	46.66±5.8bcde	0.42±0.2c	0.89±0.0d	116±0.0g
خروجی خنثی سازی After Neutralization	4.33±1.2fg	691.33±29.8de	36±2.31ef	0.47±0.01b c	0.89±0.0d	122.66±2.67e
بسته بندی Packaging	5±0.58fg	245±20.5fh	38.66±5.34def	0.5±0.04ab	0.89±0.0d	149.32±1.32b

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ خطا می باشد.

Similar letters in each column represent lack of significance at $p\leq0.05$

درشت‌تر از بذرهای مرحله اول هستند. به همین دلیل چگالی بذرهای مرحله دوم بسیار کمتر از بذرهای مرحله اول است.

در مرحله اول نمونه‌گیری در کارخانه، قبل از سانتریفیوژ تا پایان فرایند کرک‌گیری، چگالی بذری از ۳/۶۴ تا ۲/۹۹ گرم در لیتر افت داشت، در حالی‌که در مرحله دوم نمونه گیری، بذرها چگالی کمی داشتند ولی همان چگالی طی فرآیند کرک‌گیری، حفظ شد، به عبارت دیگر، چگالی بذر در ابتدای کرک‌زدایی کردن،۰/۸۹ گرم در لیتر بود و در پایان کرکزدایی هم

۰/۸۹ گرم در لیتر باقی ماند (جدول۶). این بدین معنی است که بذرهای مرحله اول دارای درصد بیشتری بذرهای نابالغ، شکسته و ریز بوده‌اند که پس از بوجاری و حذف این بذرها چگالی به ۲/۹۹ گرم بر لیتر رسیده است اما بذرهای مرحله دوم اینگونه نبوده‌اند.

گریگ[1] و همکاران (۲۰۱۷)، گزارش دادند که چگالی بذر شاخص مناسبی برای بلوغ بذر، جوانه‌زنی، سبز شدن و بنیه دانه‌رست‌ها می‌باشد، جداسازی بذرهای باکیفیت، براساس چگالی نسبت به سایر خصوصیات بذرها اهمیت دارد. بذرهای بالغ پنبه، چگالی بذری بیشتری دارند و پنبه دانه‌های نابالغ چگالی کمتری دارند.

افت شاخص قدرت بذر پس از سانتریفیوژ نسبت به شاهد، در مرحله اول بسیار بیشتر از مرحله دوم بوده است. دلیل این کاهش، تماس بذر با اسید سولوفوریک است. شاخص قدرت بذر در انتهای فرایند کرک‌گیری در مرحله اول ۱۳۳/۳۳ و در مرحله دوم ۱۴۹/۳۲ است که دارای اختلاف معنی داری نیز هستند و نشان دهنده کیفیت بهتر بذر کرک‌گیری شده در مرحله دوم نسبت به مرحله اول می باشد.

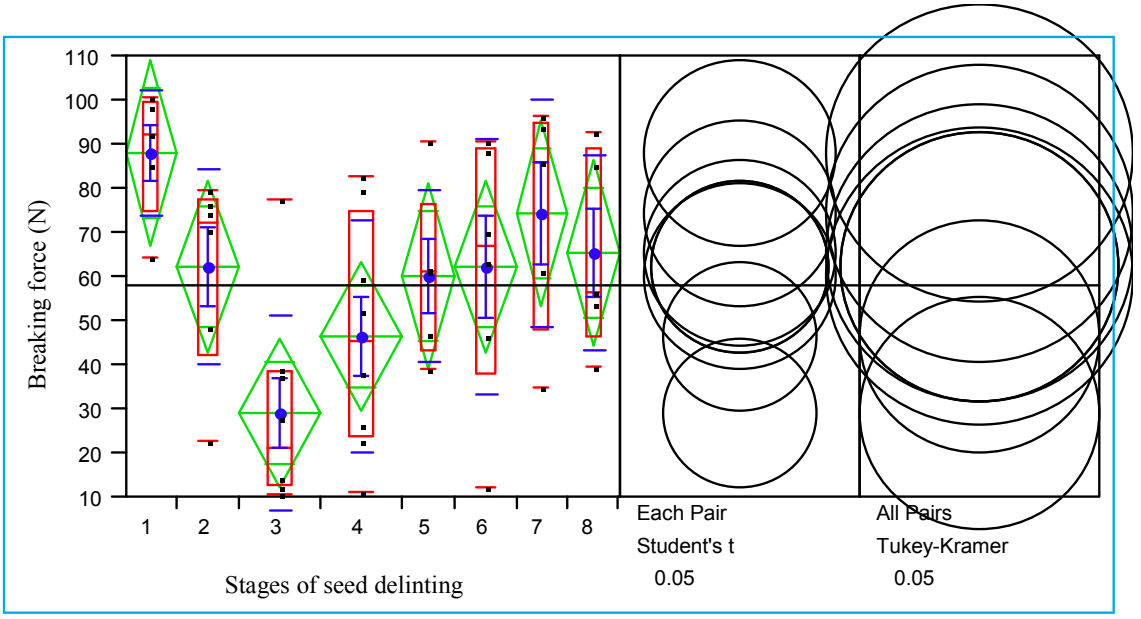
بررسی خصوصیات مکانیکی بذرها در مراحل کرک‌گیری

در این بخش نیروی شکست نمونه بذرهای پنبه رقم گلستان که از مراحل مختلف کرک‌گیری در کارخانه گرفته شد، تجزیه و تحلیل می‌گردد. همانطور که قبلا توضیح داده شد در هفت مرحله بذر کرک‌دار پنبه به بذر بدون کرک تبدیل می‌شود. نیروی شکست بذر در این مراحل با نیروی شکست بذر در ابتدا که بعنوان شاهد می‌باشد مقایسه گردید. این کار در دو نوبت انجام شد که نتایج این داده‌ها در شکل ۵ برای نوبت اول و شکل ۶ برای نوبت دوم ارایه می‌گردد.

بر اساس تجزیه واریانس داده‌ها در مراحل مختلف کرک‌گیری در هر دو نوبت پس از تماس بذر با اسید (۲) نیروی شکست بذر کاهش می‌یابد، این کاهش در نوبت دوم خیلی شدیدتر بود. پس از سانتریفیوژ (۳) در نوبت اول باز هم نیروی شکست کاهش یافت در حالی‌که در نوبت دوم نیروی شکست اندکی افزایش یافت. نیروی شکست در این مرحله در هر دو نوبت اختلاف معنی داری با شاهد دارد. نیروی شکست بعد از سانتریفوژ و قبل از ورود به خشک کن اول (۴) در هر دو نوبت کاهشی و معنی‌دار نسبت به شاهد است. در هر دو نوبت بعد از مرحله ۴ به بعد نیروی شکست افزایشی است که در نوبت اول این اختلاف با شاهد معنی‌دار نیست اما در نوبت دوم تا مرحله ۸ اختلاف معنی داری بین نیروی شکست بذر در مراحل ۴ تا ۸ با شاهد وجود دارد.

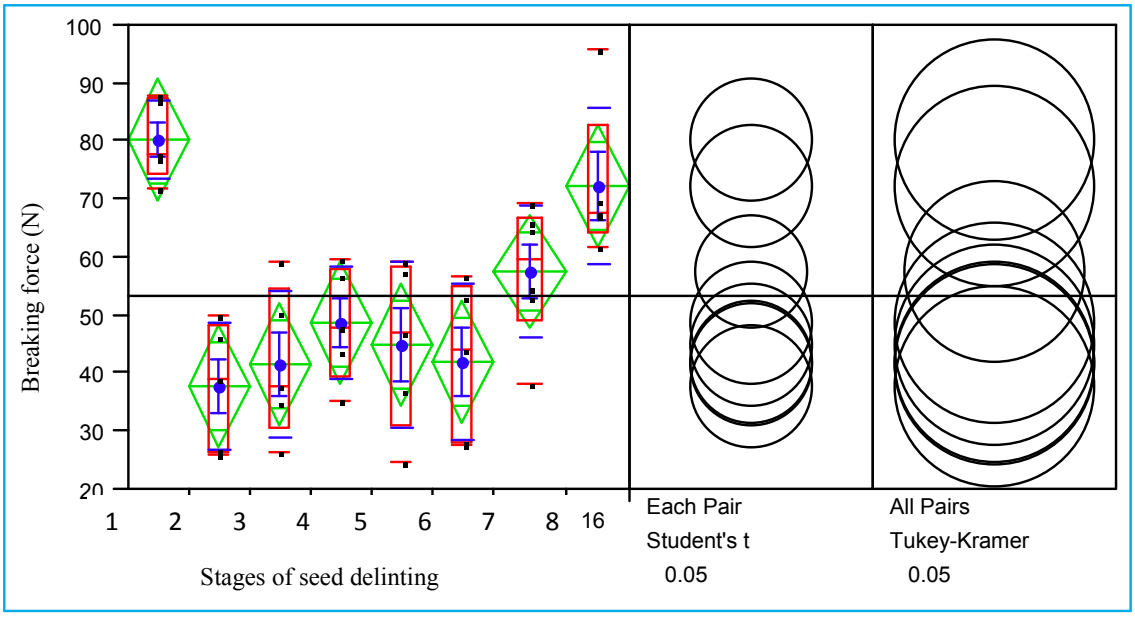
بر اساس شکل۶ کاهش نیروی شکست در نوبت دوم در مرحله ۲ خیلی زیاد و معنی‌دار است که دلیل آن شاید غلظت بیشتر اسید، دمای اسید و یا زمان تماس بذر با اسید باشد. البته دمای توده بذر در هر مرحله نشان می‌دهد که توده بذر در تمام مراحل در نوبت دوم کمی کمتر از نوبت اول بوده است.

[1] Greg



شکل ۵. مقایسه نیروی شکست بذر در مراحل مختلف کرک زدایی در نوبت اول

Fig. 5. Mean comparison of seed breaking force in different stages of delinting in the first replication.



شکل ۶. مقایسه نیروی شکست بذر در مراحل مختلف کرک زدایی در نوبت دوم

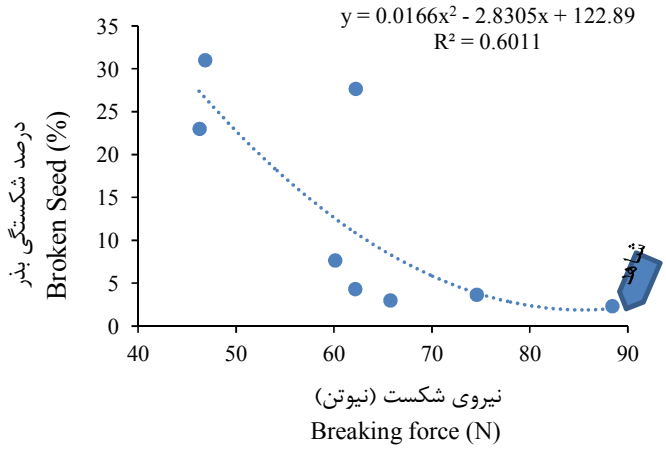
Fig. 6. Mean comparison of seed breaking force in different stages of delinting in the second replication.

در هر دو نوبت نیروی شکست بذر استحصالی با بذر شاهد اختلاف معنی داری از خود نشان نداد. البته انرژی شکست بذر در نوبت دوم (۷۰ میلی ژول) کمی از نوبت اول (۶۵ میلی ژول) بیشتر بود.

همبستگی نیروی شکست با درصد شکستگی و نشت غشایی بذر رابطه غیر خطی خوبی را نشان می‌دهد (شکل ۷ و۸). بدین معنی‌که با افزایش درصد شکست و نشت غشایی نیروی شکست بذر بطور غیرخطی کاهش می‌یابد. بر اساس این یافته‌ها می‌توان گفت که تماس اسید با بذر و عملیات سانتریفوژ بیشتر خسارت مکانیکی را به بذر وارد می‌کنند که سبب افت معنی دار نیروی شکست بذر می‌گردد. این عملیات سبب افزایش ۱۰ درصدی شکست بذر، ۷ درصدی نشت غشایی و در نهایت کاهش ۳۱ درصدی نیروی شکست بذر نسبت به شاهد شده است. از آنجایی که در انتهای عملیات بوجاری انجام شده و بذرهای معیوب و ضعیف حذف می‌شوند، در نهایت میانگین کیفیت بذر استحصالی از بذر شاهد بهتر است که این موضوع اهمیت قسمت بوجاری را نشان می‌دهد.

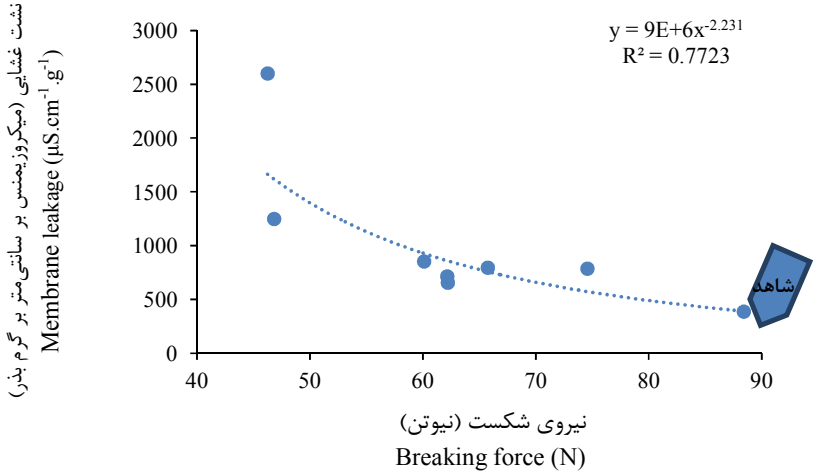
نتیجه گیری

در روش کرک‌زدایی کردن بذرها در کارخانه، اسید با کرک‌های سطح بذر تماس پیدا کرده و ارتباط آنها را با پوسته بذر ضعیف می‌نماید. جدا شدن کرک‌ها از پوسته در دو مرحله در استوانه دوار با استفاده از سایش بذر با دیواره و با کمک گرما انجام می‌گیرد. اما اگر زمان تماس بذر با اسید، میزان تماس بذر با اسید و غلظت اسید، مهار شده نباشد، بذر در این مرحله صدمه جدی می‌بیند. البته دمای استوانه و زمان چرخش بذر در این قسمت نیز در خسارت فیزیکی و فیزیولوژیکی بذر مهم است. دقت عمل در این روش بمنظور حفظ قوه نامیه بذر بسیار اهمیت دارد. همچنین خصوصیات بذرهای تولید شده در هر منطقه مانند نارس بودن بذرها به دلیل کامل نشدن بلوغ فیزیولوژیکی، امکان نفوذ اسید به جنین را تسهیل کرده، بنابراین بنیه بذر و درصد جوانه-زنی از بین رفته و همانگونه که در نتایج اشاره شد، درصدی از بذرهای نارس فقط توانستند تا یک میلی‌متر رشد داشته باشند و به دلیل نداشتن بنیه کافی بذر، رشد دانه رست متوقف شده است. در مرحله جین‌زنی وش در کارخانجات پنبه پاک‌کنی، اره‌ها به بذر ضربه وارد کرده و پوسته بذر ترک می‌خورد و در فرایند کرک-گیری در کارخانه، اسید از طریق این شکاف‌ها بداخل بذرها نفوذ و منجر به نابودی جنین می‌گردد. لذا بهتر است چنین بذرهایی با دمای کمتر و مدت زمان کوتاه-تری در معرض اسید کرک‌گیری شود. این نکته حائز اهمیت است که بذرهای نارس یا بذرهایی که بلوغ فیزیولوژی آنها کامل نشده و ضخامت پوسته نازک‌تری دارند، از بذرهای کاملا رسیده و خشک قبل از کرک-گیری غربال شوند. بنابراین لازم است که در کارخانه کرک‌زدایی، مدت یا رقت اسید بکار رفته برای کرک‌گیری متناسب با وضعیت بذرها، تغییر کرده تا خسارت کمتری به بذرها وارد شود. در این تحقیق بخوبی دیده می‌شود که بر اساس صفات درصد شکستگی، نشت غشایی، پیری، حجم و چگالی بذر، بذرهای نوبت اول از کیفیت کمتری نسبت به بذرهای نوبت دوم برخوردا بوده و در مراحل مختلف کرک‌گیری در کارخانه دچار افت بیشتر صفات فیزیولوژیکی شده است. در مرحله اول نمونه‌گیری دمای ورودی خشک‌کن یک، ۱۲۱درجه سلسیوس بود که طبق نتایج بدست آمده کاهش بنیه بذری و جوانه‌زنی در این بذرها مشهود است.



شکل ۷. رابطه همبستگی نیروی شکست بذر با درصد شکستگی بذر

Fig. 7. Correlation between seed breaking force and seed breaking percentage



شکل ۸. رابطه همبستگی نیروی شکست بذر با نشت غشایی

Fig.8. Correlation between seed breaking force and membrane leakage

منابع

Arndet, C.H. 1945. Temperature-growth relations of the roots and hypocotyls of cotton seedlings. Plant Physiology, 20: 200-220. https://doi.org/10.1104/pp.20.2.200

Colwick, R.F., Garner, T.H., Christenbury, G.D, Welch, G.B., Clark, R. L. Delouche, J. C., Baskm, C.C., Sorenson, J.W., Wilkes, L.H., Person, N.K, and Schroeder. H.W. 1972. Factors affecting cotton seed damage in harvest1ng and handling. Agricultural Research Service, USDA Prod. Res. Report, No: 135.

Cotton Incorporated. 2004. https://www.cottoninc.com

Delouche, J.C. 1986. Harvest and post-harvest factors affecting the quality of cotton planting seed and seed quality evaluation. In Mauney and Stewart (eds.). Cotton Physiology, 483-518. The Cotton Foundation, Publisher, Memphis, Tennessee, U.S.A.

Gergory, N.W., and Mc Daniel, R.G. 1999. Cotton Seed Processing. In: Cotton Orgin, History. Technology and Production.: 793-824, Wayne Smith, C. And Cothren, J. T. (Eds) John Wiley and Sons, Inc.

Greg, H., Wedegaertner, T., Wanjura, J., Pelletier, M., Delhom, C. and Duke, S. 2017. Engineering and ginning development and evaluation of a Novel Bench-Top Mechanical cotton seed delinter for cotton breeders. The Journal of Cotton Science, 21: 18-28. https://doi.org/10.56454/JPPY1526

Gururaj, G. K. 2019. Seed Health Testing Guidelines and Operational Manual. International Rice Research Institute (IRRI). : 391.

Hamidi, A., Karami, S.A., and Askari, V. 2021. Evaluation of relationship of germination, vigor and health of cotton (*Gossypium hirsutum*) commercial cultivars seed under accelerated ageing conditions. Iranian Journal of Seed Research, 8(1): 55-71. [In Persian with English Summary] https://doi.org/10.52547/yujs.8.1.55

Hamidi, A., MirGhasemi, S.J., Mehravar, M., Askari, V., and Hassani, M. 2015. Effect of production region, ginning and delinting on Sahel cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivar seed germination and seedling vigor. Iranian Journal of Cotton Research, 3(1): 49-68. [In Persian with English Summary]

Hampton, J.G., and Tekrony, D.M. 1995. Handbook of vigor test methods. 3. ed. Zurich: ISTA, 117pp.

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. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.04.001

Khazaei, J. 2008. Characteristics of mechanical strength and water absorption in almond and its kernel. Cercetări Agronomic în Moldova, 1(133): 37-51.

Krzyzanowski, F.C., and Delouche, J.C. 2011. Germination of cotton seed in relation to temperature. Revista Brasileira de Sementes, 33(3): 543-548. https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000300017

Lima, J.M.E., Carvalho, E.R., Moraes, L.F.S., Cossa. N.H.S., Miquicene. F.V.Ch., and Gradela, Y.F., 2023. Delinting and neutralizers residue effect on stored cotton seeds physiological quality determined by phenotyping image analysis. Journal of Seed Science, 45: e202345014. https://doi.org/10.1590/2317-1545v45267297

Macmichael, B.L., and Quisenberry, J. E. 1991. Genetic variation for root-shoot relationships among cotton germplasm. Environmental and Experimental Botany, 31: 461-470. https://doi.org/10.1016/0098-8472(91)90045-P

Matthews. S., and Powell. A. 2006. Electrical conductivity vigor test: physiological basis and use. Seed Science, 131: 32-35.

Nowrouzieh, SH., Rezayiasl, A., and Miyarkiyani, S. 2011. Determining some physical characteristics of cotton seeds. Iranian Journal of Seed Science and Technology, 1(1): 6-13. [In Persian with English Summary]

Roshani, Gh., Faghani, E., and Nowrouzieh, SH. 2019. Investigating on the causes of decline in cotton seed viability in delinting plant and its improvement. Final Report of Cotton Research Institute of Iran. Register number: 67702. [In Persian with English Summary]

Sarmadniya, GH. 1996. Seed Technology. Jihad Daneshgahi publication. Mashhad. Iran. [In Persian]

Savari, R., Azadbakht, M., Nowrouzieh, SH., and Motevali, A. 2020. Comparison of cotton seed behavior under different mechanical loads in fuzzy and delinted in Latif cultivar. Iranian Journal of Cotton Researches, 8(15): 17-34. [In Persian with English Summary]

Ujjainkar, V.V and Marawar. M. W. 2021. Seed Vigor Testing in Cotton: A Review. International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology, 7(4): 675-679.