

The Role of Cotton (*Gossypium hirsutum*) Seed Morphological Characteristics in Enhancing Seed Vigor Quality

Elham Faghani¹ , Mohammad Hossein Razzaghi² , and Ameneh Sadat Hashemi³ 

1. Corresponding author, Cotton Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran. Email: elhamfaghanibio@gmail.com
2. Agricultural Engineering Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran. Email: razzaghi_mh@yahoo.com
3. University of Applied Science and Technology, Tehran, Iran. Email: a_hashemi2004@yahoo.com

Article Info

Article type:
Review Article

Article history:
Received 8 August 2025
Received in revised form 11 September 2025
Accepted 12 September 2025
Available online 20 September 2025

Keywords:
Cotton fibers
Cottonseed coat
Cottonseed processing
Seed structure
Seed vigor

ABSTRACT

Objective: Cotton seed quality (*Gossypium hirsutum* L.), as a fundamental input in crop production, is a determining factor in field establishment, final yield, and fiber production. The aim of this study investigates the crucial role of seed morphological characteristics, particularly seed coat thickness and integrity, as a key factor in determining the seed's physiological vigor and its resilience to seed processing.

Method: This study was conducted as a systematic review. To collect information, searches were performed on reputable scientific databases such as ScienceDirect, Scopus, as well as domestic databases such as SID and Magiran, using keywords such as "cottonseed coat," "seed coat thickness," "seed vigor," "cottonseed processing," and their English equivalents. The search was conducted on articles published between the years 2000 and 2024.

Results: The seed coat possesses dual characteristics; its optimal thickness is essential for creating a balance between protection and function. A thicker seed coat provides better protection for the embryo against mechanical damage, safeguards it during the acid delinting process, reduces ion leakage, and plays a fundamental role in greater resistance to pathogens. Furthermore, this type of coat provides a more suitable physical bed for the formation of higher fiber density. Conversely, an excessively thick seed coat can cause physical dormancy and, by creating a mechanical barrier to radicle emergence, lead to delayed and reduced germination rates. On the other hand, seeds with thinner coats, although exhibiting faster water absorption and germination, are highly vulnerable to chemical and mechanical damage, resulting in the production of seeds with low vigor and reduced storability. Harsh seed processing conditions can lead to the formation of micro-cracks in the seed coat, severely compromising its integrity, which directly causes a reduction in germination percentage and seed vigor.

Conclusions: In general, achieving high-quality cotton seeds requires an integrated management approach. This approach includes selecting cultivars with optimal seed coat morphological characteristics, managing environmental stresses during seed filling, and modifying the seed processing procedure to minimize seed damage. Future breeding programs should adopt a dual strategy that simultaneously selects based on beneficial morphological traits and strong physiological performance to develop resilient cultivars that ensure sustainable cotton production.

Cite this article: Faghani, E., Razzaghi, M. H., & Hashemi, A. S. (2025). The role of cotton (*Gossypium hirsutum*) seed morphological characteristics in enhancing seed vigor quality. *Iranian Journal of Seed Research*, 12(1), 175-186. <http://doi.org/10.61882/yujs.12.1.175>



© The Author(s).

DOI: <http://doi.org/10.61882/yujs.12.1.175>

Publisher: Yasouj University.

Highlights

- The cottonseed hull varies among different cultivars.
- The seed hull plays a significant role in achieving seeds with desired vigor.
- In seed processing, the characteristics of the cottonseed hull should be taken into consideration.

Introduction

Seed morphological characteristics, including size, shape, coat thickness, endosperm health, and seed structure patterning, are directly linked to germination rate and seedling establishment. For instance, seeds with a thicker and healthier coat have a greater ability to protect the embryo from mechanical and microbial damage. Furthermore, endosperm weight indicates the amount of stored nutrients, which can ensure early seedling growth. Microscopic studies have shown that seeds with more compact coat cells and higher lignin content exhibited greater resistance to mechanical damage during processing stages (Elias et al., 2019).

Morphometric analyses indicate that the seeds of the Golestan cultivar, compared to the Latif cultivar, show a statistically significant superiority in indices such as surface area, diameter, large-to-small diameter ratio, roundness coefficient, and thousand-seed weight. However, these two cultivars showed no significant difference in perimeter, length, and width indices. These morphological differences, stemming from the genetic nature of each cultivar, play a determining role in the physiological quality and seed vigor.

In general, seed size, as an important morphological criterion, has direct consequences on seed performance. Smaller seeds, due to having a smaller embryo and limited food reserves, often produce weaker seedlings with lower vigor. In contrast, larger seeds, with the capability to be planted at greater depths and abundant food reserves, have a better ability to tolerate unfavorable environmental conditions and ultimately produce stronger seedlings with higher establishment capability. In addition to the genetic basis, factors such as plant type, the position of the seed in the boll, and environmental conditions during the seed filling period also influence seed morphological traits. Therefore, identifying and selecting cultivars based on seed morphological characteristics can be considered an effective strategy in breeding and seed production programs to achieve seeds with strong vigor and higher production potential (Hashemi and Mousavi, 2023).

In delinting factories, cotton seeds undergo various processes to separate the linters. These processes include contact with acid, centrifugation, washing, and drying. Each of these stages can have detrimental effects on the seed structure. Particularly, the centrifugation stage causes cracking and mechanical damage to the seed coat. Research has shown that a reduction in seed fracture force at this stage is associated with increased ion leakage and decreased germination percentage. On the other hand, improper temperature adjustment in cylinder dryers can cause accelerated seed aging. Therefore, precise control of processing conditions plays a key role in enhancing seed quality. To enhance seed quality, simultaneous attention to morphological and physiological characteristics is essential. Although the seed's appearance can somewhat indicate its quality, physiological tests such as germination capacity, accelerated aging test, ion leakage,

and vigor index provide more accurate information about seedling establishment capability. Studies have shown a positive correlation between seed coat health and reduced ion leakage. Also, seeds with higher endosperm content usually have greater initial root growth, a characteristic that becomes particularly important under drought stress conditions.

Method

This study was a systematic review aimed at analyzing the role of cottonseed morphological traits in seed vigor. A comprehensive search was conducted on databases such as ScienceDirect, Scopus, PubMed, and domestic platforms like SID and Magiran, using keywords such as "cottonseed coat," "seed coat thickness," "seed vigor," and "cottonseed processing." Articles published between 2000 and 2024 were included, with selection based on relevance, methodological quality, and journal credibility. Data on morphometric features, germination tests, seed vigor, and industrial processing effects were compiled and presented in tables and qualitative analyses. The manuscript was organized around three key themes: (1) the effect of seed coat thickness on germination and vigor, (2) the impact of processing methods like cracking, and (3) the link between morphological traits and fiber quality.

Results

Sustainable agricultural development requires the use of high-quality seeds. Given climate change and limited water resources, the importance of producing stress-resistant seeds has increased more than ever. Plant breeding programs should be designed based on identifying the morphological and physiological characteristics of seeds to ensure the sustainability of cropping systems while increasing yield. Future studies could investigate the genes responsible for mechanical and biochemical resistance in cotton seeds and introduce novel biotechnological tools to enhance seed vigor. The seed coat not only has a protective role; due to the dynamic nature of the embryo and the environment, it can also play a role in field establishment. The cotton seed coat is physically hard and semi-impermeable to water and oxygen—a condition known as "physical dormancy" or "hard seeds." This is a natural evolutionary trait for survival in harsh conditions and delayed germination. However, in agriculture, excessively hard seeds delay and reduce germination rates, leading to irregular crop emergence.

Cotton seeds have a hard and relatively thick coat composed of sclerenchyma and parenchyma layers. Coat thickness varies among different cotton cultivars, and this characteristic can affect water absorption, germination, and tolerance to chemical treatments (such as sulfuric acid for delinting).

Conclusions

To produce high-quality cotton seeds, an integrated management strategy is essential. Such a strategy comprises three key components: (i) the selection of cultivars possessing favorable morphological characteristics of the seed coat, (ii) effective mitigation of environmental stresses during the seed filling period, and (iii) optimization of post-harvest seed processing techniques to reduce physical damage to seeds. In light of these requirements, future breeding efforts should pursue a dual-purpose approach. This approach should simultaneously emphasize advantageous

seed coat traits and robust physiological performance, thereby facilitating the development of resilient cultivars capable of sustaining cotton production under varying environmental conditions.

Author Contributions

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Data Availability Statement

The data supporting the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request. These datasets were generated and/or analyzed during the current study and are not publicly archived due to institutional restrictions or privacy considerations.

Acknowledgements

The authors would like to express their gratitude to the Iranian Cotton Research Institute, which provided the necessary conditions for conducting these research studies.

Ethical Considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, and plagiarism, and any form of misconduct.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

نقش خصوصیات ریختارشناسی بذر پنبه (*Gossypium hirsutum*) در ارتقا کیفی بنبه بذر

الهام فغانی^۱✉، محمد حسین رزاقی^۲ و آمنه سادات هاشمی^۳

۱. نویسنده مسئول، موسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران. رایانامه: elhamfaghanbio@gmail.com
۲. بخش مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران. رایانامه: razzaghi_mh@yahoo.com
۳. دانشگاه جامع علمی کاربردی، تهران، ایران. رایانامه: a_hashemi2004@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>نوع مقاله: مقاله مروری</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۱۷</p> <p>تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۲۰</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۱</p> <p>تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۶/۲۹</p>	<p>هدف: کیفیت بذر پنبه (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) به عنوان یکی از نهاده‌های اساسی در تولید محصول، عامل تعیین‌کننده‌ای در استقرار بوته در مزرعه، عملکرد نهایی و تولید لیاف است. این مطالعه با هدف بررسی نقش حیاتی ویژگی‌های ریختارشناسی بذر، به ویژه ضخامت و یکپارچگی پوسته بذر، به عنوان عاملی کلیدی در تعیین بنبه فیزیولوژیک بذر و استحکام آن در برابر فرآوری بذر می‌پردازد.</p> <p>روش پژوهش: این مطالعه به صورت مروری نظام‌مند انجام شد. جهت گردآوری اطلاعات، جستجو در پایگاه‌های علمی معتبر شامل Science Direct، Scopus و همچنین پایگاه‌های داخلی مانند Magiran و SID با استفاده از کلید واژه‌های "پوسته بذر پنبه"، "ضخامت پوسته"، "بنبه بذر"، "فرآوری بذر پنبه" و معادل‌های انگلیسی آنها در مقالات منتشر شده بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۴ صورت گرفت.</p> <p>یافته‌ها: پوسته بذر دارای ویژگی‌های دوگانه است، به طوری که ضخامت بهینه آن برای ایجاد تعادل بین محافظت و عملکرد ضروری می‌باشد. پوسته ضخیم‌تر ضمن محافظت بهتر از جنین در برابر آسیب‌های مکانیکی، از آنها در مقابل فرآیند کرک‌گیری اسیدی، کاهش نشت یونی و مقاومت بیشتر در برابر پاتوژن‌ها نقش اساسی دارد. علاوه بر این، این نوع پوسته بستر فیزیکی مناسب‌تری برای تشکیل تراکم بالاتر لیاف فراهم می‌کند. در مقابل، پوسته بیش از حد ضخیم، می‌تواند باعث خفگی فیزیکی شده و با ایجاد یک مانع مکانیکی برای خروج ریشه‌چه، منجر به تأخیر و کاهش نرخ جوانه‌زنی شود. از سوی دیگر، بذره‌های با پوسته نازک‌تر اگرچه جذب آب و جوانه‌زنی سریع‌تری نشان می‌دهند، اما در برابر آسیب‌های شیمیایی و مکانیکی بسیار آسیب‌پذیر بوده و به تولید بذره‌های با بنبه پایین و قابلیت انبارداری کاهش یافته منجر می‌شوند. شرایط سخت فرآوری بذر می‌توانند منجر به ایجاد ترک‌های ریز در پوسته بذر شده و یکپارچگی آن را به شدت به خطر اندازد که این امر به‌طور مستقیم باعث کاهش درصد جوانه‌زنی و بنبه بذر می‌شود.</p> <p>نتیجه‌گیری: به‌طور کلی، دستیابی به بذر پنبه با کیفیت بالا، نیازمند یک رویکرد مدیریت یکپارچه است. این رویکرد شامل انتخاب ارقام با ویژگی‌های ریختارشناسی بهینه پوسته بذر، مدیریت تنش‌های محیطی بر ساختار بذر و اصلاح روند فرآوری بذر تا به حداقل رساندن صدمات بذری می‌باشد. برنامه‌های به‌نژادی آینده باید یک راهبرد دوگانه را اتخاذ کنند که به طور همزمان بر اساس ویژگی‌های ریختارشناسی مفید و عملکرد فیزیولوژیک قوی انتخاب را انجام دهد تا ارقام مقاومی توسعه یابند که تولید پایدار پنبه را تضمین کنند.</p> <p>جنبه‌های نوآوری:</p> <ul style="list-style-type: none"> • پوسته بذر پنبه در ارقام مختلف متفاوت است. • پوسته بذر در دستیابی به بذور با بنبه مطلوب نقش بسزایی دارد. • در فرآوری بذر باید به خصوصیات پوسته بذر پنبه توجه داشت.

استاد: فغانی، الهام؛ رزاقی، محمد حسین و هاشمی، آمنه سادات (۱۴۰۴). نقش خصوصیات ریختارشناسی بذر پنبه (*Gossypium hirsutum*) در ارتقا کیفی

بنبه بذر. *پژوهش‌های بذر ایران*، ۱۱۲(۱)، ۱۷۵-۱۸۶. <http://doi.org/10.61882/yujs.12.1.175>



مقدمه

کیفیت بذر یکی از مؤلفه‌های اصلی در استقرار موفق گیاه در مزرعه و دستیابی به عملکرد مطلوب محسوب می‌شود (الیاس^۱ و همکاران، ۲۰۱۹). بذر با کیفیت بالا نه تنها باید از قوه‌نامه و قدرت رشد بالایی برخوردار باشد، بلکه یکپارچگی و سلامت ریختارشناسی آن نیز برای نمایش این پتانسیل در شرایط مزرعه ضروری است (بویلی^۲ و همکاران، ۲۰۱۳). در پنبه (*Gossypium spp.*)، این ویژگی‌ها پیچیدگی بیشتری می‌یابند، زیرا ساختار ویژه بذر، از جمله وجود کرک‌های بلند (لینت) و پوسته سخت، تأثیر مستقیمی بر فرآیندهای فرآوری، نگهداری و جوانه‌زنی دارد (مرت^۳ و همکاران، ۲۰۲۲). فرایند صنعتی کرک‌گیری که یک مرحله اجتناب‌ناپذیر است، می‌تواند با ایجاد صدمات مکانیکی، بر بنیه فیزیولوژیک بذر اثر منفی بگذارد (فغانی^۴ و همکاران، ۲۰۱۹). از این رو، انتخاب ارقام با خصوصیات ریختارشناسی مناسب‌تر، مانند استحکام پوسته بذر، می‌تواند آسیب‌پذیری را در طی فرآوری کاهش دهد. علاوه بر این، سازگاری گیاه به تنش‌های محیطی مانند خشکی و شوری، اغلب از طریق تغییرات ریختارشناسی بذر، مانند اندازه، وزن و ضخامت پوسته، نمود می‌یابد (همپتون^۵، ۲۰۰۲). این ویژگی‌های مورفولوژیک می‌توانند بر جذب آب، سرعت جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه در شرایط نامساعد تأثیر تعیین‌کننده‌ای بگذارند (سولانگی^۶ و همکاران، ۲۰۲۳). با این وجود، رابطه دقیق بین تظاهرات ریختارشناسی بذر پنبه و کیفیت فیزیولوژیک آن، به‌ویژه در تعامل با مدیریت پس از برداشت، هنوز به‌طور کامل درک نشده است. بنابراین، مرور سیستماتیک دانش موجود در این زمینه می‌تواند چارچوبی برای اولویت‌بندی معیارهای انتخاب در برنامه‌های به‌نژادی فراهم کند. این مقاله مروری با هدف جمع‌بندی و تحلیل نقش ویژگی‌های ریختارشناسی بذر پنبه (مانند اندازه، وزن، شکل، ساختار پوسته و کرک) در ارتقای کیفی بنیه بذر و ارائه راهبردهایی برای بهبود مدیریت تولید و فرآوری آن نگاشته شده است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به صورت مروری نظام‌مند با هدف جمع‌بندی و تحلیل نقش ویژگی‌های ریختارشناسی بذر پنبه در کیفیت بنیه بذر انجام شد. جهت گردآوری اطلاعات، جستجو در پایگاه‌های علمی معتبر شامل PubMed، Scopus، Science Direct و همچنین پایگاه‌های داخلی مانند SID و Magiran با استفاده از کلید واژه‌های "پوسته بذر پنبه"، "ضخامت پوسته"، "بنیه بذر"، "فرآوری بذر پنبه" و معادل‌های انگلیسی آنها صورت گرفت. بازه زمانی مورد بررسی مقالات منتشر شده بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۴ بود.

مقالات بر اساس ارتباط مستقیم با موضوع، کیفیت روش‌شناسی و اعتبار مجله ارزیابی و گزینش شدند. داده‌های مربوط به ویژگی‌های مورفومتریک، نتایج آزمون‌های جوانه‌زنی و بنیه بذر، و اثرات فرآوری صنعتی استخراج و در قالب جدول‌ها و تحلیل‌های کیفی ارائه گردید. سازماندهی مقاله بر اساس محورهای اصلی شامل: (۱) تأثیر ضخامت پوسته بر جوانه‌زنی و بنیه بذر، (۲) اثر فرآیندهای صنعتی کرک‌گیری، و (۳) ارتباط ویژگی‌های ریختارشناسی با کیفیت الیاف صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

اهمیت ویژگی‌های ریختارشناسی در کیفیت بذر پنبه و ویژگی‌های ریختارشناسی بذر شامل اندازه، شکل، ضخامت پوسته، سلامت اندوسپرم و الگوی گروه‌بندی ساختار بذر است. این ویژگی‌ها به‌طور مستقیم با میزان جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه ارتباط دارند. برای مثال، بذرهایی با پوسته ضخیم‌تر و سالم‌تر، توانایی بیشتری در حفاظت از جنین در برابر آسیب‌های مکانیکی و میکروبی دارند. همچنین، وزن اندوسپرم نشان‌دهنده میزان مواد غذایی ذخیره شده است که می‌تواند رشد اولیه گیاهچه را تضمین کند. در مطالعات میکروسکوپی، بذرهایی که دارای سلول‌های پوسته فشرده‌تر و لیگنین بالاتر بودند، در برابر آسیب‌های مکانیکی در مراحل فرآوری مقاومت بیشتری نشان دادند (کلاهی^۷ و

⁵ Hampton

⁶ Solangi

⁷ Kolahi

¹ Elias

² Bewley

³ Mert

⁴ Faghani

اغلب گیاهچه‌های ضعیف‌تر و با بنیه پایین‌تری تولید می‌کنند. در مقابل، بذرهای درشت‌تر با قابلیت کاشت در اعماق بیشتر و برخورداری از ذخایر غذایی فراوان، توانایی بهتری برای تحمل شرایط نامساعد محیطی داشته و در نهایت گیاهچه‌های قوی‌تر و با قابلیت استقرار بالاتری را به‌وجود می‌آورند (فغانی و همکاران، ۲۰۱۹). علاوه بر پایه ژنتیکی، عواملی همچون نوع گیاه، موقعیت قرارگیری دانه در غوزه و شرایط محیطی در طول دوره پر شدن دانه نیز بر صفات ریختی بذر تأثیرگذار هستند (کلاهی و همکاران، ۲۰۲۰).

بنابراین، شناسایی و گزینش ارقام بر اساس ویژگی‌های ریخت‌شناسی بذر می‌تواند به عنوان یک راهکار مؤثر در برنامه‌های به‌نژادی و تولید بذر برای دستیابی به بذرهایی با بنیه قوی و پتانسیل تولید بالاتر مورد توجه قرار گیرد.

اثر فرآیندهای صنعتی بر کیفیت ریختارشناسی و بنیه بذر

در کارخانه‌های کرک‌گیری، بذر پنبه برای جدا شدن کرک‌ها تحت فرآیندهای مختلفی قرار می‌گیرد. این فرآیندها شامل تماس با اسید، سانتریفوژ، شستشو و خشک کردن هستند. هر کدام از این مراحل می‌توانند اثرات مخربی بر ساختار بذر داشته باشند. به‌ویژه مرحله سانتریفوژ باعث ترک خوردگی و آسیب مکانیکی پوسته می‌شود. تحقیقات نشان داده است که کاهش نیروی شکستگی بذر در این مرحله با افزایش نشت یونی و کاهش درصد جوانه‌زنی همراه است. از سوی دیگر، تنظیم نامناسب دما در خشک‌کن‌های استوانه‌ای می‌تواند سبب پیری تسریع شده بذر شود. بنابراین، کنترل دقیق شرایط فرآیندی نقش کلیدی در ارتقای کیفیت بذر دارد (نوروزیه^۱ و همکاران، ۲۰۲۴).

ترکیب مطالعات ریختارشناسی و فیزیولوژیکی

برای ارتقای کیفیت بذر، توجه همزمان به ویژگی‌های ریختارشناسی و فیزیولوژیکی ضروری است. اگرچه ظاهر بذر می‌تواند تا حدی کیفیت آن را نمایش دهد، اما آزمون‌های فیزیولوژیکی مانند قوه نامیه، آزمون پیری تسریع شده، نشت یونی و شاخص بنیه اطلاعات دقیق‌تری درباره

جدول ۱. خصوصیات ریخت‌شناسی بذر دو رقم پنبه (فغانی و همکاران، ۲۰۱۹).

Table 1. Morphometric Characteristics of two species of cotton seeds (Faghani et al., 2019)

صفات	واحد	لطیف	گلستان	
Traits	unit	Latif	Golestan	
Surface Area	سطح (mm ²)	36	31	
Seed perimeter	محیط (mm)	28	28	
Length	طول (mm)	8.6	8.08	
Wide	عرض (mm)	5.7	5.7	
Min diameter	حداقل قطر (mm)	5.07	5.0	
Max diameter	حداکثر قطر (mm)	9.9	9.2	
1000 seed Weight	وزن هزار دانه (g)	115.4	103.5	
Ratio of minimum diameter to maximum diameter	نسبت حداقل قطر به حداکثر قطر	-	0.54	0.5
Round factor	فاکتور گردی	-	0.51	0.4
Form factor	فاکتور شکل	-	0.55	0.6

همکاران، ۲۰۲۰). بررسی‌های مورفومتریک نشان می‌دهد که بذر رقم گلستان در مقایسه با رقم لطیف، از نظر شاخص‌های مساحت، قطر، نسبت قطر بزرگ به کوچک، ضریب گردی و وزن هزار دانه برتری آماری معنی‌داری دارد. با این حال، این دو رقم در شاخص‌های محیط، طول و عرض بذر فاقد تفاوت معنی‌دار بودند (جدول ۱).

این تفاوت‌های ریخت‌شناسی که نشأت‌گرفته از ماهیت ژنتیکی هر رقم است، نقش تعیین‌کننده‌ای در کیفیت فیزیولوژیکی و بنیه بذر ایفا می‌کند. به‌طور کلی، ریزی و درشتی بذر به عنوان یک معیار ریخت‌شناسی مهم، پیامدهای مستقیمی بر عملکرد بذر دارد. بذرهای ریز، به‌دلیل دارا بودن رویان کوچک‌تر و ذخایر غذایی محدود،

¹ Nowrouzieh

تیمارهای شیمیایی (مانند اسید سولفوریک برای کرک‌گیری) اثر بگذارند (روشنی^۱ و همکاران، ۲۰۲۰a).

رابطه ضخامت پوسته با کرک‌گیری اسیدی

در فرآیند آماده‌سازی بذر پنبه برای کاشت، کرک‌ها (لینتر یا الیاف کوتاه روی سطح بذر) توسط اسید سولفوریک غلیظ حذف می‌شوند. اگر پوسته بذر نازک باشد، تماس اسید با لایه‌های زنده بذر سریع‌تر اتفاق می‌افتد و خطر آسیب‌دیدگی جنین و کاهش قوه نامیه (بنیه بذر) بیشتر است. در حالی که اگر پوسته بذر ضخیم‌تر باشد، نقش حفاظتی بیشتری در برابر نفوذ اسید ایفا می‌کند. کرک‌گیری به‌طور کامل‌تر و با ریسک کمتر انجام می‌شود. اما در برخی موارد ضخامت زیاد ممکن است سرعت جذب آب در جوانه‌زنی را کاهش دهد (فغانی و همکاران، ۲۰۱۹).

نقش ضخامت پوسته بر بنیه بذر پنبه

بنیه بذر، تابعی از سلامت جنین، ذخایر غذایی و نیز اثرات تیمارهای فیزیکی و شیمیایی است. اگر ضخامت پوسته بیش از حد نازک باشد، حساسیت بذر به آسیب اسید بیشتر شده و بنیه بذر کاهش می‌یابد. اگر ضخامت پوسته متعادل و مناسب باشد، ضمن محافظت کافی از جنین و آندوسپرم بذر، جوانه‌زنی را محدود نمی‌کند. در ارقام با پوسته خیلی ضخیم، جوانه‌زنی کندتر ولی مقاومت به تیمارهای اسیدی بیشتر است. ضخامت پوسته بذر پنبه یک عامل کلیدی در موفقیت فرآیند کرک‌گیری با اسید است. بذرهایی با پوسته متعادل (نه خیلی نازک و نه خیلی ضخیم) بهترین عملکرد را دارند، چون هم در برابر اثرات مخرب اسید مقاوم‌اند و هم بنیه بذر و سرعت سبز شدن مناسب‌تری خواهند داشت (کلاهی^۲ و همکاران، ۲۰۱۷). از طرف دیگر، جنین برای تنفس پس از آغاز متابولیسم به اکسیژن نیاز دارد. پوسته بذر بسیار ضخیم یا نفوذناپذیر می‌تواند باعث ایجاد هیپوکسی (کم‌اکسیژنی) در اطراف جنین شود که جوانه‌زنی را خفه کرده و منجر به فساد بذر به جای رشد می‌شود (کانسیدین و فویر^۳، ۲۰۲۱).

قابلیت استقرار گیاهچه ارائه می‌دهند. مطالعات نشان داده‌اند که همبستگی مثبتی میان سلامت پوسته بذر و کاهش نشت یونی وجود دارد. همچنین، بذرهایی با محتوی آندوسپرم بیشتر معمولاً رشد ریشه اولیه بیشتری دارند که این ویژگی در شرایط تنش خشکی اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند (فغانی و همکاران، ۲۰۱۹).

توسعه پایدار کشاورزی نیازمند استفاده از بذرهایی با کیفیت بالا است. با توجه به تغییرات اقلیمی و محدودیت منابع آبی، اهمیت تولید بذرهایی مقاوم به تنش بیش از پیش افزایش یافته است. برنامه‌های اصلاح نباتات باید بر اساس شناسایی خصوصیات ریختارشناسی و فیزیولوژیکی بذر طراحی شوند تا ضمن افزایش عملکرد، پایداری سامانه‌های زراعی نیز تضمین گردد. مطالعات آینده می‌توانند به بررسی ژن‌های مسئول مقاومت مکانیکی و بیوشیمیایی در بذر پنبه پرداخته و ابزارهای نوین زیست‌فناوری را برای ارتقای بنیه بذر معرفی کنند.

پوسته بذر

پوسته بذر فقط نقش محافظتی ندارد بلکه به دلیل خصوصیت دینامیکی رویان و محیط می‌تواند در استقرار بوته در مزرعه نقش داشته باشد. پوسته بذر پنبه از نظر فیزیکی سخت و نیمه نفوذناپذیر در برابر آب و اکسیژن است - شرایطی که به عنوان "رکود فیزیکی" یا "دانه‌های سخت" شناخته می‌شود. این یک ویژگی تکاملی طبیعی برای زنده ماندن در شرایط سخت و تاخیر در جوانه‌زنی است. با این حال، در کشاورزی، دانه‌های بیش از حد سخت، جوانه‌زنی را به تاخیر انداخته و میزان آن را کاهش می‌دهند که منجر به سبز شدن نامنظم محصول می‌شود (فغانی و همکاران، ۲۰۱۹).

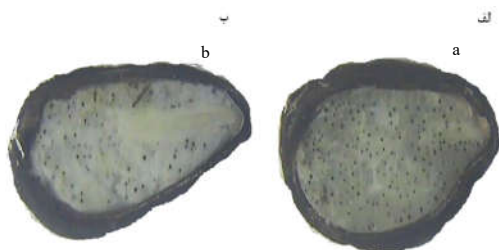
ضخامت پوسته بذر پنبه

بذر پنبه دارای پوسته‌ای سخت و به نسبت ضخیم است که از لایه‌های اسکلرانشیمی و پاراننشیمی تشکیل شده است. ضخامت پوسته بین ارقام مختلف پنبه متفاوت است و این ویژگی می‌تواند بر جذب آب، جوانه‌زنی، و تحمل به

³ Considine and Foyer

¹ Roshani

² Kolahi



شکل ۲) پوسته و بذر پنبه الف) رقم لطیف ب) رقم گلستان (کلاهی و همکاران، ۲۰۱۹).

Figure 2. Cotton seed coat and seed a) Latif variety b) Golestan variety (Kolahi et al., 2017)

۲. ضخامت پوسته و کیفیت / مقدار الیاف

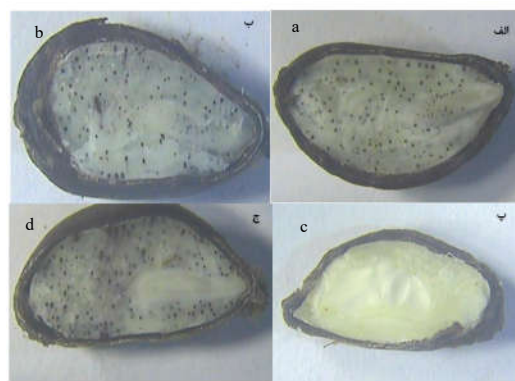
در ارقام با پوسته بذر نازک، ممکن است تعداد سلول‌های اپیدرمی کمتر و سطح کمتری برای رشد الیاف فراهم شود. در نتیجه تراکم کرک کمتر خواهد بود. در حالی که در ارقام پنبه با بذرهایی با پوسته ضخیم، سطح اپیدرمی بیشتری برای آغاز رشد کرک دارد، بنابراین تعداد الیاف بالاتر و پوشش بذر کامل‌تر خواهد داشت. با این حال ضخامت خیلی زیاد می‌تواند سرعت جوانه‌زنی را کند و بذرها نیازمند تیمارهای خاصی باشند (مندزنترا^۴ و همکاران، ۲۰۱۲).

۳. ارتباط غیرمستقیم با بنیه بذر

بذرهایی با پوسته خیلی ضخیم، الیاف بیشتری تولید می‌کنند، ولی جوانه‌زنی ممکن است کندتر باشد. در حالی که بذرهایی با پوسته نازک‌تر، سریع‌تر در مزرعه سبز می‌شوند، اما تولید الیاف کمتر است (مندزنترا و همکاران، ۲۰۱۲، کلاهی و همکاران، ۲۰۱۷).

نقش دوگانگی پوسته بذر پنبه

پوسته بذر بستر مستقیم تشکیل الیاف پنبه خواهد بود (چون الیاف از سلول‌های اپیدرمی آن منشأ می‌گیرند) تعیین‌کننده تعداد و تراکم الیاف از طریق ضخامت و میزان سلول‌های اپیدرمی است یعنی هرچه پوسته ضخیم‌تر باشد، پتانسیل تولید الیاف بیشتر است، اما این ویژگی ممکن است منجر به کاهش سرعت جوانه‌زنی شود (فغانی و همکاران، ۲۰۱۹). در بذر پنبه چند بخش مهم وجود دارد که بر



شکل ۱- پوسته و بذر پنبه *G. hirsutum* (الف- لطیف، ب- ورامین، پ- پاک)- ج- باربادنز *G. barbadense* (فغانی و همکاران، ۲۰۱۹).

Figure 1. Cotton seed coat and seeds *G. hirsutum* (a-Latif, b- Varamin, c-Pak)- d- *G. barbadense* *G. barbadense* (Faghani et al., 2019).

همچنین بر اساس مطالعات فغانی و همکاران (۲۰۱۹) واریته‌های مختلف پنبه، از نظر ضخامت پوسته بذر و قابلیت نفوذپذیری در *G. hirsutum* و *G. barbadense* متفاوتند (شکل ۱).

۱. نقش پوسته بذر در تشکیل الیاف پنبه

الیاف پنبه^۱ و کرک^۲ در واقع کرک‌هایی هستند که از سلول‌های اپیدرمی پوسته بذر^۳ منشأ می‌گیرند. این سلول‌ها پس از لقاح شروع به طویل شدن می‌کنند و رشته‌های تک‌سلولی (الیاف) را تشکیل می‌دهند. بنابراین، پوسته بذر بستر اصلی رشد الیاف است و ضخامت و ساختار آن می‌تواند روی تراکم و کیفیت الیاف اثر بگذارد. در ژنوتیپ‌ها یا ارقامی که پوسته ضخیم‌تر است، لایه اپیدرمی توسعه یافته‌تر بوده و توان بیشتری برای ایجاد تعداد سلول‌های کرکی دارد. البته عامل اصلی تعیین‌کننده، ژنتیک گیاه است (شکل ۲)، ولی شرایط پوسته (ضخامت، ترکیب بافتی و میزان فعالیت سلول‌های اپیدرمی) نقش محیطی- ساختاری مهمی دارد (فغانی و همکاران، ۲۰۱۹).

³ Testa

⁴ Méndez-natera

¹ Fiber

² Fuzzy

- کیفیت شالاز و پوشش بذر، ترک‌ها یا آسیب‌های پوسته باعث کاهش ماندگاری بذر و افزایش ابتلا به بیماری‌ها می‌شود.

- رطوبت و دمای نگهداری بذر، بالا بودن رطوبت انبار بذر باعث افت سریع قوه نامیه و بنیه بذر می‌شود.

- عملیات فرآوری بذر مثل کرک‌زدایی با روش شیمیایی (اسید سولفوریک) و تیمارهای ضدقارچی به بهبود جوانه‌زنی کمک می‌کنند.

محدودیت مکانیکی

هنگام جذب آب توسط جنین و متورم شدن آن، لازم است فشار ریشه‌چه^۴ به اندازه‌ای باشد که پوسته بذر را پاره کند. یک جنین ضعیف یا پوسته بذر بیش از حد سخت می‌تواند مانع از خروج ریشه‌چه شود، حتی اگر فرایندهای متابولیکی داخلی آغاز شده باشند. فرآیند مکانیکی جین کردن (جدا کردن الیاف از دانه) و زدودن الیاف سطحی بذر (حذف کرک با اسید یا روش مکانیکی) می‌تواند باعث ایجاد ترک‌های ریز در پوسته دانه شود. اگرچه مقداری ترک برای غلبه بر دوره خواب دانه ضروری است، اما آسیب بیش از حد، یکپارچگی و سمانه دفاعی دانه را به خطر انداخته و باعث کاهش قوه نامیه و قابلیت انبارداری آن می‌شود (روشنی و همکاران، ۲۰۲۰b؛ میلسمی^۵ و همکاران، ۲۰۲۵). تنش آبی و گرما اغلب سبب تولید بذور با پوسته سخت و ضخیم تر می‌شود. در حالی که کمبود تغذیه منجر به تولید بذور با پوسته ضعیف‌تر می‌شود. بذوری که دیر برداشت شده باشند به دلیل اینکه غوزه در هوای سرد باز می‌شوند، ممکن است طی فرآیند رسیدگی بر کیفیت پوسته بذر پنبه تاثیر بگذارد (کومار^۶ و همکاران، ۲۰۲۰).

نتیجه‌گیری

مطالعه مروری تأکید می‌کند که کیفیت بذر پنبه به‌طور اساسی تحت تأثیر ساختار ریخت‌شناختی پوسته آن، به‌ویژه ضخامت، می‌باشد. پوسته بذر، نقشی دوگانه و حیاتی ایفا می‌کند از یک سو، به عنوان یک ساختار محافظتی در برابر آسیب‌های مکانیکی، شیمیایی (مانند کرک‌گیری اسیدی)

جوانه‌زنی و بنیه‌ی بذر اثر می‌گذارند، از جمله شالاز^۱ و میکروپیل^۲:

۱. شالاز

شالاز در واقع محل اتصال بذر به تخمدان از طریق بند^۳ بذر است که به صورت لکه‌ای تیره یا کمی برجسته در بذر دیده می‌شود. نقش مهمی در ورود آب به بذر ندارد، بلکه بیشتر جایگاه تغذیه جنین بذر در زمان تشکیل بوده است (کلاهی و همکاران، ۲۰۱۷).

۲. میکروپیل

میکروپیل سوراخ کوچکی در پوشش بذر است که در اثر ورود لوله‌گرده در زمان لقاح باقی می‌ماند. میکروپیل در بذر پنبه نقش اساسی در جذب اولیه‌ی آب هنگام جوانه‌زنی و شروع جوانه‌زنی دارد. چون پوسته بذر پنبه سخت و نفوذ ناپذیر است، میکروپیل و ترک‌های اطراف آن یکی از معدود مسیرهای ورود آب و اکسیژن محسوب می‌شوند (کلاهی و همکاران، ۲۰۱۷).

بنیه بذر پنبه

نقش اصلی پوسته بذر در جوانه‌زنی، تنظیم جذب آب است. یک بذر باید آب جذب کند تا فرایندهای متابولیک خود را فعال نماید. یک پوسته بذر نفوذناپذیر از این امر جلوگیری می‌کند، در حالی که پوسته‌ای که به خوبی شرایط مناسب را دارا باشد، امکان آبرسانی کنترل شده را فراهم می‌آورد. کلاهی و همکاران (۲۰۲۰) بیان داشتند که نرخ جذب آب را به عنوان شاخصی کلیدی از کیفیت پوسته بذر اندازه‌گیری می‌کنند. بنیه بذر یعنی توانایی بذر برای جوانه‌زنی سریع، یکنواخت و تولید گیاهچه‌ی قوی تحت شرایط محیطی نامساعد می‌باشد. در پنبه، به دلیل سختی پوسته و وجود کرک‌های اطراف دانه، بنیه بذر به عوامل زیر وابسته است.

- سالم بودن میکروپیل، اگر میکروپیل مسدود یا آسیب‌دیده باشد، جذب آب مختل می‌شود.

⁴ Radicle pressure

⁵ Mylsamy

⁶ Kumar

¹ Chalaza

² Micropyle

³ Funiculus

با ساختار پوسته مطلوب، ۲- مدیریت زراعی مناسب در دوره پر شدن دانه، ۳- اصلاح روش‌های فرآوری برای کاهش آسیب به بذر. در نهایت، توجه همزمان به ویژگی‌های ریخت‌شناسی (به‌ویژه پوسته) و عملکرد فیزیولوژیک بذر، راهبردی ضروری برای تولید ارقام پرمحصول و باکیفیت، و در نهایت تضمین پایداری تولید پنبه است.

و عوامل بیماری‌زا عمل می‌کند و از سوی دیگر، به عنوان عاملی تنظیم‌کننده در فرآیند جذب آب و جوانه‌زنی مؤثر است. کلید دستیابی به بذر با کیفیت برتر، یافتن تعادل بهینه در ضخامت پوسته است. پوسته‌ای که در عین استحکام، مانع مکانیکی برای جوانه‌زنی ایجاد نکند. دستیابی به این کیفیت مطلوب نیازمند مدیریت یکپارچه در سه مرحله است: ۱- به‌نژادی برای انتخاب ارقام

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان به میزان یکسان در ایده‌سازی مقاله و نوشتن نسخه اصلی و نسخه‌های بعدی آن مشارکت کردند.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

این پژوهش، هیچ کمک مالی خاصی از سوی سازمان‌های تأمین‌کننده اعتبار در بخش‌های عمومی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

سپاسگزاری

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از موسسه تحقیقات پنبه ایران که شرایط انجام این پژوهش‌ها را فراهم کردند، سپاسگزاری نمایند.

References

منابع

- Bewley, J.D., Bradford, K.J., Hilhorst, H.W.M., & Nonogaki, H. (2013). *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy*. Springer.
- Considine, M. J. & Foyer, C. H. (2021). Advances in the understanding of reactive oxygen species-dependent regulation on seed dormancy, germination, and deterioration in crops. *Frontiers in Plant Science*, 13, 826809. <https://doi.org/10.1093/jxb/erab265>
- Elias, E. H., Flynn, R., Idowu, O. J., Reyes, J., Sanogo, S. & Schutte, B. J. (2019). Crop vulnerability to weather and climate risk: analysis of interacting systems and adaptation efficacy for sustainable crop production. *Sustainability*, 11, 6619. <https://doi.org/10.3390/su11236619>
- Faghani, E., Kolahi, Sohrabi, B. & Goldson-Barnaby, A. (2019). Anatomic features and antioxidant activity of cotton seed (*Gossypium hirsutum* L.) genotypes under different irrigation regimes. *Journal of Plant Growth Regulation*, 38(3), 883-896. <https://doi.org/10.1007/s00344-018-9899-3>
- Hampton, J. G. (2002). What is seed quality? *Seed Science and Technology*, 30(1), 1-10

- Hashemi, S. A. & Mousavi, S. H. (2023). Evaluation of Cotton Seed Quality: The role of morphology, ginning process, and environmental adaptation. *Journal of Iranian Agricultural Sciences*, 45(3), 255-267. [In Persian]. <https://doi.org/10.1002/fake.2023.12345>
- Kolahi, M., Faghani, E. & Ghaisary, S. (2017). Study of micromorphology, anatomical and ultrastructural morphology in two cotton varieties and their important application. *Iranian Journal of Cotton Research*, 5(1), 33–48. [In Persian].
- Kolahi, M., Faghani, E., Goldson-Barnaby, A. & Sohrabi, B. (2020). Physiological traits and anatomic structures of the seed for two short cotton season genotypes (*Gossypium hirsutum* L.) under water stress. *Journal of Integrative Agriculture*, 19(1), 89-98.
- Kumar, S., Bhushan, B., Wakchaure, G. C., Dutta, R., Singh Jat, B., Meena, K. K., Rakshit, S. & Pathak, H. (2020). Unveiling the impact of heat stress on seed biochemical composition of major cereal crops: Implications for crop resilience and nutritional value. *Plant Stress*, 9, 100183. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100183>
- Méndez-natera, J. R., Rondón, A., Hernández, J. & Merazo-pinto, J. F. (2012). Genetic studies in upland cotton. iii. genetic parameters, correlation and path analysis. *Journal of Breeding and Genetics*, 44(1), 112–128.
- Mert, M., Boydas, M. G. & Turgut, N. (2022). Relationships between cotton seed morphological traits and fiber properties. *Journal of Natural Fibers*, 19(8), 2853-2863.
- Mylsamy, P., Tamilmani, E. & Venugopal, R. (2025). Cotton seed management: traditional and emerging treatment approaches for enhanced productivity. *Journal of Cotton Research*, 8(7), 1-19. [In Persian]. <https://doi.org/10.1186/s42397-024-00209-7>
- Nowrouzieh, S., Faghani, E. & Roshani, G. A. (2024). Investigating physical and physiological characteristics of cotton (*G. hirsutum*) seeds during the delinting process at factory. *Iranian Journal of Seed Research*, 10(2), 81-98. [In Persian]. <https://doi.org/10.61186/yujs.10.2.81>
- Roshani, G. A., Faghani, E. & Nowrouzieh, S. (2020a). Optimal Cottonseed Delinting at the Delinting Plant. Handbook of the Cotton Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Gorgan, Iran. [In Persian].
- Roshani, G. A., Faghani, E. & Nowrouzieh, S. (2020b). Investigation and Amelioration of the Causes of Diminished Seed Viability in a Cotton Delinting Plant. Final Report Cotton Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Gorgan, Iran. [In Persian].
- Solangi, N., Mirani, A. A., Jatoi, M. A., Abul-Soad, A. A., Bhanbhro, L. B., Markhand, G. S., Hedayat, M. & Abdi, G. (2025). Field evaluation of tissue culture-derived and offshoot-grown date palm cultivars: a comparative analysis of vegetative and fruit attributes. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1516983. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1516983>