



---

## Estimation of hybridisation and heterosis in some upland cotton lines by crossing North Carolina II

Ladan Soltani<sup>1</sup>, Elaheh Fayyaz<sup>2\*</sup>, Rasmieh Hamid<sup>3</sup>, Sayyed Saeed Moosavi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> M.Sc. student in genetics and plant breeding, Department of plant production and genetics, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

<sup>2</sup> Department of plant production and genetics, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran \* e.fayyaz@basu.ac.ir

<sup>3</sup> Department of Plant Breeding, Cotton Research Institute of Iran (CRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran

---

### Article Info

**Article type:**  
Research Full Paper

**Article history:**  
Received: 22-10-2023  
Accepted: 26-1-2024

**Keywords:**  
Cotton  
Combining ability  
Correlation  
Erlines  
kail

### ABSTRACT

**Background:** Cotton is an important fibre crop worldwide. The High yield is the ultimate goal of a breeding program in cotton. In order to achieve this goal, the production of hybrid cultivars is an important step in increasing production. The yield potential of current cotton genotypes can be increased through hybridisation. However, the development of superior hybrids with high yield and better fibre quality requires knowledge of the mode of inheritance and the nature of genetic control of traits. Therefore, genetic analysis plays an essential role in breeding through hybridisation.

**Materials and methods:** In this study, the North Carolina II mating design was used to cross 5 maternal and 2 paternal parents to produce 10 intraspecific hybrids. The F1 hybrids were grown together with the parents in the 2021 growing season in a randomized block design at the Karkandeh Research Station of the Cotton Research Institute of Iran.

**Results:** The results of the analysis of trait variance show that there is a significant difference between the genotypes and hybrids studied. Therefore, an estimate of combinability was made to determine the genetic components of the North Carolina II split. The proportion of overall combinability in the traits studied was higher than their private combinability, indicating a greater contribution of additive effects than dominance effects in the genetic control of these traits. For the traits number of reproductive branches, boll weight and strength, the private heritability was 0.75, 0.68 and 0.62, respectively, indicating the involvement of dominance effects in the inheritance of these traits. The role of additive effects in the inheritance of the traits elasticity and uniformity of fibres shows the effect of selection to improve these traits. Among the different hybrids, the highest yield was observed in the cross of Maxa × SKSH 249, which can be attributed to the genetic distance between the two genotypes.

**Conclusion:** Considering the greater contribution of additive effects in the inheritance of performance traits and performance components,

---

---

using the selection method to improve these traits is the better method. Considering that both additive and dominant effects play a role in the inheritance of fiber quality, it appears that if the aim of the breeder is to improve fiber quality, the use of selection and hybridization methods may be fruitful. These results provide a basis for accelerating the development of high-yielding hybrids in upland cotton.

---

**Cite this article:** Soltani, L., Hamid, R., Fayaz, E., Mousavi, S.S. (2022). Estimation of hybridisation and heterosis in some upland cotton lines by crossing North Carolina II. *Iranian Journal Cotton Researches*, 10 (1), 35-52.



© The Author(s).

DOI: 10.22092/ijcr.2024.363858.1204

Publisher: Cotton Research Institute of Iran

---



## برآورد ترکیب‌پذیری و هتروزیس در برخی لاین‌های پنبه آپلند از طریق تلاقی کارولینای شمالی II

لادن سلطانی<sup>1</sup>، الهه فیاض<sup>2\*</sup>، رسمیه حمید<sup>3</sup>، سید سعید موسوی<sup>3</sup>

<sup>1</sup> دانشجوی کارشناسی‌ارشد ژنتیک و بهنژادی گیاهی دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

<sup>2</sup> گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران رایانامه: e.fayyaz@basu.ac.ir

<sup>3</sup> بخش بهنژادی موسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله:	سابقه و هدف: پنبه یک گیاه لیفی مهم در سراسر جهان است. عملکرد بالای وش هدف نهایی یک برنامه اصلاحی در پنبه است. به منظور دستیابی به این هدف، تولید ارقام هیبرید گام مهمی در افزایش تولید محسوب می‌شود. پتانسیل عملکرد ژنوتیپ‌های فعلی پنبه را می‌توان از طریق هیبریداسیون افزایش داد. با این وجود، برای توسعه هیبریدهای برتر با عملکرد بالا و کیفیت الیاف بهتر، آگاهی از نحوه توارث و نوع کنترل ژنتیکی صفات مورد نیاز است. بنابراین تجزیه و تحلیل ژنتیکی نقش اساسی در اصلاح از طریق هیبریداسیون دارد.
تاریخ: 1402/7/30	دریافت:
تاریخ: 1402/11/6	پذیرش:
واژه‌های کلیدی: پنبه همبستگی توانایی ترکیب‌پذیری زودرسی و کیل	<b>مواد و روش‌ها:</b> در این مطالعه حاضر، از طرح تلاقی کارولینای شمالی II برای تلاقی 5 والد مادری و 2 والد پدری برای تولید 10 هیبرید درون گونه‌ای استفاده شد. دورگ‌های F1 تولید شده به همراه والدین، در سال زراعی 1401 در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ایستگاه تحقیقاتی کارکنده موسسه تحقیقات پنبه کشور کشت شدند.
	<b>یافته‌ها:</b> نتایج تجزیه واریانس صفات نشان می‌دهد که در بین ژنوتیپ‌ها و دورگ‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌دار وجود دارد. بنابراین به‌منظور برآورد ترکیب‌پذیری، و تخمین اجزای ژنتیکی تجزیه کارولینای شمالی II انجام شد. میزان ترکیب‌پذیری عمومی در صفات مورد بررسی، از ترکیب‌پذیری خصوصی آنها بیشتر بود که نشان دهنده سهم بیشتر اثرات افزایشی نسبت به اثر غالبیت در کنترل ژنتیکی این صفات است. البته در مورد صفات تعداد شاخه زایا و وزن غوزه و استحکام میزان وراثت پذیرگی خصوصی به‌ترتیب 0/75، 0/68 و 0/62 بود، که نشان دهنده دخالت اثرات غالبیت در وراثت این صفات است. نقش اثرات افزایشی در وراثت صفات کشش و یکنواختی الیاف نشان دهنده اثرگذاری انتخاب برای اصلاح این صفات است. در بین هیبریدهای مختلف، بالاترین عملکرد وش مربوط به تلاقی ماکسا SKSH249× بود، مشاهده شد، که دلیل این امر می‌تواند به فاصله زنتیکی بین دو ژنوتیپ ارتباط داشته باشد.
	<b>نتیجه‌گیری:</b> با توجه به سهم بیشتر اثرات افزایشی در وراثت صفات عملکرد و اجزای عملکرد استفاده از روش انتخاب برای اصلاح این صفات روش بهتری است. در مورد صفات کیفی با توجه به اینکه در وراثت کیفیت الیاف هم اثرات افزایشی و غالبیت نقش دارند، به نظر می‌رسد در صورتی که هدف بهنژادگر بهبود کیفیت الیاف است تلفیق روش‌های انتخاب و هیبریداسیون می‌تواند مفید باشد. این نتایج کلیدی برای گسترش هیبریدهای پرمحصول در پنبه گیاهی فراهم می‌کند.

---

استناد: سلطانی، لادن؛ حمید، رسمیه؛ فیاض، الهه؛ موسوی، سید سعید. (۱۴۰۱). برآورد ترکیب پذیری و هتروزیس در برخی لاین‌های پنبه آپلند از طریق تلاقی کارولینای شمالی II. *مجله پژوهش‌های پنبه/یران*، ۱۰ (۱)، ۳۵-۵۲.

DOI: 10.22092/ijcr.2024.363858.1204

ناشر: موسسه تحقیقات پنبه کشور



© نویسندگان.

## مقدمه

پنبه *Gossypiumhirsutum* L. به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد الیاف مهم‌ترین گیاه لیفی در جهان و ایران به شمار می‌رود (حمید و همکاران، 2022). میزان تولید پنبه در کشور در سال 1400 به میزان 600 هزار تن بوده که نسبت به دهه گذشته کاهش چشم‌گیری داشته است (آمارنامه کشاورزی). با این حال تقاضای الیاف در صنعت نساجی با توجه به جمعیت رو به رشد کشور روز به روز در حال افزایش است. به منظور غلبه بر این چالش، پتانسیل عملکرد ژنوتیپ‌های پنبه را می‌توان از طریق هیبریداسیون افزایش داد. در این راستا، هیبریدها از طریق استفاده از هتروزیس توسعه یافته و در مناطق وسیعی از کشورهای اصلی تولید کننده پنبه مانند چین کشت می‌شوند (حمید و همکاران، 2019). وظیفه اصلی بهنژادگران پنبه، توسعه واریته‌ها یا هیبریدهایی است که نه تنها با عملکرد و کیفیت الیاف برتر بلکه با مقاومت در برابر آفات، بیماری‌ها و تنش‌های غیرزنده مانند شرایط نامساعد اقلیمی نیز مقاوم هستند. گام اولیه برای دستیابی به چنین اهداف اصلاحی، انتخاب مواد ژنتیکی خوب با روش‌های اصلاحی مناسب است. والدین با ریخته ژنتیکی برتر، صفات فیزیولوژیکی بهتر و دارای توانایی‌های ترکیب‌پذیری خوب، برای کشف هتروزیس در هیبریدهای تجاری مفید هستند. برآورد توانایی ترکیبی یا اثرات ژنتیکی یک استراتژی مهم برای طبقه بندی والدین تلاقی‌ها است. تجزیه ترکیب‌پذیری اطلاعات بسیار مفیدی را در رابطه با انتخاب والدین بر اساس عملکرد هیبریدهای آنها ارائه می‌دهد. توانایی ترکیبی را می‌توان به دو جزء تقسیم کرد، یعنی توانایی ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و توانایی ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA). اثرات ژنتیکی شامل اثرات افزایشی و غیرافزایشی است. GCA با لاین‌های والد مرتبط است و متاثر از اثرات افزایشی ژن‌ها است. در حالی که SCA به عملکرد مقایسه‌ای هیبریدها مربوط می‌شود و نمایانگر اثرات غیرافزایشی ژن‌ها یعنی اثرات غالبیت و اپیستاتیک است. این تجزیه

و تحلیل ترکیب‌پذیری به بهنژادگران کمک می‌کند تا بهترین ترکیبات والدینی برای بهره‌برداری از قدرت هتروزیسیا تجمیع ژن‌های مورد نظرژن را شناسایی کنند (ال شربینی و همکاران، 2018).

همراه با توسعه ژنتیک مولکولی و پیشرفت‌ها در زمینه بیوانفورماتیک، مهندسی ژنتیک و توالی‌یابی ژنوم، تغییرات عمده‌ای در تحقیقات و روش‌های اصلاحی گیاهان زراعی صورت گرفته است (حمید و همکاران، 2020). روش‌های بهنژادی مدرن مبتنی بر عمل ژن‌ها با تاکید بر بهبود صفات است (جیکوب و همکاران، 2022). بنابراین، بمنظور افزایش کارایی تکنیک‌های ژنتیک مولکولی در بهبود عملکرد و کیفیت محصول پنبه بهنژادگران باید دانش قوی در مورد چگونگی کنترل ژنتیکی صفات داشته باشند (حمید و همکاران، 2020). به طور مختصر، تجزیه و تحلیل ژنتیکی برای شناسایی عمل ژن‌ها تاکنون یک تکنیک بی‌بدیل در به نژادی گیاهان زراعی است. عملکرد صفتی کمی و یا پیچیده است که توسط چندین ژن که اغلب تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرند، کنترل می‌شود. برآورد اثرات ژنتیکی با مدل‌های ژنتیکی کمی یک استراتژی مهم برای انتخاب مواد اصلاحی آینده است. برای اندازه‌گیری اثرات ژنتیکی چهار مدل اصلی در بهنژادی استفاده می‌شود، الف) مدل غالبیت افزایشی<sup>1</sup>، ب) مدل افزایشی غالبیت و محیطی، ج) مدل افزایشی، غالبیت اپیستازی و د) مدل افزایشی غالبیت اثرات مادری. اثرات ژنتیکی متاثر از مواد، روش‌ها و شرایط محیطی نیز می‌باشند. مطالعات قبلی نشان داده‌اند که صفات اجزای عملکرد به‌شدت تحت تأثیر اثرات غالبیت ژن‌ها هستند، در حالی که اثرات متقابل محیط افزایشی نیز سهم زیادی دارند. در مقابل، صفات کیفیت الیاف عمدتاً توسط اثرات افزایشی ژن‌ها کنترل می‌شوند و کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرند (عالیشاه و همکاران، 2017). صفاتی که به آسانی تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرند را می‌توان با بهینه‌سازی شرایط کشت به طور موثر بهبود بخشید، در حالی که صفاتی که تنوع

<sup>1</sup> additive-dominance (AD)

## مواد و روش‌ها

در این مطالعه از سه رقم داخلی گلستان، ساجدی و شایان و دو رقم وارداتی مای و ماکسا به عنوان والد مادری و 2 ژنوتیپ SKSH و 96A3 به عنوان والد پدری استفاده شد. لاین‌های والدینی در سال زراعی 1400 در قالب طرح کارولینای شمالی (II) در ایستگاه تحقیقات پنبه کارکنده مؤسسه تحقیقات پنبه کشور با یکدیگر تلاقی داده شدند. لاین‌های پدری در بلوک‌های دو خطی، به فاصله کشت 80 در 40 سانتی‌متر و لاین‌های مادری در بلوک‌های 4 خطی به فاصله 120 در 40 سانتی‌متر کشت شدند. با شروع گل‌دهی در نیمه دوم تیرماه، عملیات تلاقی آغاز شد و تقریباً به مدت چهار هفته ادامه یافت. برای این منظور گل‌های والدین مادری در ساعت 16 تا 18 بعدازظهر به صورت دستی عقیم و با الیاف پنبه پوشانده شدند و عملیات گرده‌دهی در صبح روز بعد (ساعت 9 تا 11) انجام شد، و گل‌های تلقیح شده ضمن ایزوله‌سازی مجدد (با الیاف پنبه‌ای)، اتیکت‌گذاری شدند. در پایان فصل زراعی، غوزه‌های حاصل از عملیات دورگ‌گیری برداشت گردیده و به صورت مجزا جین زده شدند.

در سال زراعی 1401، 7 ژنوتیپ والدی به همراه 10 هیبرید در آزمایشی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار، در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه تحقیقاتی کارکنده بررسی شدند. در هر کرت آزمایشیهر یک از تیمارها در چهار خط شش‌متری و با روش کاشت 80×20 سانتی‌متر کشت شدند. عملیات داشت و برداشت مطابق برنامه زراعی ایستگاه‌های تحقیقاتی پنبه انجام شد. به منظور مقایسه ژنوتیپ‌ها صفات عملکرد، زودرسی برابر (فرمول 2 و 1)، ارتفاع بوته، وزن غوزه، تعداد غوزه در بوته، عملکرد الیاف، استحکام، کشش و شاخص یکنواختی مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای محاسبه عملکرد ژنوتیپ‌ها و دورگ‌ها نمونه‌برداری از دو خط وسط کرت‌های آزمایشی پس از حذف حاشیه ابتدا و انتهای خطوط صورت گرفت. همچنین الیاف جمع‌آوری شده از هر نمونه آزمایشی نیز به آزمایشگاه تجزیه کیفی الیاف

فنوتیپی آنها عمدتاً توسط اثرات ژنتیکی تعیین می‌شود را تنها می‌توان از طریق ژنتیک و تکنیک‌های به‌نژادای بهبود داد (زنگی و همکاران، 2009). صفات متاثر از اثرات افزایشی غالباً از طریق انتخاب اصلاح می‌شوند، در حالی که صفات تحت کنترل اثرات غیرافزایشی غالب با استفاده اصلاح به کمک هتروزیس اصلاح می‌شوند (حمید و همکاران، 2023). برای توسعه یک برنامه به‌نژادی در اختیار داشتن اطلاعات مربوط به الگوی توارثی صفات و اهمیت نسبی اثرات ژنی بسیار مهم و حائز اهمیت است و تجزیه واریانس ژنتیکی، به درک کنترل ژنتیکی صفات و برآورد واریانس‌های افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها کمک می‌کند (کای و همکاران، 2012؛ دهقانپور و اهدایی، 2013). برای برخی صفات کمی مانند عملکرد و اجزای عملکرد که اثر واریانس‌های غیرافزایشی ژن در کنترل آنها تاثیر گذار است، تولید ارقام هیبرید اهمیت پیدا می‌کند (دهقانپور و اهدایی، 2013).

در اصلاح نباتات برای تخمین واریانس‌های ژنتیکی صفات از طرح‌های مختلف تلاقی استفاده می‌شود. با این حال، انتخاب طرح تلاقی‌گری متاثر اهداف، زمان، مکان و هزینه و شرایط بلوغ گیاه هدف است. جالب توجه است که طرح‌های کارولینای شمالی (NCII)II به به‌نژادگران اجازه می‌دهد تا اثرات افزایشی، غالبیت و محیطی را با کار کمتری نسبت به طرح‌های دی‌آئل اندازه‌گیری کنند. علاوه بر این این طرح‌ها در شرایطی که تعداد ولدین پدری و مادری یکسان نیست و گیاهان رشد نامحدود باشند بسیار کار آمد می‌باشند (ون و همکاران، 2015). در این مطالعه، از طرح تلاقی‌گیری کارولینای شمالی II برای تولید 10 هیبرید پنبه درون‌گونه‌ای F1 با استفاده از 5 اینبرد لاین به عنوان ولد مادری و دو لاین اینبرد به‌عنوان ولد پدری استفاده شد. هدف از این تحقیق به دست آوردن اطلاعاتی در مورد نحوه کنترل ژنتیکی صفات عملکرد و کیفیت الیاف و همبستگی بین صفات مورد مطالعه بود. نتایج ما برای انتخاب جمعیت پایه برای توسعه تولید لاین‌های هیبرید در پنبه آبلند مهم خواهد بود.

گردید. برای آنالیز گرافیکی از نرم افزار Excel استفاده شد. از نرم افزار R جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها (پکیج stats)، نرمال‌سازی داده‌ها (پکیج bestNormalize) استفاده شد.

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات تعداد و طول شاخه‌های رویا و زایا، ارتفاع بوته، وزن وش سی‌غوزه، وزن الیاف سی‌غوزه، عملکرد چین اول، عملکرد وش در بوته، طول الیاف، استحکام الیاف، شاخص کیفیت و یکنواختی الیاف نشان می‌دهد که میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تنوع دارد. میانگین مربعات منبع تغییر ژنوتیپ‌ها برای صفات ذکر شده معنی‌دار بود (جدول 1)، بنابراین منبع تغییر ژنوتیپ‌ها به بخش والدین، هیبریدها، و والدین در مقابل هیبریدها تفکیک شد. بررسی وجود تنوع ژنتیکی کافی بین مواد ژنتیکی مورد بررسی لازم تجزیه و تحلیل‌های ژنتیکی پایین دستی این قبیل مطالعات است (جینکز، 2013، حمید و همکاران، 2022). تفاوت بین والدین از نظر صفات عملکرد، وزن وش سی‌غوزه، یکنواختی الیاف، تعداد غوزه در بوته و تعداد شاخه زایا معنی‌دار بود (5 درصد). مشاهده تفاوت معنی‌دار بین والدین مورد مطالعه به دلیل گزینش وجود تنوع ژنتیکی بین والدین پیش از انجام تلاقی است. به منظور محاسبه پارامترهای ژنتیکی تجزیه و تحلیل ژنتیکی براساس طرح کارولینای شمالی II، انجام شد.

منتقل و با استفاده از دستگاه اتوماتیک HVI کیفیت الیاف اندازه‌گیری شد.

$$EI = [(Y1/Y1 + Y2 + \dots + Yn)] \times 100 \quad (1 \text{ فرمول})$$

که در رابطه‌های فوق، EI شاخص زودرسی، Y1 (عملکرد چین اول و YP عملکرد کل، فرمول 2)

نسبت وزن الیاف به وش (الیاف + بذر) = درصد کیل درصد هتروزیس F1ها نسبت به میانگین والدین (HMP)، نسبت به والد برتر<sup>1</sup> (HPH) و همچنین نسبت به رقم تجاری منطقه (هتروزیس مفید) (CH) با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه گردید؛

$$HMP = [F1 - MP] / MP \quad (3 \text{ فرمول})$$

$$HPH = [F1 - (HP)] / HP \quad (4 \text{ فرمول})$$

$$HCH = [F1 - CP] / CP \quad (5 \text{ فرمول})$$

F1 عملکرد هیبریدهای F1، MP میانگین عملکرد دو والد، HP عملکرد والد برتر و CH عملکرد رقم تجاری است. برآورد واریانس ژنتیکی، افزایشی و غالبیت با استفاده از روش تجزیه کارولینای شمالی II (design II) و از طریق واریانس بین نرها، اثر متقابل نر × ماده انجام شد. برای تجزیه آماری از میانگین داده‌های ده بوته انتخابی از هر کرت که قبلاً اتیکت‌گذاری شده بود، استفاده گردید. برای اندازه‌گیری پارامترهای ژنتیکی از فرمول (فرشادفر، 1998) استفاده شد. ضرایب همبستگی پیرسون متغیرهای آزمایشی و همچنین برای میانگین ارزش صفت در والدین با قابلیت ترکیب پذیری خصوصی (rSCA, MP) و میانگین ارزش صفت در والدین (نر و ماده) با F1 مربوطه (rF1-MP) با استفاده از نرم افزار SPSS تعیین

جدول 1- نتایج تجزیه واریانس صفات کمی و کیفی در هیبریدهای پنبه، ایستگاه کارکنده.

عملکرد	وزن الیاف سی‌غوزه	وزن وش 30 غوزه	طول شاخه زایشی	تعداد غوزه در بوته	تعداد شاخه زایا	تعداد شاخه رویا	ارتفاع گیاه	درجه آزادی	منبع تغییرات
688250/22 <sup>ns</sup>	281/71 <sup>ns</sup>	109/88 <sup>ns</sup>	0/07 <sup>ns</sup>	00/9 <sup>ns</sup>	14/94 <sup>ns</sup>	0/34 <sup>ns</sup>	122/38*	3	تکرار
985274/82**	177/99**	267/71*	0/37**	1/77**	15/04 <sup>ns</sup>	0/55*	703/53**	16	ژنوتیپ
935388/7	41/85	145/93	0/10	8/33	15/06	0/29	73/78	48	اشتباه
20/02	8/89	8/74	6/51	9/11	18/52	22/18	7/77		ضریب تغییرات

ns عدم اختلاف معنی‌دار \*\* معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد \* معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

<sup>1</sup> Heterobeltiosis

بسیار لاین‌های پدری از نظر این صفات می‌باشد (جدول 3). واریانس بین لاین‌های مادری از نظر صفات ارتفاع گیاه، و وزن وش سی غوزه، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و از نظر دیگر صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود. این موضوع نشان دهنده تنوع ژنتیکی بین لاین‌های مادری در مورد برخی صفات مورد مطالعه بود. علاوه بر این اثر متقابل نر \* ماده، در تمامی صفات به غیر از استحکام و یکنواختی الیاف در سطح احتمال یک درصد غیر معنی‌دار بود. (جدول 2).

**تجزیه کارولینای شمالی II (North Carolina design II):** همانطور که در جدول یک نشان داده شده است، تفاوت میان دورگ‌های F1 مورد مطالعه، از نظر صفات عملکرد چین اول، تعداد غوزه در بوته و تعداد شاخه زایا و یکنواختی الیاف در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. تفاوت میان لاین‌های پدری از نظر صفات یکنواختی الیاف و استحکام الیاف در سطح یک درصد معنی‌دار و از نظر سایر صفات مورد بررسی غیر معنی‌دار بود، عدم معنی‌داری نشان‌دهنده عدم وجود تنوع ژنتیکی

**جدول 2- برآورد اجزای ژنتیکی، وراثت پذیری‌ها، درجه غالبیت، در هیبریدهای پنبه با استفاده از طرح کارولینای شمالی II**

تعداد غوزه در بوته	تعداد شاخه زایا	درصد کیل	یکنواختی (%)	کشش (%)	استحکام ((g/text)	عملکرد الیاف	
0/00	0/00	0/00	0/58	0/01	0/00	0/23	واریانس نرها (m)
0/00	0/00	0/00	0/09	0/00	0/00	10/05	واریانس ماده ها (f)
							واریانس اثر متقابل نرها*ماده ها (m*f)
0/00	0/00	0/00	0/21	0/01	0/00	-0/20	
0/00	0/00	0/00	0/67	0/01	0/01	10/27	واریانس افزایشی (V <sub>A</sub> )
0/00	0/00	0/00	0/21	0/01	0/00	-0/20	واریانس غالبیت (V <sub>D</sub> )
0/00	0/00	0/00	0/01	0/00	0/00	15/89	واریانس محیطی (V <sub>E</sub> )
0/00	0/00	0/00	0/90	0/02	0/01	25/96	واریانس فنوتیپی (V <sub>P</sub> )
61/86	41/96	52/56	74/69	62/84	53/28	39/57	وراثت پذیری عمومی (h <sup>2</sup> B)
46/62	46/62	46/62	98/43	96/75	94/94	38/78	وراثت پذیری خصوصی (h <sup>2</sup> N)
0/47	0/47	0/47	0/80	1/04	1/25	0/00	درجه غالبیت (d)

افزایشی حاکی از آن است که اثر ژن در این صفات افزایشی است. مقدار وراثت‌پذیری خصوصی برای صفت استحکام 94/94، کشش 96/75 و یکنواختی الیاف 99/43 بود. نتایج تجزیه واریانس ژنتیکی نشان داد که میزان واریانس غالبیت در مورد صفت درصد کیل و تعداد غوزه در بوته بیش از واریانس افزایشی است (جدول 2). مقادیر زیادتر وراثت‌پذیری خصوصی برای این صفات نشان می‌دهد که واریانس ژنتیکی افزایشی نقش قابل توجهی در ایجاد تنوع این صفات دارد، بنابراین با استفاده از روش انتخاب می‌توتن میانگین این صفات را بهبود بخشید (یو و همکاران، 2020). نقش بیشتر اثرات ژنی غالبیت نسبت به اثرات افزایشی در صفات دیگر نیز گزارش شده است، به عنوان مثال لیانگ لیانگ و همکاران (2023) نیز به نتایج مشابهی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس کارولینای شمالی II اجزای واریانس ژنتیکی (واریانس غالبیت و واریانس افزایشی) محاسبه شدند. در طرح کارولینای شمالی II واریانس افزایشی از طریق والدین پدری و والدین مادری (در صورت عدم وجود اثرات مادری) به طور مستقیم و واریانس غالبیت از طریق اثر متقابل والدپدری در مادری برآورد می‌شود (فرشادفر، 1998). پس از محاسبه واریانس‌های افزایشی و غالبیت، پارامترهای درجه غالبیت، وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی، و نسبت واریانس SCA: GCA صفات مورد مطالعه محاسبه گردیدند. مقادیر واریانس افزایشی و غالبیت صفات مورد مطالعه در جدول 2 نشان داده شده است. برای همه صفات مورد بررسی مقدار واریانس افزایشی مثبت بود، مثبت بودن مقدار واریانس



اینرو دورگ‌های SKSH249 با ماکسا، مای، ساجدی و شایان بترتیب با میانگین تعداد غوزه 4/016)4610، 3/88، 3/73، و 3/56 غوزه) بیشترین تعداد غوزه و کمترین تعداد غوزه مربوط به دورگ‌های 96A3 با ماکسا و شایان بترتیب با میانگین ( 1/967 و 1/965 غوزه) مشاهده شد (شکل 2). از آنجایی که وزن الیاف از اجزای مهم و تاثیر گذار در عملکرد پنبه می‌باشد، در این تحقیق هیبریدهای SKSH249 × مای، A396 × مای، SKSH249 × ساجدی، و SKSH249 × شایان بترتیب با میانگین وزن الیاف) 49/705، 49/735، 49/943، 51/088، 49/318 کیلوگرم) بالاترین عملکرد را به خود اختصاص داد (شکل 3). از آنجایی که یکی از اهداف این تحقیق بهبود عملکرد وش در بین هیبریدها بود، بترتیب هیبریدهای SKSH249 × مای، SKSH249 × شایان و SKSH249 × ساجدی با میانگین عملکرد) 4610، 4150 و 3900 کیلوگرم در هکتار) بالاترین عملکرد وش را به خود اختصاص داد (شکل 4). بنابراین دورگ‌های، SKSH249 × مای و شایان به عنوان برترین دورگ‌های تولید شده و امیدبخش از نظر عملکرد الیاف انتخاب شدند. برداشت بموقع وش پنبه و هم رسی یا زودرسی محصول از اهداف مهم بهنژادی در پنبه است. بنابراین از نظر درصد زودرسی محصول در بین دورگ‌های این تحقیق هیبریدهای A396 × ماکسا، SKSH249 × ماکسا، A396 × ساجدی، SKSH249 × شایان، A396 × مای و SKSH249 × ساجدی بترتیب با میانگین) 92/90، 98/92، 93/19، 92/72 و 92/64 درصد) بیشترین زودرسی را به خود اختصاص دادند (شکل 5).

استحکام الیاف یکی از ویژگی‌های بسیار مهم کیفیت الیاف پنبه است و در صنعت نساجی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در والدین، استحکام از 4/72 تا 4/83 گرم بر تکس متغیر بود. حداکثر و حداقل مقادیر ثبت شده در هیبریدها در 5/11 در تلاقی A396 × شایان و 5/10 در تلاقی SKSH249 × شایان و کمترین استحکام الیاف بمیزان 4/92 گرم بر تکس در تلاقی A396 × گلستان بود (جدول 3). این نتایج با

برای صفت یکنواختی الیاف گزارش شده است. باسل و همکاران (2011)، نیز نقش مشترک آثار غالبیت و افزایشی را برای صفات عملکرد الیاف و درصد کیل گزارش دادند. پرسی و همکاران (2006)، نیز استفاده از روش‌های اصلاحی مبتنی بر انتخاب را برای صفات مرتبط با کیفیت الیاف گزارش کردند. پهلوانی و همکاران (1385)، برای صفات سطح برگ، وزن گیاهچه و تعداد برگ در گیاه نقش توأم اثرات افزایشی و غالبیت را گزارش دادند. با توجه به مقادیر پایین وراثت‌پذیری خصوصی در مورد درصد کیل و تعداد غوزه در بوته نقش سایر واریانس‌های ژنتیکی از جمله غالبیت یا اپیستازی در کنترل آنها محتمل به نظر می‌رسد (خان و همکاران، 2015). بنابراین برای بهبود میانگین این صفات در مواد موجود بهتر است از روش‌های اصلاحی که در آن بتوان از اثرات غالبیت یا اپیستاتیک ژن‌ها بهره برد همانند تولید بذر هیبرید استفاده نمود. وجود اثرات اپیستاتیک و غالبیت ژن‌ها در صفات درصد کیل و تعداد غوزه در بوته توسط دیگر محققین نیز گزارش شده است (ژلنگ و همکاران، 2017). اقبال و همکاران (2015)، گزارش کردند درصد کیل صفتی پیچیده است و توسط تعداد زیادی ژن با اثرات متقابل کنترل می‌شود.

مقایسه میانگین صفات بین 5 لاین والدینی و 10 دو رگ در شکل‌های یک تا پنج نمایش داده شده است. نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نشان داد اختلاف معنی‌داری از نظر ارتفاع بوته، تعداد غوزه در بوته، وزن 30 غوزه، وزن الیاف 30 غوزه، عملکرد وش و درصد زودرسی وجود داشت. در این رابطه از نظر ارتفاع بوته، در بین هیبریدها بلندترین بوته‌ها مربوط به هیبرید SKSH249 × گلستان با میانگین ارتفاع بوته 98/25 سانتی‌متر) و کوتاه‌ترین بوته‌های پنبه مربوط به هیبرید A396 × ماکسا با میانگین ارتفاع (77 سانتی‌متر) بود بود که در مقایسه با والد خود اختلاف معنی‌داری نشان دادند (شکل 1). تعداد غوزه و وزن غوزه از اجزای مهم عملکرد پنبه هستند. بنابراین در بین دورگ‌های پنبه، بیشترین تعداد غوزه متعلق به هیبریدهای حاصل از والد ژنوتیپ SKSH249 بود. از

هتروزیس نسبی برای صفت کشش، براساس میانگین والدین در دامنه‌ی 39 درصد در تلاقی 96A3 × ماکسا بروز یافت. هتروزیس نسبی براساس والد تجاری گلستان در دامنه‌ی 28/4 درصد در تلاقی 96A3 × شایان وجود داشت. هتروزیس نسبی براساس والد برتر در دامنه‌ی 8/9 درصد در تلاقی 96A3 × شایان دیده شد. (جدول 5). شهزاد و همکاران (2019) وجود اختلاف در میانگین‌ها و هتروزیس را بین هیبریدها و والدین آنها برای پارامترهای کیفیت الیاف گزارش کردند.

به منظور درک صحیح روابط بین صفات، ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه محاسبه شد (جدول 4). در تجزیه و تحلیل ارتباط بین صفات، همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد وش با تعداد غوزه (0/68) مشاهده گردید (جدول 4) که ممکن است حاکی از وجود یک رابطه ذاتی قوی بین متغیر وابسته (عملکرد) با متغیرهای مستقل (تعداد غوزه در بوته) به دلیل پیوستگی ژن و یا اثرات پلیوتروپیک ژن است (سانگو همکاران، 2018). با توجه به نتایج، تعداد غوزه در بوته به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد شناخته شد که نقش تعیین کننده در عملکرد والدین و دورگ‌های پنبه دارد و می‌توان از آن به‌عنوان یک شاخص انتخاب مناسب برای اصلاح و بهبود عملکرد ارقام بهره برد. خان و همکاران (2015) نیز مشاهدات مشابهی را گزارش کردند. مقدار و جهت همبستگی عملکرد وش با میزان زودرسی در گزارشات مختلف، به طور متفاوت گزارش شده است. در برخی گزارشات به همبستگی منفی بین عملکرد و زودرسی و در برخی نیز به همبستگی مثبت اشاره شده است (وو و همکاران، 2021، زینگ و همکاران، 2007، یای و همکاران، 2008). در مطالعه حاضر همبستگی بین دو صفت مذکور مثبت و معنی دار (52 درصد) بود که حاکی از نقش ژن‌های مثبت در بهبود صفات و خلق ژنوتیپ‌های برتر و همچنین امکان اصلاح و بهبود همزمان عملکرد و زودرسی در ارقام پنبه دارد (ردی و همکاران، 2016). لویی و همکاران، (2007) گزارش کردند، که میزان همبستگی بین صفات را با نوع

مشاهدات حاصل از مطالعات قبلی (فنگ و همکاران، 2011، نیاگون و خادی (2001) میانگین استحکام الیاف را برای تلاقی‌های حاصل از 5/8 G. *Hirsutum* گرم بر تکس مشاهده کردند، هم‌خوانی دارد. دامنه نسبت یکنواختی الیاف در دورگ‌ها از 83/19 تا 26/84 درصد بود در میان هیبریدهای مورد مطالعه بیشترین میزان یکنواختی مربوط به هیبرید 96A3 × شایان بود. میانگین یکنواختی 83/25 درصد بود که از میانگین یکنواختی در گروه والدین بیشتر است. نیاگون و خادی (2001) میانگین نسبت یکنواختی را برای تلاقی‌های 84/3 G. *barbadense* مشاهده کردند. در میان دورگ‌های مورد مطالعه از نظر کشش الیاف بهترین مقدار را در تلاقی SKSH249 × شایان و تلاقی A396 × ساجدی و A396 × شایان بترتیب با میانگین (6/76) نشان دادند (جدول 3). حصول دورگ‌های F1 که از نظر صفات فنولوژیکی و اجزای عملکرد متنوع باشند برای مطالعات تولید هیبرید و همچنین انتخاب در نسل‌های تفکیک بسیار بااهمیت است، چرا که مشاهده تنوع نشان از برخورداری از ژن‌های کنترل کننده این صفات و احتمال ظهور ژنوتیپ‌های جدید و بهتر است (ژانگو همکاران، 2017).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین، به نظر می‌رسد در بین تلاقی‌های F1 مورد مطالعه می‌توان ترکیباتی را یافت که نسبت به والدین خود از نظر صفات اندازه‌گیری شده برتری داشته باشند. به عبارت دیگر احتمالاً برای صفات مورد بررسی هتروزیس یا قدرت هیبرید وجود دارد (بلوچ و همکاران، 2010) به منظور بررسی هتروزیس نسبی براساس سه معیار میانگین والدین، والد برتر و والد شاهد تجاری برای اجزای عملکرد و برخی پارامترهای مرتبط با کیفیت الیاف و در انجام شد (جدول 5). برای صفت استحکام، هتروزیس نسبی بر اساس میانگین والدین در دامنه‌ی 2/1 درصد در تلاقی 96A3 × گلستان بروز یافت. هتروزیس نسبی براساس والد تجاری گلستان در دامنه‌ی 2/1 درصد در تلاقی 96A3 × گلستان وجود داشت. هتروزیس نسبی براساس والد برتر در دامنه‌ی 2/1 درصد در تلاقی 96A3 × گلستان بروز یافت.

منجر به کاهش ارزش صفت دیگر می‌شود که این امر برای اصلاح همزمان عملکرد (از طریق افزایش تعداد غوزه در بوته) و کیفیت الیاف در ارقام پنبه یک چالش محسوب می‌شود. برای غلبه بر روابط منفی بین عملکرد و کیفیت الیاف پنبه، لازم است به‌نژادگران ضمن انتخاب اندازه مناسب جمعیت اولیه، از تلفیق روش‌های انتخاب دوره‌ای و تلاقی در داخل بهترین ترکیبات اصلاحی استفاده کنند (ژانگ و همکاران، 2016).

اندازه جمعیت تحت بررسی مرتبط دانستند و بیان نمودند که شناخت نوع ارتباط بین اجزای یک صفت می‌تواند در افزایش کارایی انتخاب و امکان استفاده بهینه از متغیرهای مختلف مفید و مؤثر باشد. همبستگی بین استحکام و عملکرد وش منفی و غیر معنی دار بود. در برخی گزارشات به همبستگی مثبت بین عملکرد و استحکام الیاف اشاره شده است (لی و همکاران، 2015). وجود همبستگی منفی بین دو متغیر بدان معنی است که انتخاب بر نفع یک صفت

جدول 3- مقایسه میانگین صفات زراعی مختلف در هیبریدها و والدین پنبه کارکنده.

ژنوتیپ	ارتفاع بوته	تعداد شاخه زایا	تعداد غوزه	وزن 30 غوزه	وزن الیاف 30 غوزه	عملکرد	زودرسی	استحکام	کشش
96A3	93/5 <sup>a-e</sup>	3/13 <sup>b</sup>	2/04 <sup>e-f</sup>	137/65 <sup>a-e</sup>	44/47 <sup>d-h</sup>	2092/5 <sup>f</sup>	87/71 <sup>c</sup>	4/19 <sup>d</sup>	6/18 <sup>g</sup>
گلستان×96A3	89/75 <sup>a-e</sup>	3/77 <sup>b</sup>	2/15 <sup>d-f</sup>	139/42 <sup>a-e</sup>	46/42 <sup>c-h</sup>	3434 <sup>a-d</sup>	90/69 <sup>a-c</sup>	5/02 <sup>f-j</sup>	6/48 <sup>e</sup>
ماکسا×96A3	77/0 <sup>e</sup>	3/29 <sup>b</sup>	1/96 <sup>f</sup>	138/3 <sup>a-e</sup>	45/00 <sup>d-h</sup>	3047 <sup>a-d</sup>	93/19 <sup>ab</sup>	4/89 <sup>k-n</sup>	6/68 <sup>c</sup>
مای×96A3	76/75 <sup>e</sup>	3/50 <sup>b</sup>	2/24 <sup>d-f</sup>	116/20 <sup>F</sup>	49/94 <sup>a-f</sup>	3563 <sup>a-d</sup>	92/64 <sup>ab</sup>	4/86 <sup>l-o</sup>	6/61 <sup>d</sup>
ساجدی×96A3	77/54 <sup>e</sup>	4/39 <sup>b</sup>	2/20 <sup>d-f</sup>	140/8 <sup>a-e</sup>	49/73 <sup>a-f</sup>	3683 <sup>a-d</sup>	92/90 <sup>ab</sup>	4/84 <sup>m-p</sup>	6/76 <sup>b</sup>
شایان×96A3	97/25 <sup>a-d</sup>	3/71 <sup>b</sup>	1/96 <sup>f</sup>	147/70 <sup>ab</sup>	50/23 <sup>a-f</sup>	3506 <sup>a-d</sup>	91/94 <sup>ab</sup>	4/79 <sup>p-o</sup>	6/76 <sup>b</sup>
گلستان	98/25 <sup>a-d</sup>	4/28 <sup>a</sup>	2/60 <sup>d</sup>	130/97 <sup>a-F</sup>	43/24 <sup>e-i</sup>	3908 <sup>a-d</sup>	91/54 <sup>a-c</sup>	5/33 <sup>c</sup>	5/61 <sup>j</sup>
ماکسا	82/25 <sup>de</sup>	3/28 <sup>b</sup>	2/30 <sup>d-f</sup>	139/13 <sup>A-E</sup>	42/30 <sup>f-i</sup>	3149 <sup>c-f</sup>	90/57 <sup>a-c</sup>	5/45 <sup>ab</sup>	5/53 <sup>k</sup>
مای	82/25 <sup>de</sup>	3/61 <sup>b</sup>	2/38 <sup>d-f</sup>	139/21 <sup>A-E</sup>	57/01 <sup>a</sup>	3035 <sup>a-d</sup>	91/35 <sup>a-c</sup>	5/50 <sup>a</sup>	5/41 <sup>l</sup>
ساجدی	106/25 <sup>a</sup>	3/73 <sup>b</sup>	2/49 <sup>d-f</sup>	137/44 <sup>A-F</sup>	40/67 <sup>h-i</sup>	4275 <sup>a-c</sup>	94/02 <sup>a</sup>	5/39 <sup>ab</sup>	5/31 <sup>m</sup>
شایان	102/0 <sup>a-c</sup>	3/56 <sup>b</sup>	2/23 <sup>d-f</sup>	121/85 <sup>E</sup>	36/56 <sup>i</sup>	3961 <sup>a-d</sup>	92/61 <sup>ab</sup>	5/38 <sup>ab</sup>	5/21 <sup>n</sup>
SKSH249	94/5 <sup>a-e</sup>	3/42 <sup>b</sup>	3/31 <sup>c</sup>	141/95 <sup>A-E</sup>	46/96 <sup>c-h</sup>	2927 <sup>d-f</sup>	92/26 <sup>ab</sup>	5/06 <sup>ab</sup>	6/26 <sup>f</sup>
گلستان×SKSH249	98/25 <sup>a-d</sup>	3/73 <sup>b</sup>	3/73 <sup>a-c</sup>	142/06 <sup>A-E</sup>	47/13 <sup>c-h</sup>	30602 <sup>a-d</sup>	91/16 <sup>a-c</sup>	4/53 <sup>ac</sup>	6/66 <sup>c</sup>
ماکسا×SKSH249	86/0 <sup>c-e</sup>	3/23 <sup>b</sup>	3/88 <sup>ab</sup>	137/98 <sup>A-G</sup>	44/76 <sup>d-h</sup>	4610 <sup>a</sup>	92/98 <sup>ab</sup>	4/43 <sup>ac</sup>	6/68 <sup>c</sup>
مای×SKSH249	83/0 <sup>de</sup>	3/10 <sup>b</sup>	4/01 <sup>a</sup>	122/87 <sup>A-G</sup>	51/08 <sup>a-e</sup>	3336 <sup>b-e</sup>	91/47 <sup>A-c</sup>	4/82 <sup>ac</sup>	6/46 <sup>e</sup>
ساجدی×SKSH249	87 <sup>b-e</sup>	3/20 <sup>b</sup>	3/73 <sup>A-c</sup>	149/14 <sup>A-G</sup>	49/70 <sup>bf</sup>	3900 <sup>a-d</sup>	92/33 <sup>ab</sup>	4/85 <sup>l-o</sup>	6/56 <sup>d</sup>
شایان×SKSH249	87/25 <sup>b-e</sup>	3/80 <sup>b</sup>	3/56 <sup>a-c</sup>	147/95 <sup>A-G</sup>	49/31 <sup>A-G</sup>	4150 <sup>a-d</sup>	92/72 <sup>ab</sup>	4/29 <sup>t</sup>	6/76 <sup>d</sup>

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند از نظر آماری (در سطح 5 درصد) اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

جدول 4- همبستگی فنوتیپی صفات کمی و کیفیت الیاف پنبه به روش پیرسون

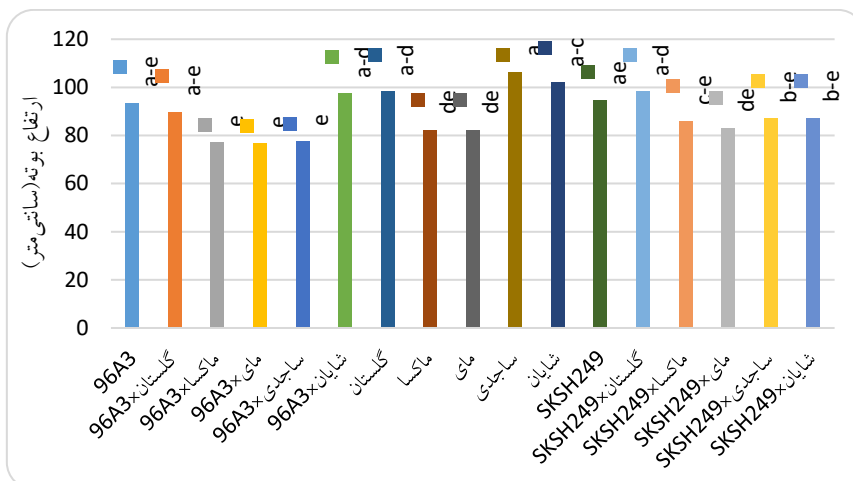
یکنواختی	استحکام	عملکرد وش	تعداد غوزه	ارتفاع	زودرسی	صفات
					1	زودرسی
				1	0/13	ارتفاع
			1	0/25	0/23	تعداد غوزه
		1	0/68 <sup>**</sup>	0/06	0/55 <sup>**</sup>	عملکرد وش
	1	-0/19	-0/26	-0/08	-0/20	استحکام
1	0/67 <sup>**</sup>	0/35	0/06	-0/42 <sup>*</sup>	-0/10	یکنواختی
0/05	0/31	0/04	-0/29	-0/18	-0/16	کیل

\* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح آماری 5 و 1 درصد

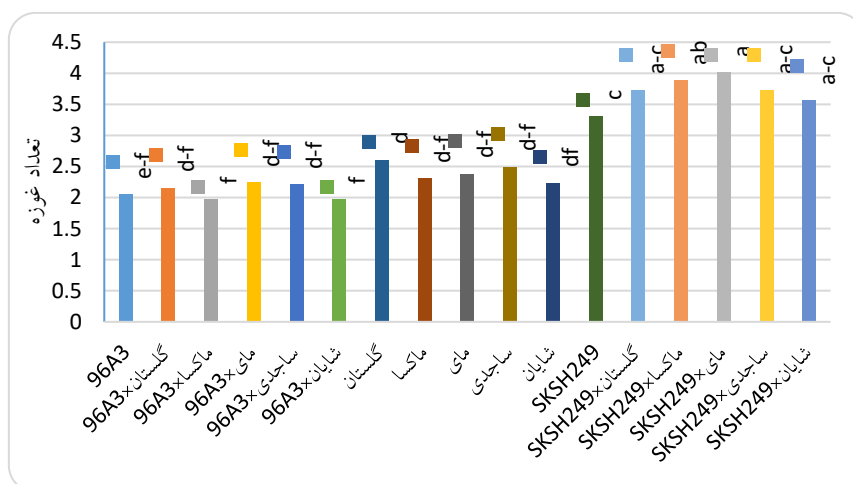
جدول ۵- درصد هتروزیس مشاهده شده اجزای عملکرد همبریدهای پنبه بر اساس میانگین والدین، والد برتر و رقم شاهد برتر در ایستگاه کارکنده

طول الیاف	میکروبری			درصد کیل			عملکرد چین اول			عملکرد وش سی غوزه		
	HCH	HP	MP	HCH	HP	MP	HCH	HP	MP	HCH	HP	MP
۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶
۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶
۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶
۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶
۰/۰۰۸	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶
۰/۰۰۳	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶
۰/۰۰۳	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶
۰/۰۰۴	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶
۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶
۰/۰۰۷	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶

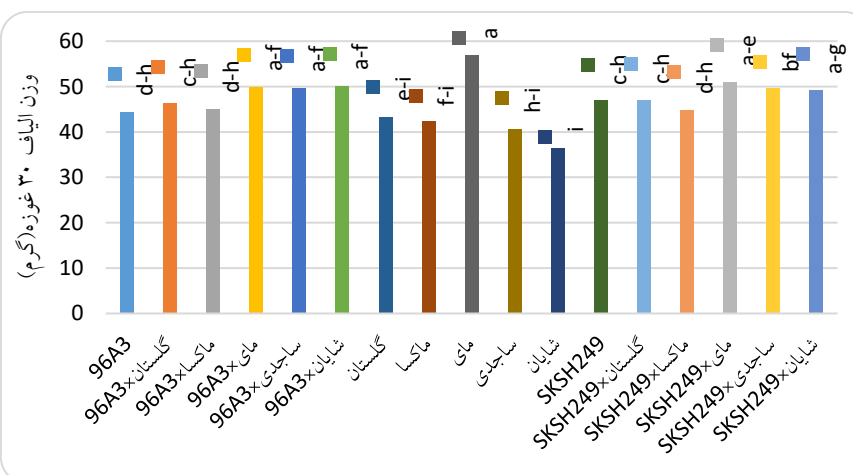
MP: میانگین والدین، HP: والد برتر، HCH: رقم شاهد برتر.



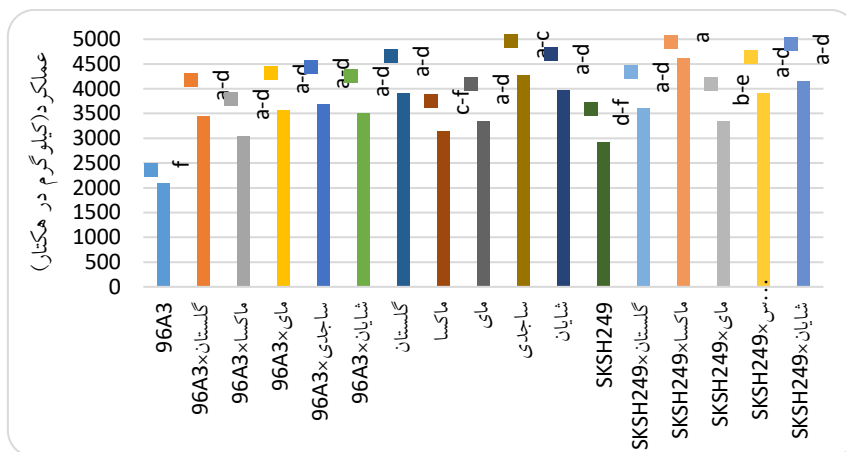
شکل 1- مقایسه میانگین ارتفاع بوته هیبریدهای پنبه نسبت به والدین



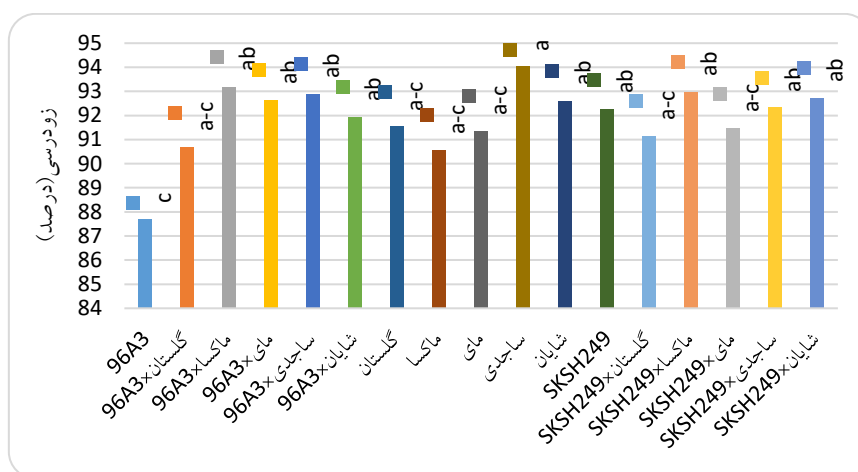
شکل 2- مقایسه میانگین تعداد غوزه در هیبریدهای پنبه نسبت به والدین



شکل 3- مقایسه میانگین وزن الیاف هیبریدها نسبت به والدین پنبه



شکل ۴- مقایسه میانگین عملکرد هیبریدهای پنبه نسبت به والدین



شکل ۵- مقایسه میانگین درصد زودرسی هیبریدها نسبت به والدین پنبه

شایان و SKSH249 × ساجدی با میانگین عملکرد (4150، 4610 و 3900 کیلوگرم در هکتار) بودند. از نظر درصد زودرسی الیاف هیبریدهای A396 × ماکسا، SKSH249 × ماکسا، A396 × ساجدی، SKSH249 × شایان، A396 × مای و SKSH249 × ساجدی بترتیب با میانگین (92/90، 92/98، 93/19، 92/72، 92/64 و 92/33 درصد) بیشترین زودرسی را به خود اختصاص دادند که با سایر هیبریدها اختلاف معنی‌داری داشتند. بنابراین هیبریدهای SKSH249 × مای، SKSH249 × شایان و SKSH249 × ساجدی به عنوان برترین هیبریدهای تولید شده و امیدبخش از نظر عملکرد و ش انتخاب شدند.

### نتیجه‌گیری

امروزه در اکثر مناطق پنبه کاری جهان هتروزیس به روشی حیاتی برای افزایش عملکرد پنبه و بهبود کیفیت الیاف تبدیل شده است (لینگ لیانگ و همکاران، 2022). انتخاب و توسعه پنبه هیبریدی با هتروزیس قوی تأثیر معناداری بر تولید پنبه در جهان دارد. با این حال، تولید عقیمی مصنوعی راه اصلی برای استفاده از هتروزیس پنبه است. به دلیل هزینه بالای تولید بذر، شناسایی والدین با هتروزیس اقتصادی بسیار حایز اهمیت است. مقایسه میانگین صفات بین ژنوتیپ‌ها در ایستگاه کارکنده در جدول 4 نمایش داده شده است. براساس نتایج مقایسه میانگین (شکل 1)، بالاترین عملکرد و ش به دست آمده در بین هیبریدها بترتیب هیبریدهای SKSH249 × مای، SKSH249 ×

جعفری مفید آبادی که در اجرای این تحقیق همکاری نمودند تشکر و قدردانی کنند.

## سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله مایلند، از کارشناسان محترم موسسه تحقیقات پنبه کشور آقایان مهندس بیانی

## منابع

- Hamid R., Shahsavari M., Alishah O. 2022. Combining ability and heterosis estimates for fiber yield and quality traits in NCII crosses of *G. hirsutum*. *Iranian Journal of Cotton Researches*, 10(1):71-92.
- Hamid, R., Marashi, H., Tomar, R.S., Malekzadeh Shafaroudi, S. 2019. Sabara PH: Transcriptome analysis identified aberrant gene expression in pollen developmental pathways leading to CGMS in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *PloS one*, 14(6):e0218381.
- Hamid, R., Marashi, H., Tohidfar, M. 2020. MALEKZADEH SS: Transgenic cotton expressing synthesized antifungal NaD1 gene confers enhanced resistance to fusarium wilt and verticillium wilt.
- Thoppurathu, F.J., Ghorbanzadeh, Z., Vala A.K., Hamid, R., Joshi, M. 2022. Unravelling the treasure trove of drought-responsive genes in wild-type peanut through transcriptomics and physiological analyses of root. *Functional & Integrative Genomics*, 22(2):215-233.
- Hamid, R., Jacob, F., Marashi, H., Rathod, V., Tomar, R.S. 2020. Uncloaking lncRNA-mediated gene expression as a potential regulator of CMS in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Genomics*, 112(5):3354-3364.
- Alishah, O. 2017. Genotypic variation and correlated components of yield, fiber quality and heterosis in some cotton hybrids. *Iranian Journal of Cotton Researches*, 5(1):49-74.
- Zangi, M.R., Jelodar, N.B., Kazemitabar, S.K., Vafaei-tabar, M. 2009. Cytoplasmic and combining ability on fiber quality traits in intera and interspecific crosses of tetraploid cotton (*G. hirsutum* x *G. barbadense*). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 5(4): 519-525.
- Cui, Y., Guo, L., Xing, C., Wu, J., Qi, T., Wang, H., Tang, H., Qiao, X. 2014. Genetic effects and heterosis of three-line hybrid cotton in different ecological environments. *Cotton Science*, 26(1):1-9.
- Jenkins, J.N., McCarty, J.C., Wu, J., Hayes, R., Stelly, D. 2012. Genetic effects of nine *Gossypium barbadense* L. chromosome substitution lines in top crosses with five elite Upland cotton *G. hirsutum* L. cultivars. *Euphytica*, 187:161-173.
- Mather, K., Jinks, J.L. 2013. Biometrical genetics: the study of continuous variation: Springer.
- Farshadfar, E. 1998. Application of biometrical genetics in plant breeding. *Razi University: Kermansha, Iran*, 934.
- Yu, K., Wang, H., Liu, X., Xu, C., Li, Z., Xu, X., Liu, J., Wang, Z., Xu, Y. 2020. Large-scale analysis of combining ability and heterosis for development of hybrid maize breeding strategies using diverse germplasm resources. *Frontiers in plant science*, 11: 660.
- Muthoni, J., Shimelis, H. 2020. Mating designs commonly used in plant breeding: A review. *Australian Journal of Crop Science*, 14(12):1855-1869.
- Liangliang, C., Meng, Z., Tingxiang, Q., Xuexian, Z., Huini, T., Hailin, W., Xiuqin, Q., Jianyong W., Chaozhu, X. 2023. Heterosis Performance and Their Parental Combining Ability Analysis of F1 and F2 Hybrids of Upland Cotton at Seedling Stage. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 60(2): 261.
- Basal, H., Canavar, O., Khan, N.U., Cerit, C.S. 2011. Combining ability and heterotic studies through line x tester in local and exotic upland cotton genotypes. *Pak J. Bot.*, 43(3):1699-1706.
- Percy, R.G., Cantrell, R.G., Zhang, J. 2006. Genetic variation for agronomic and fiber properties in an introgressed recombinant inbred population of cotton. *Crop Science*, 46(3):1311-1317.
- Khan, S., Khan, N., Gul, R., Bibi, Z., Khan, I., Gul, S., Ali, S., Baloch, M. 2015. Combining ability studies for yield and fiber traits in upland cotton. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 25(3).

- Zhang J, Abdelraheem A: Combining ability, heterosis, and genetic distance among nine elite American Pima cotton genotypes (*Gossypium barbadense*). *Euphytica* 2017, 213:1-13.
- Zhang J, Wu M, Yu J, Li X, Pei W: Breeding potential of introgression lines developed from interspecific crossing between upland cotton (*Gossypium hirsutum*) and *Gossypium barbadense*: heterosis, combining ability and genetic effects. *PLoS One* 2016, 11(1):e0143646.
- Song M, Fan S, Pang C, Wei H, Yu S: Genetic analysis of the antioxidant enzymes, methane dicarboxylic aldehyde (MDA) and chlorophyll content in leaves of the short season cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Euphytica* 2014, 198(1):153-162.
- Iqbal M, Naeem M: HETEROSIS STUDIES OF F 1 AND F 2 HYBRIDS FOR VARIOUS TRAITS OF *Gossypium hirsutum* L. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 2015, 52(2).
- Feng HJ, Sun JL, Wang J, Jia YH, Zhang XY, Pang BY, Sun J, Du XM: Genetic effects and heterosis of the fibre colour and quality of brown cotton (*Gossypium hirsutum*). *Plant breeding* 2011, 130(4):450-456.
- Ashokkumar K, Kumar KS, Ravikesavan R: Heterosis studies for fibre quality of upland cotton in line x tester design. *Afr J Agric Res* 2013, 8(48):6359-6365.
- Nijagum H, Khadi B: Progeny analysis of fibre characteristics of DCH 32-an interspecific cotton hybrid [*Gossypium hirsutum* L.-*Gossypium barbadense* L.-India]. *Journal of Genetics & Breeding (Italy)* 2001.
- Zhang J-B, Wang X-P, Wang Y-C, Chen Y-H, Luo J-W, Li D-D, Li X-B: Genome-wide identification and functional characterization of cotton (*Gossypium hirsutum*) MAPKKK gene family in response to drought stress. *BMC plant biology* 2020, 20:1-14.
- Zhang J, Abdelraheem A, Wu J: Heterosis, combining ability and genetic effect, and relationship with genetic distance based on a diallel of hybrids from five diverse *Gossypium barbadense* cotton genotypes. *Euphytica* 2017, 213:1-15.
- Baloch MJ: Genetic variability and heritability estimates of some polygenic traits in upland cotton. *Biological Sciences-PJSIR* 2004, 47(6):451-454.
- Baloch A, Baloch M, Jatoi W, Veesar N: Production of superior F1 hybrids: genetic analysis for estimating combining ability in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *J Agric Res* 2010, 48(4):419-428.
- Shahzad K, Qi T, Guo L, Tang H, Zhang X, Wang H, Qiao X, Zhang M, Zhang B, Feng J: Adaptability and stability comparisons of inbred and hybrid cotton in yield and fiber quality traits. *Agronomy* 2019, 9(9):516.
- Song C, Li W, Wang Z, Pei X, Liu Y, Ren Z, He K, Zhang F, Sun K, Zhou X: Genome resequencing reveals genetic variation between the parents of an elite hybrid upland cotton. *Agronomy* 2018, 8(12):305.
- Song M, Fan S, Pang C, Wei H, Liu J, Yu S: Genetic analysis of fiber quality traits in short season cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Euphytica* 2015, 202:97-108.
- Wu Y, Wang C, Yang Z, Song D, Ohsaka T, Matsumoto F, Sun X, Wu J: Designing conductive networks of hybrid carbon enables stable and long-lifespan cotton-fiber-based lithium-sulfur batteries. *Rsc Advances* 2021, 11(55):34955-34962.
- Xing C, Jing S, Xing Y: Review and prospect on cotton heterosis utilization and study in China. *Cotton Sci* 2007, 5:337-345.
- YE Z-h, MEI Y-j, ZOU K-q, FU X-s, JIANG L-s: Genetic dissection of net effects between yield and its components in sea island cotton (*Gossypium barbadense* L.). *Agricultural Sciences in China* 2008, 7(9):1052-1060.
- Iraddi V., Kajjidonim S.: a comparative study on heterosis for productivity and fibre quality traits in intra-herbaceous and interspecific (*G. Herbaceum* L. x *G. Arboreum* L.) crosses of diploid cotton. *J res angrau* 2009, 37:35-43.
- Reddy K, Reddy V, Ahmed M, Naidu T, Srinivasarao V: Combining ability study for yield and its component traits through diallele mating design in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Journal of Cotton Research and Development* 2016, 30(2):180-184.
- Liu L, Zhu S: Analysis of genetic effects and heterosis for yield and yield traits in transgenic insect resistant cotton (*G. hirsutum* L.). *Cotton Sci* 2007, 19(1):33-37.



- Li B, Shi Y, Gong J, Li J, Liu A, Shang H, Gong W, Chen T, Ge Q, Jia C: Genetic effects and heterosis of yield and yield component traits based on *Gossypium barbadense* chromosome segment substitution lines in two *Gossypium hirsutum* backgrounds. *PLoS One* 2016, 11(6):e0157978.
- Li F, Fan G, Lu C, Xiao G, Zou C, Kohel RJ, Ma Z, Shang H, Ma X, Wu J: Genome sequence of cultivated Upland cotton (*Gossypium hirsutum* TM-1) provides insights into genome evolution. *Nature biotechnology* 2015, 33(5):524-530.

