Iranian Journal of Cotton Researches
ISSN: 2345-5306

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

Ladan Soltani[1], Rasmieh Hamid[2], Elaheh Fayyaz[3*], Sayyed Saeed Moosavi[3]

[1] M.Sc. student in genetics and plant breeding, Department of plant production and genetics, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
[2] Department of Plant Breeding, Cotton Research Institute of Iran (CRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran
[3] Department of plant production and genetics, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran * e.fayyaz@basu.ac.ir

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. TheHigh 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

مجله پژوهش‌های پنبه ایران

شاپا: ۶-۵۳۰۶-۲۳۴۵

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

لادن سلطانی[۱]، رسمیه حمید[۲]، الهه فیاض[۳]*، سید سعید موسوی[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی‌ارشد ژنتیک و بهنژادی گیاهی دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

[۲] بخش بهنژادی موسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

[۳] گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران رایانامه: e.fayyaz@basu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۷/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۶

واژه‌های کلیدی:
پنبه
همبستگی
توانایی ترکیب‌پذیری
زودرسی و کیل

چکیده

سابقه و هدف: پنبه یک گیاه لیفی مهم در سراسر جهان است. عملکرد بالای وش هدف نهائی یک برنامه اصلاحی در پنبه است. به منظور دستیابی به این هدف، تولید ارقام هیبرید گام مهمی در افزایش تولید محسوب می شود. 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 هیبرداسیون دارد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه حاضر، از طرح تلاقی کارولینای شمالی II برای تلاقی ۵ والد مادری و ۲ والد پدری برای تولید ۱۰ هیبرید درون گونه‌ای استفاده شد. دورگ‌های F1 تولید شده به همراه والدین، در سال زراعی ۱۴۰۱ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ایستگاه تحقیقاتی کارکنده موسسه تحقیقات پنبه کشور کشت شدند.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس صفات نشان می‌دهد که در بین ژنوتیپ‌ها و دورگ‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌دار وجود دارد. بنابراین به‌منظور برآورد ترکیب پذیری، و تخمین اجزای ژنتیکی تجزیه کارولینای شمالی II انجام شد. میزان ترکیب پذیری عمومی در صفات مورد بررسی، از ترکیب پذیری 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 پذیری خصوصی به‌ترتیب ۰/۷۵، ۰/۶۸ و ۰/۶۲ 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 ×SKSH۲۴۹ بود، مشاهده شد، که دلیل این امر می‌تواند به فاصله زنتیکی بین دو ژنوتیپ ارتباط داشته باشد.

نتیجه‌گیری: 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.

ا ستناد: سلطانی، لادن؛ حمید، ر سمیه؛ فیاض، الهه؛ مو سوی، سید سعید. (۱۴۰۱). برآورد ترکیب‌پذیری و هتروزیس در برخی لاین‌های پنبه آپلند از طریق تلاقی کارولینای شمالی II. *مجله پژوهش‌های پنبه ایران*، ۱۰ (۱)، ۵۲-۳۵.

DOI:

ناشر: موسسه تحقیقات پنبه کشور
© نویسندگان.

مقدمه

پنبه .*Gossypiumhirsutum* L به‌دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد الیاف مهم‌ترین گیاه لیفی در جهان و ایران به شمار می‌رود (حمید و همکاران، ۲۰۲۲). میزان تولید پنبه در کشور در سال ۱۴۰۰ به میزان ۶۰۰ 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 درحال 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، ۲۰۱۹). 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 توانایی های ترکیب‌پذیری خوب، برای کشف هتروزیس در هیبریدهای تجاری مفید هستند. برآورد توانایی ترکیبی یا اثرات ژنتیکی یک استراتژی مهم برای طبقه‌بندی والدین تلاقی ها 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 ترکیب پذیری عمومی (GCA) و توانایی ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA). اثرات ژنتیکی شامل اثرات افزایشی و غیرافزایشی است. GCA با لاین های والد مرتبط است و متاثر از اثرات افزایشی ژن ها است. در حالی که SCA به عملکرد مقایسه ای هیبریدها مربوط می شود 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 شربنی و. همکاران، ۲۰۱۸).

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، ۲۰۲۰). روش‌های بهنژادی مدرن مبتنی بر عمل ژن ها با تاکید بر بهبود صفات است (جیکوب و همکاران، ۲۰۲۲). 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، ۲۰۲۰) .به طور مختصر، تجزیه و تحلیل ژنتیکی برای شناسایی عمل ژن‌ها تاکنون یک تکنیک بی‌بدیل در به نژادی گیاهان زارعی 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 مدل های 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[1] ب) مدل افزایشی غالیت و محیطی، ج) مدل افزایشی، غالبیت اپیستازی و د) مدل افزایشی غالیبت اثرات مادری. اثرات ژنتیکی متاثر از مواد، روش ها و شرایط محیطی نیز می باشند. 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 تأثیرشرایط محیطی قرار می گیرند(عالیشاه و همکاران، ۲۰۱۷). صفاتی که به آسانی تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرند را می توان با بهینه‌سازی شرایط کشت به طور موثر بهبود بخشید، در حالی که صفاتی که تنوع

[1] additive-dominance (AD)

فنوتیپی آنها عمدتاً توسط اثرات ژنتیکی تعیین می‌شود را تنها می‌توان از طریق ژنتیک و و تکنیک‌های بهنژدای بهبود داد (زنگی و همکاران، ۲۰۰۹). صفات متاثر از اثرات افزایشی غالبا 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، ۲۰۲۳). 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 واریانس های افزایشی و غیرافزایشی ژن ها کمک می‌کند (کای و همکاران، ۲۰۱۲؛ دهقانپور و اهدایی، ۲۰۱۳). 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، ۲۰۱۳).

در اصلاح نباتات برای تخمین واریانس‌های ژنتیکی صفات از طرح‌های مختلف تلاقی استفاده می شود. 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 II(NCII) به به‌نژادگران اجازه می‌دهد تا اثرات افزایشی، غالبیت و محیطی را با کار کمتری نسبت به طرح‌های دی‌آلل اندازه‌گیری کنند. علاوه براین این طرح‌ها در شرایطی که تعداد والدین پدری و مادری یکسان نیست و گیاهان رشد نامحدود باشند بسیار کار آمد می‌باشند (ون و همکاران، ۲۰۱۵). در این مطالعه، از طرح تلاقی‌گیری کارولینای شمالی II برای تولید ۱۰ هیبرید پنبه درون‌گونه‌ایF1 با استفاده از ۵ اینبرد لاین به عنوان والد مادری و دو لاین اینبرد به‌عنوان والد 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 آپلند مهم خواهد بود.

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 و ۲ ژنوتیپ SKSH و 96A3 به‌عنوان والد پدری استفاده شد.لاین‌های والدینی در سال زراعی ۱۴۰۰ 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 ۸۰ در ۴۰ سانتی‌متر و لاین‌های مادری در بلوک‌های ۴ خطی به فاصله ۱۲۰ در ۴۰ 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 ۱۶ تا ۱۸ بعدازظهر به صورت دستی عقیم و با الیاف پنبه پوشانده شدند و عملیات گرده‌دهی در صبح روز بعد (ساعت ۹ تا ۱۱) 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 ۱۴۰۱، ۷ ژنوتیپ والدی به همراه ۱۰ 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 ۲۰×۸۰ سانتی‌متر کشت شدند. عملیات داشت و برداشت مطابق برنامه زراعی ایستگاه‌های تحقیقاتی پنبه انجام شد. به منظور مقایسه ژنوتیپ‌ها صفات عملکرد، زودرسی برابر (فرمول ۲ و ۱)، ارتفاع بوته، وزن غوزه، تعداد غوزه در بوته، عملکرد الیاف، استحکام، کشش و شاخص یکنواختی مورد ارزیابی قرار گرفتند.برای محاسبه عملکرد ژنوتیپ ها و دورگ ها نمونه‌برداری از دو خط وسط کرت های 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

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

(فرمول ۱) $EI=[(Y1/Y1+Y2+..Yn)]\times100$

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

(فرمول ۲)

نسبت وزن الیاف به وش(الیاف+ بذر) = درصد کیل

درصد هتروزیس F1ها نسبت به میانگین والدین (HMP)، نسبت به والد برتر[1](HPH) و همچنین نسبت به رقم تجاری منطقه (هتروزیس مفید) (CH) با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه گردید؛

(فرمول۳) $HMP= [F1-MP]/MP$

(فرمول۴) $HPH= [F1-(HP)]/HP$

(فرمول۵) $HCH = [F1-CP]/CP$

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 شمالیdesign 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، ۱۹۹۸) 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 گردید. برای آنالیز گرافیکی از نرم افزار Excel ا ستفاده 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 ۱)، بنابراین منبع تغییر ژنوتیپ ها 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، ۲۰۱۳،حمید و همکاران، ۲۰۲۲). تفاوت بین والدین از نظر صفات عملکرد، وزن وش سی غوزه، یکنواختی الیاف، تعداد غوزه در بوته و تعداد شاخه زایا معنی دارد بود (۵ 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 تحلیلژنتیکی براساس طرح کارولینای شمالی II، انجام شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات کمی و کیفی در هیبریدها ی پنبه، ایستگاه کارکنده.

منبع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع گیاه	تعداد شاخه رویا	تعداد شاخه زایا	تعدادغوزه در بوته	طول‌شاخه زایشی	وزن وش ۳۰غوزه	وزن الیاف سی غوزه	عملکرد
تکرار	۳	۱۲۲/۳۸*	۰/۳۴^{ns}	۱۴/۹۴^{ns}	۰۰/۹^{ns}	۰/۰۷^{ns}	۱۰۹/۸۸^{ns}	۲۸۱/۷۱^{ns}	۶۸۸۲۵۰/۲۲^{ns}
ژنوتیپ	۱۶	۷۰۳/۵۳**	۰/۵۵*	۱۵/۰۴^{ns}	۱/۷۷**	۰/۳۷**	۲۶۷/۷۱*	۱۷۷/۹۹**	۹۸۵۲۷۴/۸۲**
اشتباه	۴۸	۷۳/۷۸	۰/۲۹	۱۵/۰۶	۸/۳۳	۰/۱۰	۱۴۵/۹۳	۴۱/۸۵	۹۳۵۳۸۸/۷
ضریب تغییرات		۷/۷۷	۲۲/۱۸	۱۸/۵۲	۹/۱۱	۶/۵۱	۸/۷۴	۸/۸۹	۲۰/۰۲

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

[1] Heterobeltiosis

تجزیه کارولینای شمالی II (North Carolina design II: NC II): همانطور که در جدول یک نشان داده شده است، تفاوت میان دورگ های 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 لاین های 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 بین لاین‌های پدری از نظر این صفات می‌باشد(جدول۳). 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 براین اثر متقابل نر * ماده، در تمامی صفات به غیر از استحکام و یکنواختی الیاف در سطح احتمال یک درصد غیرمعنی‌دار بود. (جدول۲).

جدول ۲- برآورد اجزای ژنتیکی، وراثت پذیری‌ها، درجه غالبیت، در هیبریدهای پنبه با استفاده از طرح کاورلینای شمالی II

	عملکرد الیاف	استحکام ((g/text)	کشش (٪)	یکنواختی (٪)	درصد کیل	تعداد شاخه زایا	تعداد غوزه در بوته
واریانس نرها (m)	۰/۲۳	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۵۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
واریانس ماده ها (f)	۱۰/۰۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
واریانس اثر متقابل نرها*ماده ها (m*f)	-۰/۲۰	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۲۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
واریانس افزایشی (V_A)	۱۰/۲۷	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۶۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
واریانس غالبیت (V_D)	-۰/۲۰	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۲۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
واریانس محیطی (V_E)	۱۵/۸۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
واریانس فنوتیپی (V_P)	۲۵/۹۶	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۹۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
وراثت پذیری عمومی (h^2B)	۳۹/۵۷	۵۳/۲۸	۶۲/۸۴	۷۴/۶۹	۵۲/۵۶	۴۱/۹۶	۶۱/۸۶
وراثت پذیری خصوصی (h^2N)	۳۸/۷۸	۹۴/۹۴	۹۶/۷۵	۹۸/۴۳	۴۶/۶۲	۴۶/۶۲	۴۶/۶۲
درجه غالبیت (d)	۰/۰۰	۱/۲۵	۱/۰۴	۰/۸۰	۰/۴۷	۰/۴۷	۰/۴۷

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، ۱۹۹۸). پس از محاسبه واریانس‌های افزایشی و غالبیت، پارامترهای درجه غالبیت، وراثت پذیری‌عمومی و خصوصی، و نسبت واریانس GCA: SCA صفات مورد مطالعه محاسبه گردیدند. مقادیر واریانس افزایشی و غالبیت صفات مورد مطالعه در جدول ۲ نشان داده شده است. برای همه صفات مورد بررسی مقدار واریانس افزایشی مثبت بود، مثبت بودن مقدار واریانس افزایشی حاکی از آن است که اثر ژن در این صفات افزایشی است. مقدار وراثت‌پذیری خصوصی برای صفت استحکام ۹۴/۹۴، کشش ۹۶/۷۵ و یکنواختی الیاف ۹۹/۴۳ 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 ۲). مقادیر زیادتر وراثت پذیری 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 می توتن میانگین این صفات را بهبود بخشید (یو و همکاران، ۲۰۲۰). نقش بیشتر اثرات ژنی غالبیت نسبت به اثرات افزایشی در صفات دیگر نیز گزارش شده است، به عنوان مثال لیانگ لیانگ و همکاران (۲۰۲۳) نیز به نتایج مشابهی

برای صفت یکنواختی الیاف گزارش شده است. باسل و همکاران (۲۰۱۱)، نیز نقش مشترک آثار غالبیت و افزایشی را برای صفات عملکرد الیاف و درصد کیل گزارش دادند. پر سی و همکاران (۲۰۰۶)، نیز ا ستفاده از روش‌های ا صلاحی مبتنی بر انتخاب را برای صفات مرتبط با کیفیت الیاف گزارش کردند. پهلوانی و همکاران (۱۳۸۵)، برای صفات سطح برگ، وزن گیاهچه و تعداد برگ در گیاه نقش توام اثرات افزایشی و غالبیت را گزارش دادند. با توجه به مقادیر پایین وراثت پذیری خصوصی در مورد درصد کیل و تعداد غوزه در بوته نقش سایر واریانس های ژنتیکی از جمله غالبیت یا اپیستازی در کنترل آنها محتمل به نظر می‌رسد (خان و همکاران، ۲۰۱۵). بنابراین برای بهبود میانگین این صفات در مواد موجود بهتر ا ست از روش های اصلاحی که در آن بتوان از اثرات غالبیت یا اپیستاتیک ژن ها بهره برد همانند تولید بذر هیبرید ا ستفاده نمود. وجود اثرات اپی ستاتیک و غالبیت ژن‌ها در صفات درصد کیل و تعداد غوزه در بوته توسط دیگر محققین نیز گزارش شده است (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۷). اقبال و همکاران (۲۰۱۵)، گزارش کردند درصد کیل صفتی پیچیده است و توسط تعداد زیادی زن با اثرات متقابل کنترل می شود.

مقایسه میانگین صفات بین ۵ لاین والدینی و ۱۰ دو رگ در شکل‌های یک تا پنج نمایش داده شده است. نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نشان داد اختلاف معنی داری از نظر ارتفاع بوته، تعداد غوزه در بوته، وزن ۳۰ غوزه، وزن الیاف ۳۰ غوزه، عملکرد وش و درصد زودرسی وجود داشت . در این رابطه از نظر ارتفاع بوته، در بین هیبریدها بلندترین بوته ها مربوط به هیبرید SKSH249 × گلستان با میانگین ارتفاع بوته(۹۸/۲۵ سانتی‌متر) و کوتاه‌ترین بوته‌های پنبه مربوط به هیبرید A396 × ماکسا با میانگین ارتفاع (۷۷ سانتی‌متر) بودبود که در مقایسه با والد خود اختلاف معنی داری نشان دادند(شکل۱). 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 اینرو دورگ‌های SKSH249 با ماکسا، مای، ساجدی و شایان بترتیب با میانگین تعدادغوزه ۴۶۱۰(۴/۰۱۶ ، ۳/۸۸، ۳/۷۳،و ۳/۵۶ غوزه) بیشترین تعداد غوزه و کمترین تعداد غوزه مربوط به دورگ های96A3 با ماکسا و شایان بترتیب با میانگین (۱/۹۶۷ و ۱/۹۶۵ غوزه) مشاهده شد(شکل۲). از آنجایی که وزن الیاف از اجزای مهم و تاثیر گذار در عملکرد پنبه می‌باشد، در این تحقیق هیبرید های SKSH249× مای، A396 × مای، A396 × ساجدی، SKSH249 × ساجدی و ، SKSH249× شایان بترتیب با میانگین وزن الیاف(۵۱/۰۸۸، ۴۹/۹۴۳، ۴۹/۷۳۵، ۴۹/۷۰۵ و ۴۹/۳۱۸کیلوگرم)بالاترین عملکرد را به خود اختصاص داد(شکل۳). 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(۴۶۱۰، ۴۱۵۰و ۳۹۰۰ کیلوگرم در هکتار) بالاترین عملکرد وش را به خود اختصاص داد(شکل۴). بنابراین دورگ های، SKSH249× مای و شایان به عنوان برترین دورگ های 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 ا ست.بنابراین از نظر درصد زودرسی محصول در بین دورگ های این تحقیق هیبرید های A396 × ماکسا، SKSH249× ماکسا، A396 × ساجدی ، SKSH249× شایان، A396 × مای و SKSH249× ساجدی بترتیب با میانگین(۹۳/۱۹، ۹۸/۹۲، ۹۲/۹۰، ۹۲/۷۲، ۹۲/۶۴ و ۹۲/۳۳ درصد) بیشترین زودرسی را به خود اختصاص دادند(شکل ۵).

استحکام الیاف یکی از ویژگی‌های بسیار مهم کیفیت الیاف پنبه است و در صنعت نساجی بسیار حائز اهمیت می‌با شد. در والدین، ا ستحکام از ۴/۷۲ تا ۴/۸۳ گرم بر تکس متغیر بود. حداکثر و حداقل مقادیر ثبت شده در هیبریدها در ۵/۱۱ در تلاقی 96A3 × شایان و ۱۰/ ۵ در تلاقی SKSH249 × شایان و کمترین ا ستحکام الیاف بمیزان ۴/۹۲ گرم بر تکس در تلاقی A396 × گلستان بود(جدول۳). این نتایج با

مشاهدات حاصل از مطالعات قبلی (فنگ و همکاران، ۲۰۱۱)، نیاگون و خادی (۲۰۰۱) میانگین استحکام الیاف را برای تلاقی های حاصل از G. *Hirsutum* ۵/۸ گرم بر تکس مشاهده کردند، هم‌خوانی دارد. دامنه نسبت یکنواختی الیاف در دورگ‌ها از۸۳/۱۹ تا ۲۶/ ۸۴ درصد بود در میان هیبرید های مورد مطالعه بیشترین میزان یکنواختی مربوط به هیبرید 96A3 × شایان بود. میانگین یکنواختی ۸۳/۲۵ در صد بودکه از میانگن یکنواختی درگروه والدین بیشتر است. نیاگون و خادی (۲۰۰۱) میانگین نسبت یکنواختی را برای تلاقی‌های G. *barbadense* ۸۴/۳ مشاهده کردند. در میان دورگ های مورد مطالعه از نظر کشش الیاف بهترین مقدار را در تلاقی SKSH249 × شایان و تلاقی A396 × ساجدی و A396 × شایان بترتیب با میانگین(۶/۷۶) نشان دادند(جدول۳). حصول دورگ های 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، ۲۰۱۷).

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 احتمالا برای صفات مورد بررسی هتروزیس یا قدرت هیبرید وجود دارد (بلوچ و همکاران، ۲۰۱۰).به منظور بررسی هتروزیس، 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 ۵). برای صفت استحکام، هتروزیس نسبی بر اساس میانگین والدین در دامنه‌ی ۲/۱ درصد در تلاقی ۹۶A3 ×گلستان بروز یافت. هتروزیس نسبی براساس والد تجاری گلستان در دامنه‌ی ۲/۱ درصد در تلاقی۹۶A3 ×گلستان وجود داشت. هتروزیس نسبی براساس والد برتر در دامنه‌ی ۲/۱ درصد در در تلاقی 96A3 × گلستان بروز یافت. هتروزیس نسبی برای صفت کشش، براساس میانگین والدین در دامنه‌ی ۳۹ درصد در تلاقی 96A3 × ماکسا بروز یافت. هتروزیس نسبی براساس والد تجاری گلستان در دامنه‌ی۲۸/۴ درصد در تلاقی 96A3 × شایان وجود داشت. هتروزیس نسبی براساس والد برتر در دامنه‌ی ۸/۹ در صد در تلاقی 96A3 × شایان دیده شد. (جدول۵). شهزاد و همکاران (۲۰۱۹) 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 ۴). در تجزیه و تحلیل ارتباط بین صفات، همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد وش با تعداد غوزه (۰/۶۸) مشاهده گردید (جدول ۴) 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، ۲۰۱۸). با توجه به نتایج، تعداد غوزه در بوته به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد شناخته شد که نقش تعیین کننده در عملکرد والدین و دورگ های پنبه دارد و می‌توان از آن به‌عنوان یک شاخص انتخاب مناسب برای اصلاح و بهبود عملکرد ارقام بهره برد. خان و همکاران (۲۰۱۵) 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، ۲۰۲۱، زینگ و همکاران، ۲۰۰۷، یای و همکاران، ۲۰۰۸). در مطالعه حاضر همبستگی بین دو صفت مذکور مثبت و معنی دار (۵۲ درصد) بود که حاکی از نقش ژن‌های مثبت در بهبود صفات و خلق ژنوتیپ های برتر و همچنین امکان اصلاح و بهبود همزمان عملکرد و زودرسی در ارقام پنبه دارد (ردی و همکاران، ۲۰۱۶). لویی و همکاران، (۲۰۰۷) گزارش کردند، که میزان همبستگی بین صفات را با نوع و

اندازه جمعیت تحت بررسی مرتبط دانستند و بیان نمودند که شناخت نوع ارتباط بین اجزای یک صفت می‌تواند در افزایش کارآیی 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 ا ستحکام الیاف ا شاره شده ا ست (لی و همکاران، ۲۰۱۵). وجود همبستگی منفی بین دو متغیر بدان معنی است که انتخاب بر نفع یک صفت منجر به کاهش ارزش صفت دیگر می شود که این امر برای اصلاح همزمان عملکرد (از طریق افزایش تعداد غوزه در بوته) و کیفیت الیاف در ارقام پنبه یک چالش محسوب می شود. برای غلبه بر روابط منفی بین عملکرد و کیفیت الیاف پنبه، لازم است به‌نژادگران ضمن انتخاب اندازه مناسب جمعیت اولیه، از تلفیق روش های انتخاب دوره‌ای و تلاقی در دا خل بهترین ترکیبات اصلاحی استفاده کنند (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۶).

جدول۳- مقایسه میانگین صفات زراعی مختلف در هیبریدها و والدین پنبه کارکنده.

ژنوتیپ	ارتفاع بوته	تعداد شاخه زایا	تعداد غوزه	وزن ۳۰ غوزه	وزن الیاف ۳۰ غوزه	عملکرد	زودرسی	استحکام	کشش
۹۶A3	۹۳/۵$^{a-e}$	۳/۱۳^{b}	۲/۰۴$^{e-f}$	۱۳۷/۶۵$^{a-e}$	۴۴/۴۷$^{d-h}$	۲۰۹۲/۵^{f}	۸۷/۷۱^{c}	۴/۱۹^{d}	۶/۱۸^{g}
گلستان×۹۶A3	۸۹/۷۵$^{a-e}$	۳/۷۷^{b}	۲/۱۵$^{d-f}$	۱۳۹/۴۲$^{a-e}$	۴۶/۴۲$^{c-h}$	۳۴۳۴$^{a-d}$	۹۰/۶۹$^{a-c}$	۵/۰۲$^{f-j}$	۶/۴۸^{e}
ماکسا×۹۶A3	۷۷/۰^{e}	۳/۲۹^{b}	۱/۹۶^{f}	۱۳۸/۳$^{a-e}$	۴۵/۰۰$^{d-h}$	۳۰۴۷$^{a-d}$	۹۳/۱۹^{ab}	۴/۸۹$^{k-n}$	۶/۶۸^{c}
مای×۹۶A3	۷۶/۷۵^{e}	۳/۵۰^{b}	۲/۲۴$^{d-f}$	۱۱۶/۲۰^{F}	۴۹/۹۴$^{a-f}$	۳۵۶۳$^{a-d}$	۹۲/۶۴^{ab}	۴/۸۶$^{l-o}$	۶/۶۱^{d}
ساجدی×۹۶A3	۷۷/۵۴^{e}	۴/۳۹^{b}	۲/۲۰$^{d-f}$	۱۴۰/۸$^{a-e}$	۴۹/۷۳$^{a-f}$	۳۶۸۳$^{a-d}$	۹۲/۹۰^{ab}	۴/۸۴$^{m-p}$	۶/۷۶^{b}
شایان×۹۶A3	۹۷/۲۵$^{a-d}$	۳/۷۱^{b}	۱/۹۶^{f}	۱۴۷/۷۰^{ab}	۵۰/۲۳$^{a-f}$	۳۵۰۶$^{a-d}$	۹۱/۹۴^{ab}	۴/۷۹^{po}	۶/۷۶^{b}
گلستان	۹۸/۲۵$^{a-d}$	۴/۲۸^{a}	۲/۶۰^{d}	۱۳۰/۹۷$^{a-F}$	۴۳/۲۴$^{e-i}$	۳۹۰۸$^{a-d}$	۹۱/۵۴$^{a-c}$	۵/۳۳^{c}	۵/۶۱^{j}
ماکسا	۸۲/۲۵^{de}	۳/۲۸^{b}	۲/۳۰$^{d-f}$	۱۳۹/۱۳$^{A-E}$	۴۲/۳۰$^{f-i}$	۳۱۴۹$^{c-f}$	۹۰/۵۷$^{a-c}$	۵/۴۵^{ab}	۵/۵۳^{k}
مای	۸۲/۲۵^{de}	۳/۶۱^{b}	۲/۳۸$^{d-f}$	۱۳۹/۲۱$^{A-E}$	۵۷/۰۱^{a}	۳۰۳۵$^{a-d}$	۹۱/۳۵$^{a-c}$	۵/۵۰^{a}	۵/۴۱^{l}
ساجدی	۱۰۶/۲۵^{a}	۳/۷۳^{b}	۲/۴۹$^{d-f}$	۱۳۷/۴۴$^{A-F}$	۴۰/۶۷$^{h-i}$	۴۲۷۵$^{a-c}$	۹۴/۰۲^{a}	۵/۳۹^{ab}	۵/۳۱^{m}
شایان	۱۰۲/۰$^{a-c}$	۳/۵۶^{b}	۲/۲۳$^{d-f}$	۱۲۱/۸۵^{E}	۳۶/۵۶^{i}	۳۹۶۱$^{a-d}$	۹۲/۶۱^{ab}	۵/۳۸^{ab}	۵/۲۱^{n}
SKSH249	۹۴/۵$^{a-e}$	۳/۴۲^{b}	۳/۳۱^{c}	۱۴۱/۹۵$^{A-E}$	۴۶/۹۶$^{c-h}$	۲۹۲۷$^{d-f}$	۹۲/۲۶^{ab}	۵/۰۶^{ab}	۶/۲۶^{f}
گلستان×SKSH249	۹۸/۲۵$^{a-d}$	۳/۷۳^{b}	۳/۷۳$^{a-c}$	۱۴۲/۰۶$^{A-E}$	۴۷/۱۳$^{c-h}$	۳۰۶۰۲$^{a-d}$	۹۱/۱۶$^{a-c}$	۴/۵۳^{ac}	۶/۶۶^{c}
ماکسا×SKSH249	۸۶/۰$^{c-e}$	۳/۲۳^{b}	۳/۸۸^{ab}	۱۳۷/۹۸$^{A-G}$	۴۴/۷۶$^{d-h}$	۴۶۱۰^{a}	۹۲/۹۸^{ab}	۴/۴۳^{ac}	۶/۶۸^{c}
مای×SKSH249	۸۳/۰^{de}	۳/۱۰^{b}	۴/۰۱^{a}	۱۲۲/۸۷$^{A-G}$	۵۱/۰۸$^{a-e}$	۳۳۳۶$^{b-e}$	۹۱/۴۷$^{A-c}$	۴/۸۲^{ac}	۶/۴۶^{e}
ساجدی×SKSH249	۸۷$^{b-e}$	۳/۲۰^{b}	۳/۷۳$^{A-c}$	۱۴۹/۱۴$^{A-G}$	۴۹/۷۰^{bf}	۳۹۰۰$^{a-d}$	۹۲/۳۳^{ab}	۴/۸۵$^{l-o}$	۶/۵۶^{d}
شایان×SKSH249	۸۷/۲۵$^{b-e}$	۳/۸۰^{b}	۳/۵۶$^{a-c}$	۱۴۷/۹۵$^{A-G}$	۴۹/۳۱$^{A-G}$	۴۱۵۰$^{a-d}$	۹۲/۷۲^{ab}	۴/۲۹^{t}	۶/۷۶^{d}

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند از نظر آماری (در سطح ۵ درصد) اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

جدول ۴- همبستگی فنوتیپی صفات کمی و کیفیت الیاف پنبه به روش پیرسون

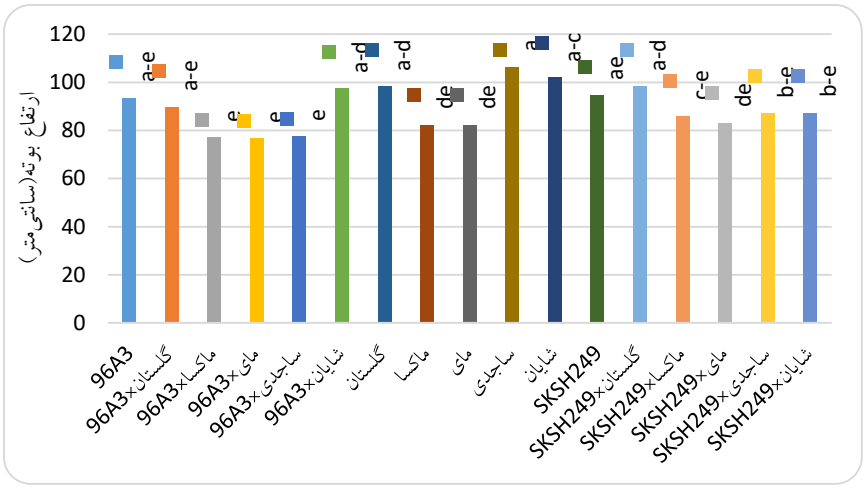
صفات	زودرسی	ارتفاع	تعداد غوزه	عملکرد وش	استحکام	یکنواختی
زودرسی	۱					
ارتفاع	۰/۱۳	۱				
تعداد غوزه	۰/۲۳	۰/۲۵	۱			
عملکرد وش	۰/۵۵**	۰/۰۶	۰/۶۸**	۱		
استحکام	-۰/۲۰	-۰/۰۸	-۰/۲۶	-۰/۱۹	۱	
یکنواختی	-۰/۱۰	-۰/۴۲*	۰/۰۶	۰/۳۵	۰/۶۷**	۱
کیل	-۰/۱۶	-۰/۱۸	-۰/۲۹	۰/۰۴	۰/۳۱	۰/۰۵

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح آماری ۵ و ۱ درصد

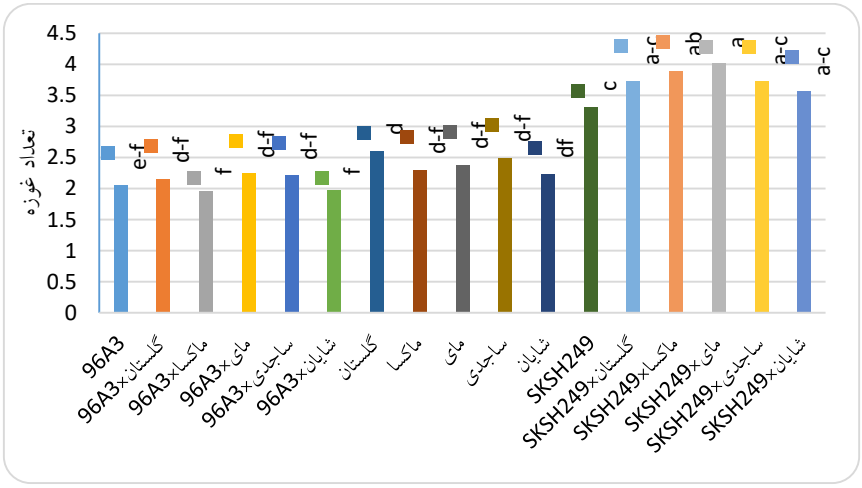
جدول ۵- درصد هتروزیس مشاهده شده اجزای عملکرد هیبریدهای پنبه بر اساس میانگین والدین، والد برتر و رقم شاهد برتر در ایستگاه کارکنده

	عملکرد وش سی غوزه			عملکرد چین اول			درصد کیل			میکرونری			طول الیاف		
ژنوتیپ	MP	HP	HCH	MP	HP	HCH	MP	HP	HCH	MP	HP	HCH	MP	HP	HCH
گلستان×۹۶A3	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۲۵	-۰/۱	-۰/۲۶	-۰/۲۶	۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۰۵	۰/۰۳۴	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۰۳
ماکسا×۹۶A3	۰/۰۳	-۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۲۶	۰/۲	-۰/۱	۰/۲۴	۰/۲	۰/۱۴	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۱	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۰۵
مای×۹۶A3	۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۴۵	۰/۳۴	۰/۱	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱	۰/۱	۰/۰۷	۰/۱۲	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۰۶
ساجدی×۹۶A3	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۲۷	۰/۰۴	۰/۱	۰/۱۱	۰/۱	۰/۱	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۰۶
شایان×۹۶A3	۰/۳۱	۰/۲۲	۰/۳	۰/۱۳	۰/۰۰۲	-۰/۱۳	۰/۱۶	۰/۲	۰/۱۳	۰/۱	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۰۸
گلستان×SKSH249	۰/۰۹	-۰/۰۰۴	۰/۲	۰/۰۸	-۰/۱۱	-۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۰۰۶	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۱۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۳
ماکسا×SKSH249	-۰/۰۹	-۰/۱۹	-۰/۰۳	۰/۳۴	۰/۲۳	-۰/۰۵	۰/۰۵	-۰/۰۵	۰/۰۵۳	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۲	۰/۰۲	۰/۰۰۹	۰/۰۰۳
مای×SKSH249	۰/۱۱	۰/۰۴	۰/۲۵	۰/۰۳	-۰/۰۸	-۰/۲۴	۰/۱۴	۰/۰۷۵	۰/۲	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۰۲	-۰/۰۰۷	۰/۰۰۴
ساجدی×SKSH249	۰/۰۳	-۰/۰۴	۰/۱۵	۰/۱۹	-۰/۰۴	۰/۰۰۸	-۰/۰۳	-۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۱	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۰۶
شایان×SKSH249	۰/۲۵	۰/۰۹	۰/۳۱	۰/۴۲	۰/۲۴	۰/۰۷۱	۰/۱۳	۰/۰۶	۰/۱۸	۰/۲	۰/۱۷	۰/۲۱	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۰۷

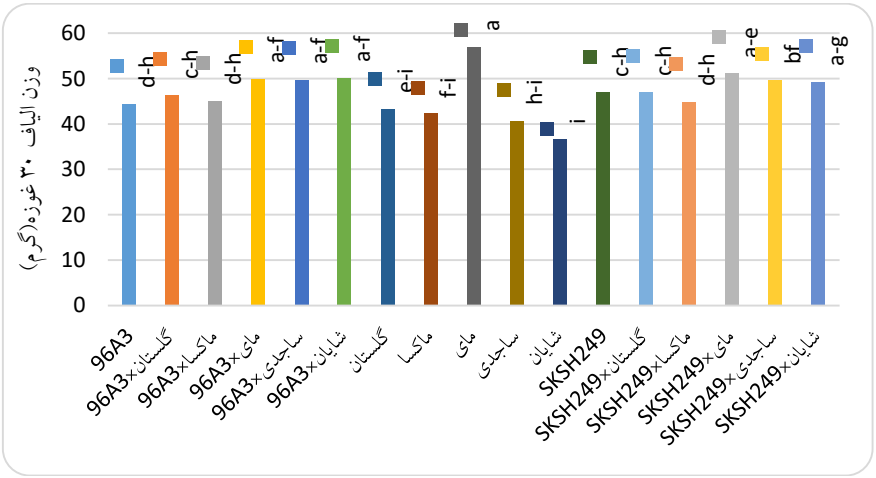
MP: میانگین والدین، HP: والد برتر، HCH: رقم شاهد برتر.



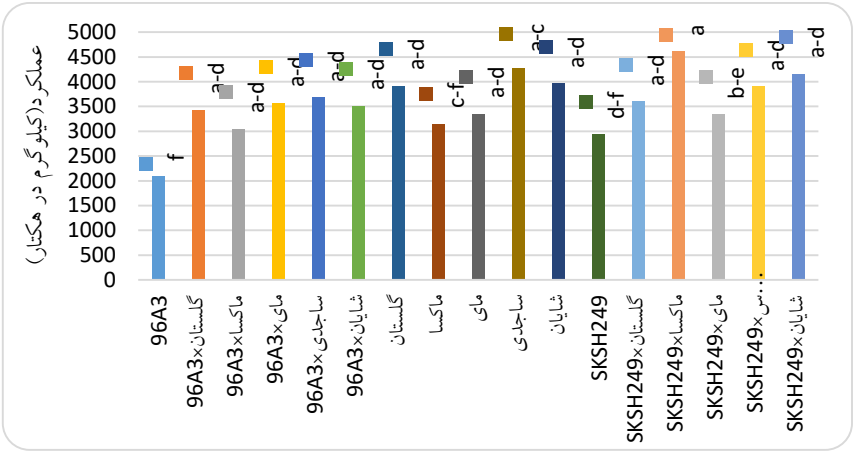
شکل ۱-مقایسه میانگین ارتفاع بوته هیبریدهای پنبه نسبت به والدین



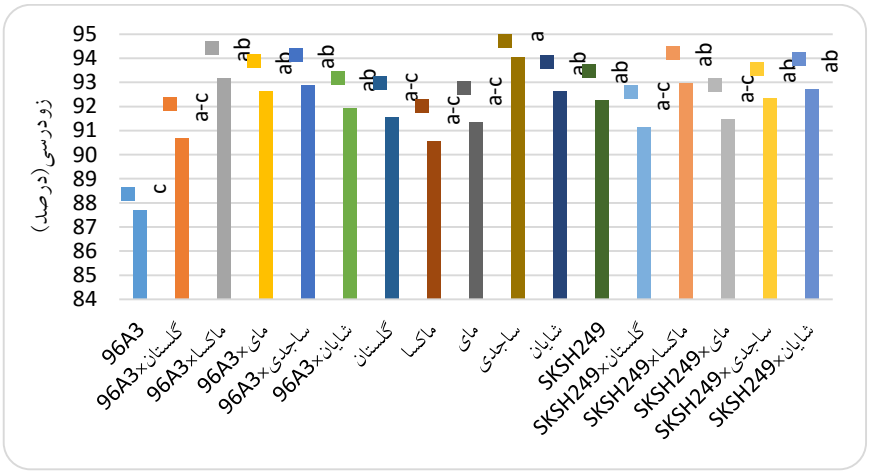
شکل ۲- مقایسه میانگین تعدادغوزه در هیبریدهای پنبه نسبت به والدین



شکل ۳- مقایسه میانگین وزن الیاف هیبریدها نسبت به والدین پنبه



شکل۴- مقایسه میانگین عملکرد هیبریدهای پنبه نسبت به والدین



شکل۵- مقایسه میانگین درصد زودرسی هیبریدها نسبت به والدین پنبه

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، ۲۰۲۲). 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 ا ست. مقایسه میانگین صفات بین ژنوتیپ‌ها در ایستگاه کارکنده در جدول۴نمایش داده شده ا ست. برا ساس نتایج مقایسه میانگین (شکل۱)، بالاترین عملکرد وش به دست آمده در بین هیبریدها بترتیب هیبریدهای SKSH249 × مای، SKSH249 × شایان و SKSH249 × ساجدی با میانگین عملکرد (۴۶۱۰، ۴۱۵۰ و ۳۹۰۰ کیلوگرم در هکتار) بودند. از نظر درصد زودرسی الیاف هیبرید های A396 × ماکسا، SKSH249 × ماکسا، A396 × ساجدی، SKSH249 × شایان، A396 × مای و SKSH249× ساجدی بترتیب با میانگین (۹۳/۱۹، ۹۲/۹۸، ۹۲/۹۰، ۹۲/۷۲، ۹۲/۶۴ و ۹۲/۳۳ درصد) بیشترین زودرسی را به خود اختصاص دادند که با سایر هیبریدها اختلاف معنی‌داری دا شتند. بنابراین هیبریدهای SKSH249 × مای، SKSH249 × شایان و SKSH249 × ساجدی به عنوان برترین هیبریدهای تولید شده و امیدبخش از نظر عملکرد وش انتخاب شدند.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله مایلند، از کارشناسان محترم موسســـه تحقیقات پنبه کشــور آقایان مهندس بیانی جعفری مفید آبادی که در اجرای این تحقیق همکاری نمودند تشکر و قدردانی کنند.

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-meditated 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 interspesific crosses of tetraploid cotton (G. hirsutum xG. 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× 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 heritibility 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-herbaceum 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.