مجله پژوهش‌های پنبه ایران
جلد دهم، شماره اول، ۱۴۰۱
۹۲-۷۱
www.jcri.ir

تجزیه ژنتیکی و هتروزیس پارامترهای کیفی الیاف در پنبه با استفاده از طرح تلاقی کارولینای شمالی NCII

رسمیه حمید[۱]، مسعود شهسواری [۳]، عمران عالیشاه[۲]*

[۱و ۲] استادیار و استاد بخش بهنژادی موسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات اموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
۳. گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۳۱

چکیده

سابقه و هدف: هیبریدها پتانسیل خود را برای افزایش عملکرد و ثبات عملکرد نشان داده‌اند. آگاهی از میزان هتروزیس، چه نسبت به والد (والدین متوسط یا بهتر) یا والد تجاری شاهد، در ارزیابی اینکه آیا هیبریدها عملکرد بهتری نسبت به واریته‌های موجود دارند، مهم است. این اطلاعات می‌تواند بر تصمیم برای سرمایه‌گذاری در توسعه هیبریدها تأثیر بگذارد. این پژوهش به‌منظور برآورد اثرات ژنی، وراثت‌پذیری، هتروزیس و شناسایی روش‌های مناسب بهنژادی جهت بهبود پارامترهای کیفیت و عملکرد الیاف، و تعیین کارآمدترین روش گروه‌بندی هتروتیک برای طبقه‌بندی لاین‌ها انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تعداد ۷ ژنوتیپ مادری و سه ژنوتیپ پدری پنبه از گروه‌های مختلف هتروتیکی در سال زراعی ۱۴۰۰ در یک طرح کارولینای شمالی (II) با یکدیگر تلاقی داده شدند. سه مجموعه از هیبریدهای تولید شده به‌همراه والدین آنها در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه آزمایشی ایستگاه تحقیقاتی‌هاشم آباد مؤسسه تحقیقات پنبه کشور کشت گردیدند.

یافته‌ها: بررسی تجزیه واریانس پارامترهای کیفی و کمی الیاف نشان داد که اثر ماده‌ها، اثر نرها و اثر متقابل بین نرها و ماده‌ها برای همه پارامترهای مورد بررسی به‌استثنای حداکثر یکنواختی معنیدار بود. بررسی پارامترهای ژنتیکی نشان داد که ویژگیهای کیفی تحت تأثیر آثار افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها قرار دارند. سهم آثار غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی حداکثر یکنواختی بیشتر از آثار افزایشی بود، درحالیکه برای میکرونری استحکام و ۲۵ درصد طول الیاف، سهم آثار افزایشی بیشتر بود. مقادیر بالای برآورد وراثتپذیری خصوصی نشان داد که بروز پارامترهای کیفی بیشتر تحت تأثیر آثار ژنتیکی است. با توجه به وجود آثار افزایشی و برآورد وراثتپذیری

*نویسنده مسئول: omran_alishah@yahoo.com

خصوصی پایین در صفت درصد کیل، استفاده از برنامه‌های اصلاحی مبتنی بر تلاقی و سپس جهت بهبود این صفت، امیدبخش خواهد بود. برای سایر پارامترهای کیفی، برآورد وراثتپذیری خصوصی بالا بود. بنابریان، استفاده از برنامه‌های به‌نژادی مبتنی بر انتخاب جهت بهبود این صفات، امیدبخش است. بررسی هتروزیس نسبی بر اساس میانگین والدین نشان داد که دامنه هتروزیس از ۲/۷۳- تا۷/۸۷ درصد1، از ۴/۵۲ تا ا ۲۲/۲۳درصد، از ۰/۰۵- تا ۴/۳۲ درصد و از ۱/۲۵ تا ۶/۵۵ درصد، به‌ترتیب برای صفات میکرونری، استحکام، کشش و شاخص کیفیت الیاف وجود داشت.

نتیجه گیری: این نتایج نشان داد که از آنجایی که در کنترل کیفیت الیاف، هم اثرات افزایشی و هم اثرات غیر افزایشی نقش دارند، می‌توان با انتخاب روش اصلاحی مناسب مثل انتخاب دوره‌ای، امکان تجمیع ژن‌های مناسب افزایشی را بالا برد و فرصت بهره‌برداری از واریانس غالبیت را فراهم نمود. این نتایج مبنایی برای تسریع توسعه هیبریدهای با کیفیت الیاف بالا در پنبه فراهم می‌کند.

واژه‌های کلیدی: ترکیب‌پذیری، وراثت پذیری، هیبیراسیون، پنبه

مقدمه

پنبه (*Gossypium* sp) از مهمترین محصولات استراتژیک کشاورزی به شمار می‌آید و از جمله نباتات صنعتی است که ارتباط بین دو بخش کشاورزی و صنعت را فراهم نموده و نقش بسیار با ارزشی در اقتصاد کشورها ایفا می‌نماید (حمید و همکاران، ۲۰۱۸). پنبه از مهم‌ترین و اصلی‌ترین گیاهان تولیدکننده الیاف طبیعی است که در صنایع متنوع و گوناگون مصرف دارد. پنبه پیشروترین محصول لیفی طبیعی در جهان است. پنبه به عنوان محصول نقدی مهم در کشورههای پنبه کار جهان به شمار می شود، و در صنعت نساجی روغن کشی و پرورش دام ابه کار می‌رود، و نقش کلیدی در اقتصاد ملی ایفا می کند (حمید و همکاران، ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰). کیفیت الیاف یک ژنوتیپ خاص پنبه ترکیبی از ویژگی‌های مختلف از جمله طول الیاف، استحکام الیاف، ظرافت و کشش الیاف است این صفات اهمیت فردی خود را در واحدهای ریسندگی، بافندگی و رنگرزی دارند (کالیاپرومال و همکاران، ۲۰۱۳). خواص طول و استحکام الیاف عمدتاً بر پردازش نساجی تأثیر می گذارد (کوهل، ۱۹۹۹). علاوه بر این، یکنواختی الیاف نیز برای صنعت نساجی ارزش فوق العاده ای دارد، و با کارآمید ریسندگی و بافندگی الیاف، همبستگی زیادی دارد. با این حال، این صفات به ویژه ظرافت الیاف به شدت تحت تأثیر محیط و ریخته ژنتیکی ارقام می‌باشند (پرسی و همکاران، ۲۰۰۶). آهوجا و همکاران (۲۰۰۳) پیشنهاد کردند که توسعه ارقام یا هیبریدهای با طول و استحکام الیاف بالا برای کارخانه‌های ریسندگی مدرن مورد نیاز است. از آن زمان تاکنون، بهبود کیفیت الیاف در ژنوتیپ‌های غالب هیرسوتوم، برای برآورده ساختن الزامات رشد صنعت فرآوری و نساجی، تبدیل به یکی از اهداف مهم به نژادگران پنبه شده است (فنگ و همکاران، ۲۰۱۷). ارقام تجاری فعلی پنبه

آپلند تنوع محدودی برای این صفات کیفی الیاف دارند. تقاضای گسترده پنبه با ویژگی‌های الیاف برتر نیز به یکی از اساسی ترین برنامه بهنژادی موسسات تحقیقاتی پنبه تبدیل شده است، و دستورالعمل‌های زیادی برای آن توسعه یافته است. موفقیت این صفات به شناسایی ژنوتیپ‌هایی با توانایی انتقال پتانسیل تولید بالا به ترکیبات ژنوتیپی خاص بستگی دارد (اقبال و همکاران، ۲۰۰۳). هتروزیس برتری عملکرد ترکیبات ژنوتیپی F1/F2 نسبت به والدین است و در تعیین مناسب ترین والدین برای بهبود صفات خاص مفید است (چن و همکاران، ۲۰۲۲). امروزه توسعه و رهاسازی هیبریدها به عنوان یک رقم تجاری اهمیت بسیار زیادی کسب کرده است.

پنبه از جمله گیاهانی است که هم برای هتروزیس و هم در بهره وری از نوترکیبی برای بسیاری از صفات پیشرفت‌های بسیار قابل قبول داشته است. هتروزیس به طور قابل ملاحظه ای به عنوان یکی از روش‌های موثر و کاربردی مهم در برنامه‌های بهنژادی پنبه به شمار می رود (اشنبل و همکاران، ۲۰۱۳، شهزاد و همکاران، ۲۰۱۹). میزان هتروزیس برای صفات مختلفی از جمله عملکرد، کیفیت الیاف و صفات مورفولوژیک پنبه از جنبه‌های ژنتیکی و فیزیولوژیکی مورد مطالعه قرار گرفت (یو و همکاران، ۲۰۲۰). براساس مطالعات انجام شده میزان هتروزیس برای عملکرد وش پنبه از ۱۵/۵ درصد تا ۳۵ درصد متغیر بود (شی و همکاران، ۲۰۲۱). چن و همکاران (۲۰۲۲) میزان افزایش عملکرد (هتروزیس) هیبریدهای حاصل از تلاقی ارقام محلی با ارقام تراریخته را نسبت به واریته‌های غیرهیبرید ۲۰ درصد گزارش نمودند. باسل (۲۰۱۱) و آهوجا و همکاران، (۲۰۰۷) نیز هتروزیس صفات کیفی الیاف را ۵ تا ۱۰ درصد گزارش نمودند.

از ویژگی‌های دیگر هیبریدها می‌توان به سازگاری و پایداری عملکرد، مقاومت بیشتر به آفات و بیماری‌ها و تنش‌های محیطی، یکنواختی در سبز شدن، همزمان‌رسی محصول، اشتغال‌زایی و برتری برخی خصوصیات کیفی الیاف اشاره کرد (عالیشاه، ۲۰۱۷). بلوچ (۲۰۰۴)، یکی از مزیت‌های ارقام هیبرید را کاهش بذر مصرفی در واحد سطح (به میزان ۹۰ درصد) اعلام کرد. محققین بسیاری مطالعات متعددی در ارتباط با هتروزیس عملکرد و صفات مربوط به عملکرد انجام داده اند، اما کار کمی در مورد ژنتیک و هتروزیس پارامترهای کیفیت الیاف در بهنژادی پنبه گزارش شده است. پنگ و همکاران (۲۰۱۵)، گزارش کرده‌اند که ژنوتیپ‌های پنبه در هتروزیس صفات کیفی الیاف متفاوت هستند. تخمین عملکرد و هتروزیس اطلاعات مفیدی در مورد میزان بهبود خصوصیات الیاف مواد اصلاحی از طریق انتخاب ارائه می دهد. بنابراین، هدف مطالعه حاضر برآورد اثرات ژنی، وراثت‌پذیری، برآورد ترکیب‌پذیری، و برآورد اثرات هتروزیس در ترکیبات هیبردی F1، و شناسایی روشهای مناسب اصلاحی جهت بهبود پارامترهای کیفی الیاف در پنبه انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد ژنتیکی: تعداد ۷ ژنوتیپ مادری و سه ژنوتیپ پدری (جدول ۱) پنبه از گروه‌های مختلف هتروتیکی در سال زراعی ۱۴۰۰ در یک طرح کارولینای شمالی (II) در ایستگاه تحقیقاتی کارکنده مؤسسه تحقیقات پنبه کشور با یکدیگر تلاقی داده شدند. قطعات کراسینگ بلوک شامل چهار خط مادری و دو خط پدری (والد گرده دهنده) بودند. فواصل خطوط کشت در لاین‌های مادری ۱۲۰ سانتی‌متر و فواصل خطوط کشت لاین‌های پدری ۸۰ سانتی‌متر و فواصل بوته روی خطوط نیز برای هر دو گروه والد ۴۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در نیمه دوم تیر ماه با شروع گل‌دهی عملیات تلاقی آغاز شد و به مدت تقریباً چهار هفته ادامه یافت. برای این منظور گل‌های والدین مادری در ساعت ۱۶ تا ۱۸ بعدازظهر عقیم‌سازی و با الیاف پنبه ایزوله‌سازی شدند و عملیات گرده‌دهی در صبح روز بعد (ساعت ۹ تا ۱۱) انجام گرفت و گل‌های تلقیح شده (با الیاف پنبه) 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.

جدول ۱: اسامی ژنوتیپ‌های والدینی مورد استفاده و مشخصات زراعی آنها

پایه	نام رقم	منشاء	برخی ویژگی‌های مهم زراعی
مادری	ماکسا	ترکیه	تیپ نیمه باز، متراکم، پرپشت، مقاومت به بیماری پژمردگی ورتیسیلیومی
	شایان	ایران	زودرس، عملکرد بالا و پایداری و سازگاری مناسب
	مای	ترکیه	زودرس، نسبتاً مقاوم به بیماری پژمردگی ورتیسیلیومی
	ساجدی	ایران	پرمحصول، بسیار زودرس، تیپ نیمه بسته، مناسب برداشت مکانیزه
	خورشید	ایران	متحمل به شوری، نسبتا حساس به بیماری پژمردگی‌ورتیسلیومی مناسب برداشت ماشینی، کیفیت الیاف مناسب
	گلستان	ایران	پرمحصول وزودرس، متحمل به تنش شوری و خشکی، مناسب کشت دوم، امکان برداشت مکانیزه
	لطیف	ایران	دارای عملکرد خوب و کیفیت الیاف مطلوب
پدری	96A3	ایران	رقم تجاری معرفی شده در سال ۱۳۴۶، مناسب مناطق مرکزی و شرقی کشور، کیفیت الیاف ممتاز و حساس به بیماری پژمردگی ورتیسیلیومی
	SKSH	یونان	زودرس، پرمحصول، متحمل به تنش‌های محیطی (شوری و خشکی)
	تابان	ایران	زودبازده، پتانسیل غوزه دهی مناسب، پرمحصول، کیل و خواص کیفی الیاف مطلوب، تحمل به شوری

هیبریدهای F1 تولید شـده به همراه والدین، در سـال زراعی ۱۴۰۱ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار، در دو ایستگاه تحقیقاتی‌هاشم‌آباد و کارکنده مورد بررسی قرار گرفتند. هر یک از تیمارها در چهار خط شش متری و با الگوی کاشت ۲۰× ۸۰ سانتی‌متر در کرت‌های آزمایشی کشت شدند. عملیات داشت و برداشت مطابق اصول متعارف ایستگاه‌های تحقیقاتی پنبه انجام پذیرفت. صفاتی که در این مرحله مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند شامل عملکرد، زودرسی (شاخص رسیدگی) (فرمول ۱)، وزن غوزه، تعداد غوزه در بوته، ارتفاع بوته، عملکرد الیاف، درصد کیل، طول الیاف، یکنواختی، استحکام، ضـریب میکرونری (ظرافت الیاف) و شـاخص کیفیت الیاف (فرمول ۲) بودند (فهر و همکاران، ۱۹۸۷). اندازه‌گیری عملکرد لاین‌ها و هیبریدها پس از حذف خطوط حاشـیه، از دو خط وسـط انجام شـد. برای اندازه گیری وزن غوزه، درصد کیل و سایر صفات کیفی الیاف، نمونه‌های ۲۰ غوزه از هر کرت آزمایشی گرفته شـد و هر نمونه به طور جداگانه جین‌زنی و توزین شـدند. الیاف هر نمونه آزمایشـی نیز به آزمایشگاه تجزیه کیفی الیاف منتقل و با استفاده از دستگاه اتوماتیک HVI اندازه‌گیری و آنالیز شدند.

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

فرمول ۲ $I=(Fl\times Stg\times Hom)/Mic$

که در رابطه‌های فوق، EI شاخص زودرسی، Y1، Y2 و Yn عملکرد چین‌های اول، دوم و nام، QI شاخص کیفیت الیاف، Fl طول الیاف، Stg استحکام الیاف، Hom یکنواختی الیاف و Mic میکرونری الیاف است.

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؛

فرمول ۳ $HMP= [F1-MP]/MP$

فرمول ۴ $HPH= [F1-(HP)]/HP$

فرمول ۵ $HCH = [F1-CP]/CP$

F1 عملکرد هیبریدهای F1، MP میانگین عملکرد دو والد، HP عملکرد والد برتر و CH عملکرد رقم تجاری است.

محاسـبه واریـانس ژنتیکـی، افزایشـی و غالبیـت بوسیله تجزیه کارولینای شمالی design II و از طریق واریانس بـین نرهـا، اثر متقابل نر×ماده انجام شد. با توجه به اینکه از میانگین داده‌های ده بوته انتخابی از هر کرت که قبلاً علامت‌گـذاری شده بود، برای تجزیه آماری اسـتفاده گردیـد لـذا منـابع درون نتاجی درجدول تجزیه واریانس آورده نشد.

برای محاسبه پارامترهای ژنتیکی از فرمول زیر استفاده شد (فرشادفر ۱۹۹۸):

واریانس بین نرها $\sigma 2M = \frac{MsM-MsM.F}{fr}$

1- Heterobeltiosis

واریانس بین ماده‌ها $\sigma 2M = \frac{Msf-MsM.F}{mr}$

واریانس نر ماده $\sigma 2M = \frac{MsM.f-Mse}{r}$

که با فرض F=1 بدلیل اینبرد لاین بودن والدین و عدم وجود اپیستازی

$\sigma^2F = \sigma^2_M = cov(H.S) = {}^1/4\sigma^2_A$

$\sigma^2_{M.F} = cov(F.S) - 2cov(H.S) = 1/4\sigma 2_D$

$MSe = \sigma_e^2$

واریانس افزایشی $4\times\sigma^2_F$ یا $\sigma_A{}^2 = 4\times \sigma^2_m$

در صورت عدم وجود اثرات مادری این دو واریانس افزایشی با هم برابرند. لذا از پولینگ آنها می توان برای برآورد واریانس افزایشی استفاده نمود. با توجه به منفی بودن واریانس افزایشی برای اکثر صفات مورد مطالعه عمل پولینگ انجام نگرفت

وراثت پذیری عمومی $h2b = \frac{\sigma 2G}{\sigma 2G+\sigma 2e}$

وراثت پذیری خصوصی $h2N = \frac{\sigma 2A}{\sigma 2A+\sigma 2D+\sigma 2e}$

درجه غالبیت $\alpha = \sqrt{\frac{2\sigma_D^2}{\sigma_A^2}} = \sqrt{\frac{2\sigma_{M.F}^2}{\sigma_M^2}}$

برای آزمون معنی‌دار بودن واریانس افزایشی از فرمول زیر استفاده شد. از 2 برابر و 3 برابر خطای معیار استاندارد واریانس افزایشی و غالبیت به ترتیب جهت آزمون معنی‌دار بودن در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد استفاده شد.

رابطه ۱ $var(\sigma_A^2) = \left\{\frac{32}{r^2 f^2}\right\}\left[\frac{MS_M^2}{df_m+2} + \frac{MS_{MF}^2}{df_{m.f}+2}\right]$

رابطه ۲ $var(\sigma_D^2) = \left\{\frac{32}{r^2}\right\}\left[\frac{MS_{FM}^2}{df_{m.f}+2} + \frac{MS_E^2}{df_e+2}\right]$

رابطه ۳ $SE(\sigma_A^2) = \sqrt{\frac{Var(\sigma_A^2)}{rf}}$

رابطه ۴ $SE(\sigma_D^2) = \sqrt{\frac{Var(\sigma_D^2)}{r}}$

تجزیه و تحلیل آماری شامل تجزیه واریانس داده‌های آزمایشی (ANOVA) و مقایسه میانگین صفات به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن، آنالیز کارولینای شمالی II با استفاده از نرم افزار SAS (SAS Institute, 2004) انجام شد. ضرایب همبستگی پیرسون متغیرهای آزمایشی و همچنین برای میانگین ارزش صفت در والدین با قابلیت ترکیب پذیری خصوصی ($r_{SCA,MP}$) و میانگین ارزش صفت در والدین (نر و ماده) با F1 مربوطه($r_{F1\text{-}MP}$) با استفاده از نرم افزار SPSS تعیین 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 نشـان داد که لاین‌های مورد آزمایش برای صـفات مورد مطالعه یعنی عملکرد الیاف، درصد کیل، ظرافت الیاف، ۲۵ درصد طول الیاف، اسـتحکام، کشش، یکنواختی و شاخص کیفیت با یکدیگر در سـطح احتمال ۱درصـد تفاوت معنی‌دار دارند. علاوه بر این بین والدین و هیبریدها تنوع قابل توجهی برای صـفات اندازه‌گیری شـده مشـاهده شـد. این امر بیانگر وجود تفاوت‌های ژنتیکی بین ارقام و تلاقی‌های ایجاد شده از نظر صفات مورد ارزیابی است. بنابراین تجزیه و تحلیل ژنتیکی براساس طرح کارولینـای شـمالی برای آنها وجود دارد و می‌توان تغییرات ژنتیکی موجود بین ژنوتیپ‌ها را به اجزای واریانس افزایشی و غیر افزایشی تقسیم کرد.

نتایج تجزیه طرح کارولینای شـمالی II صـفات نشـان داد که واریانس بین لاین‌های پدری از نظر صـفات ۲۵ درصـد طول الیاف، اسـتحکام، کشـش، یکنواختی و شـاخص کیفیت در سـطح احتمال یک درصـد معنی‌دار بود (جدول ۲) که حاکی از .وجود تنوع ژنتیکی بین لاین‌های پدری از نظر این صـفات می‌باشد. واریانس لاین‌های مادری از نظر صـفات عملکرد الیاف و درصـد کیل در سـطح احتمال یک درصـد و از نظر صـفت ظرافت الیاف در سـطح ۵ درصـد معنی‌دار بود، که بیانگر تنوع ژنتیکی میان لاین‌های مادری در مود این صفات بود. اثر متقابل والد پدری در والد مادری در صفات میکرونری، طول الیاف، اسـتحکام، کشش، یکنواختی و شاخص کیفیت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. اثر بلوک در اکثر صفات در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد، که بیانگر مفید بودن بلوک‌بندی در این آزمایش است.

با توجه به جدول تجزیه واریانس، با اسـتفاده از امید ریاضـی میانگین مربعات والدین پدری و اثر متقابل والدین پدری در ماده، اجزای واریانس ژنتیکی (واریانس افزایشـی و واریانس غالبیت) محاسـبه گردید و سپس با استفاده از آنها پارامترهای درجه غالبیت، وراثت پذیری‌عمومی و خصوصی (جدول ۳)، نسبت واریانس GCA: SCA صفات مورد مطالعه محاسبه گردید. 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). نتایج بدست آمده نشـان می‌دهد که برای همه صـفات مورد بررسـی مقدار واریانس افزایشـی مثبت بود اما مقدار آن بسـیاری از صـفات بسـیار کوچک بود. یه این معنی که اثر ژن در این صـفات افزایشـی اسـت. مقدار وراثت‌پذیری خصوصی برای صفت ظرافت الیاف (میکرونری) ۹۳/۲، صفت ۲۵ درصد طول الیاف ۹۸/۶۹، اسـتحکام ۹۴/۹۴، کشـش ۹۶/۷۵، یکنواختی ۹۸/۴۳، و شاخص کیفیت ۹۹/۵۵ بود. برآورد وراثت‌پذیری خصـوصـی در مورد صـفت درصـد کیل پایین بود (۴۶/۶۲)، و گویای وجود آثار غیرافزایشـی در کنترل ژنتیکی این صـفت اسـت. بالا بودن وراثت‌پذیری خصـوصـی برای دیگر صـفات، نشـان دهنده نقش آثار

افزایشی در کنترل ژنتیکی این صفات است. نتایج مشابهی توسط لیانگ لیانگ و همکاران (۲۰۲۳) نیز به نتایج مشابهی برای صفات ظرافت الیاف و یکنواختی الیاف گزارش شده است. اقبال و همکاران (۲۰۱۵) نیز نقش آثار افزایشی در کنترل صفات کیفی الیاف گزارش دادند. باسل و همکاران (۲۰۱۱)، نقش مشترک آثار غالبیت و افزایشی را برای صفات عملکرد الیاف و درصد کیل گزارش دادند. آهوجا و همکاران (۲۰۰۷)، نیز استفاده از روش‌های اصلاحی مبتنی بر انتخاب را برای صفات مرتبط با کیفیت الیاف گزارش کردند.

به‌طورکلی برآورد اجزای واریانس ژنتیکی، وراثت پذیری عمومی و خصوصی، درجه غالبیت حاکی از آن است که عمل ژن در تمامی مکان‌های ژنی برای صفات ظرافت الیاف، ۲۵ درصد طول الیاف، استحکام و کشش به صورت فوق غالبیت (d <1) و در دیگر صفات عمل ژن به صورت غالبیت نسبی (d>1) می‌باشد. ژانگ و همکاران (۲۰۱۷)، به نقش اثرات فوق غالبیت در کنترل ظرافت الیاف اشاره کرده و صفات یکنواختی، عملکرد الیاف، و درصد کیل را تحت کنترل هر دو نوع اثرات افزایشی و غالبیت دانسته‌اند. برای اصلاح صفات مورد بررسی با توجه به نقش بیشتر واریانس افزایشی در کنترل صفات و بالا بودن وراثت‌پذیری خصوصی در اکثر آنها استفاده از دو روش گزینش و دورگ‌گیری به صورت توام می‌تواند جهت بهبود صفات در هیبریدها بیشتر موثر واقع شود به این معنی که لاین‌های اینبردی که در دورگ‌گیری بکار می‌روند بایستی قبلا از یک جمعیت آزادگرده افشان یا یک جمعیت سنتتیک، مورد گزینش قرار گیرند.

جدول ۲: نتایج آنالیز کارولینای شمالی در ایستگاه‌هاشم آباد

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)							
		درصد کیل	عملکرد الیاف	میکرونری	طول الیاف	استحکام	کشش	یکنواختی	شاخص کیفیت
تکرار	۳	۰/۵۱*	۲۳/۹۱^{ns}	۰/۰۲**	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۱**	۰/۱۹*	۰/۰۷^{ns}
هیبرید	۲۰	۰/۰۰۰۰۵**	۱۹۱/۳۷**	**۰/۳۳	۱/۶۳**	۰/۰۳**	۰/۰۷**	۲/۸۲**	۲/۵۳**
والد پدری	۲	۰/۰۰۰۰۰۰۷^{ns}	۵۰/۶۳^{ns}	۰/۶۷^{ns}	۷/۳۱**	۰/۱۵**	۰/۳۶**	۱۷/۱۳**	۱۲/۹۹**
والد مادری	۶	۰/۰۰۰۰۲*	۵۶۷/۷۴**	۰/۲۱^{ns}	۱/۱۸^{ns}	۰/۰۲۴^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۱/۹۵^{ns}	۱/۷۸^{ns}
پدری*مادری	۱۲	۰/۰۰۰۰۰۲۹۴^{ns}	۲۷/۶۴^{ns}	۰/۳۳**	۰/۸۹**	۰/۰۱۷**	۰/۰۲**	۰/۸۶**	۱/۱۵**
اشتباه (بین‌نتاج)	۶۳	۰/۰۰۲۱	۵۷/۲۱	۰/۰۰۶۳	۰/۰۰۶۳	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۶	۰/۰۱۴	۰/۰۰۳۴
ضریب تغییرات (درصد)	۵/۲۶	۱۲/۰۰	۸/۰۴	۰/۲۵	۰/۴۲	۰/۳۷	۰/۱۳	۰/۲۲	

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

جدول ۳: برآورد اجزای ژنتیکی، وراثت‌پذیری‌ها، درجه غالبیت، در هیبریدهای پنبه با استفاده از طرح کاورلینای شمالی II

	عملکرد الیاف	میکرونری (ug/inch)	طول الیاف (mm)	استحکام (g/text)	کشش (٪)	یکنواختی (٪)	شاخص کیفیت	درصد کیل
واریانس نرها (m)	۰/۲۳	۰/۰۱	۰/۲۳	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۵۸	۰/۴۲	۰/۰۰
واریانس ماده‌ها (f)	۱۰/۰۵	-۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۰
واریانس اثر متقابل نرها*ماده‌ها (m*f)	-۰/۲۰	۰/۰۸	۰/۲۲	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۲۱	۰/۲۹	۰/۰۰
واریانس افزایشی (V_A)	۱۰/۲۷	۰/۰۰	۰/۲۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۶۷	۰/۴۷	۰/۰۰
واریانس غالبیت (V_D)	-۰/۲۰	۰/۰۸	۰/۲۲	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۲۱	۰/۲۹	۰/۰۰
واریانس محیطی (V_E)	۱۵/۸۹	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰
واریانس فنوتیپی (V_P)	۲۵/۹۶	۰/۰۹	۰/۴۸	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۹۰	۰/۷۷	۰/۰۰
وراثت پذیری عمومی (h^2B)	۳۹/۵۷	۳/۲۵	۵۲/۴۹	۵۳/۲۸	۶۲/۸۴	۷۴/۶۹	۶۱/۸۸	۴۱/۹۶
وراثت پذیری خصوصی (h^2N)	۳۸/۷۸	۹۳/۲	۹۸/۶۹	۹۴/۹۴	۹۶/۷۵	۹۸/۴۳	۹۹/۵۵	۴۶/۶۲
درجه غالبیت (d)	۰/۰۰	۷/۴۳	۱/۳۳	۱/۲۵	۱/۰۴	۰/۸۰	۱/۱۰	۰/۴۷

اثرات SCA صفات مربوط به عملکرد، اجزای عملکرد، و صفات مرتبط با کیفیت الیاف: برای صفات عملکرد الیاف اثرات مثبت و معنی‌دار GCA و SCA مطلوب هستند و برتری لاین‌های والدینی (GCA) یا ترکیب‌های هیبریدی (SCA) را نشان می‌دهند. برآوردهای SCA برای عملکرد الیاف از ۳/۷۵ درصد برای تلاقی تابان×لطیف تا ۰/۳۸- برای تلاقی SKSH249×خورشید متفاوت بود (جدول ۴). تخمین SCA برای صفات مرتبط با کیفیت الیاف نشان داد که میزان ترکیب‌پذیری خصوصی برای اکثر ترکیبات هیبریدی مثبت و معنی‌دار است ($P < 0.01$). از میان صفات میکرونری، استحکام، کشش، طول و یکنواختی الیاف بیشترین میزان ترکیب‌پذیری خصوصی مربوط به صفت استحکام و هیبرید لطیف×تابان بود. تلاقی مای×تابان نیز برای اکثر صفات مرتبط با کیفیت الیاف ترکیب‌پذیری خصوصی منفی نشان داد. از میان ۲۱ ترکیب هیبریدی ۱۲ هیبرید حاصل از تلاقی با لاین خارجی (والدهای هتروتیک) برای صفت درصد کیل ترکیب‌پذیری مثبت و معنی‌دار نشان دادند، به نظر می‌رسد تلاقی یک لاین خارجی با لاین داخلی در افزایش درصد کیل نقش مثبتی داشته باشد.

برآورد نسبت واریانس قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی به قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی: برآوردهای GCA برای عملکرد الیاف از ۳/۵۹ درصد (والد مادری مای) تا ۴/۷۴ – (والد مادری خورشید) متغیر بود. والدهای مادری لطیف، شایان، و ساجدی و والدین پدری تابان و SKSH249 اثرات GCA مثبت و معنی‌داری برای صفت عملکرد الیاف نشان داشتند در حالی که والد پدری 96A3، و والدین مادری گلستان، خورشید و ماکسا به طور قابل توجهی GCA منفی برای این صفت نشان دادند (جدول ۵). برخورداری از قابلیت ترکیب پذیری عمومی مثبت و معنی دار برای صفت عملکرد الیاف

این ژنوتیپ‌ها را در زمره والدهای مطلوب برای بهبود این صـــفت قرار می دهد (حامد و همکاران، ۲۰۲۱). برآوردهای GCA برای برای صـــفات مرتبط با کیفیت الیاف نشـــان می‌دهد که از میان والدین پدری دو والد 96A3 و تلبان و والدین مادری لطیف و ماکســـا به عنوان ترکیب کننده‌های خوبی برای بهبود کیفیت الیاف و افزایش درصد کیل می‌باشند. در مطالعه‌ای زنگی و همکاران، در تجزیه دورگ‌های حاصـــل از تلاقی دای آلل ۴ رقم پنبه از گونه‌های *G.barbadense* و *G. hirsutum* نشـــان دادند که از میان ارقام والدینی دو رقم از گونه *G.barbadense* دارای بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی بودند (زنگی و همکاران، ۲۰۰۹).

جدول ۴: توانایی‌های ترکیبی خصوصی حاصل از تجزیه و تحلیل NC II صفات مربوط به عملکرد الیاف و صفات مرتبط با کیفیت الیاف

	عملکردالیاف (kg)	میکرونری (ug/inch)	طول الیاف (mm)	استحکام	کشش	یکنواختی	شاخص کیفیت
SCA m1*f1	۲/۱۹*	۰/۰۷*	-۰/۳۷***	-۰/۹۴***	-۰/۱۴***	-۰/۱۸*	-۰/۳۷***
SCA m1*f2	۰/۵۱*	۰/۰۱ns	-۰/۱۵***	-۱/۳۱***	-۰/۰۸***	-۰/۱۷ns	-۰/۱۸***
SCA m1*f3	۲/۲۵**	۰/۳***	-۰/۴۵***	۱/۹۴***	۰/۰۸***	-۰/۴***	-۰/۵۲***
SCA m1*f4	۰/۶۶ns	-۰/۰۲ns	۰/۴۴***	-۱/۰۸***	-۰/۰۲ns	۰/۲۴*	۰/۴۵***
SCA m1*f5	-۱/۴ns	-۰/۱۷***	۰/۴۷***	۱/۳۹***	۰/۰۴**	۰/۲۷**	۰/۴۸***
SCA m1*f6	۰/۸۵*	-۰/۱۸***	-۰/۰۳ns	۰/۰۱ns	۰/۰۸***	-۰/۱۳ns	-۰/۰۷ns
SCA m1*f7	۰/۱۴ns	-۰/۰۱ns	۰/۱**	۱/۷۲***	۰/۰۱ns	۰/۳۵***	۰/۲***
SCA m2*f1	۲/۸۴**	-۰/۱۳***	۰/۰۴ns	۱/۱۳***	۰/۰۸***	-۰/۱۳ns	-۰/۰۱ns
SCA m2*f2	۰/۳۵ns	۰/۰۱ns	۰/۰۶ns	-۰/۲۱***	۰/۰۲ns	-۰/۰۵ns	۰/۰۴ns
SCA m2*f3	-۰/۵۵ns	۰/۳۸***	-۰/۴۴***	-۱/۷۴***	-۰/۰۸***	-۰/۳۳***	-۰/۴۹***
SCA m2*f4	۱/۴۷*	-۰/۲***	۰/۱۳***	۰/۰۶***	۰/۰۶***	۰/۳۱***	۰/۲۱***
SCA m2*f5	-۰/۱۲ns	۰/۰۶ns	۰/۱۶***	۰/۳۷***	-۰/۰۶***	۰/۱۵ns	۰/۱۹***
SCA m2*f6	۰/۶۸ns	۰/۱۱***	-۰/۰۱ns	-۰/۲۴***	-۰/۰۸***	-۰/۲۵**	-۰/۰۹*
SCA m2*f7	۰/۹۴*	-۰/۲۳***	۰/۰۶ns	۰/۶۳***	۰/۰۵***	۰/۳***	۰/۱۵***
SCA m3*f1	۴/۵۳**	۰/۰۵ns	۰/۳۳***	-۰/۱۹***	۰/۰۶***	۰/۳***	۰/۳۸***
SCA m3*f2	۵/۰۲*	۰/۰۲ns	۰/۱**	۱/۵۲***	۰/۰۵***	۰/۲۱***	۰/۱۵***
SCA m3*f3	۶/۹۵**	-۰/۶۷***	۰/۸۹***	۳/۶۸***	۰ns	۰/۷۳***	۱***
SCA m3*f4	۱/۶۲*	۰/۲۱***	-۰/۵۷***	-۱/۱۴***	-۰/۰۸***	-۰/۵۵***	-۰/۶۷***
SCA m3*f5	۱/۸**	۰/۱۱***	-۰/۶۳***	-۱/۷۶***	۰/۰۲ns	-۰/۴۲***	-۰/۶۷***
SCA m3*f6	۱/۴۵**	۰/۰۷*	۰/۰۵ns	۰/۲۳***	۰ns	۰/۳۸***	۰/۱۶***
SCA m3*f7	۱/۶۸**	۰/۲۴***	-۰/۱۶***	۲/۳۵***	-۰/۰۶***	-۰/۶۵***	-۰/۳۴***

ns عدم اختلاف معنی‌دار **،***: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد *: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، m1، m2 و m3 به ترتیب عبارتند از والد پدری 96 A3، SKSH249 و تابان، f1 -f7 هم به ترتیب عبارتند از والدین مادری گلستان، خورشید، لطیف، ماکسا، مای، ساجدی و شایان

عالیشاه و همکاران (۲۰۰۲) با انجام تلاقی ۶*۶ در تلاقی‌های بین‌گونه‌ای و درون گونه‌ای پنبه نتیجه گرفتند که بهترین ترکیب شونده عمومی والد Siokra 324 از گونه*G. hirsutum* و والد Termez14 از گونه *G. barbadens* و هیبرید بین‌گونه‌ای Siokra324*Tabladila و Termez14*Tabladila بهترین ترکیب شونده صفت یکنواختی بودند. مقدار نسبت واریانس GCA/SCA برآورد شده برای تمامی صفات به غیر از عملکرد الیاف صفر برآورد شد و مقدار آن در تمامی این صفات به غیر از درصد کیل کمتر از یک برآورد شد. که بیانگر نقش عمده اثرات غیرافزایشی واریانس ژنتیکی در بروز این صفت می‌باشد و نتایج حاصل از برآورد اجزای واریانس ژنتیکی را نیز تایید می‌کند. خان و همکاران (۲۰۱۵)، با محاسبه نسبت واریانس GCA/SCA نشان دادند که نقش جزء غیر افزایشی واریانس ژنتیکی در وراثت صفات ارتفاع بوته، وزن غوزه، تعداد غوزه در بوته، عملکرد الیاف، ظرافت و یکنواختی الیاف بیشتر و مهمتر بوده است و مقدار این نسبت را برای صفات فوق (۰/۳۳، ۰/۲۵، ۰/۰۹ ۰/۱۲، ۰/۱۵، و ۰/۴۵) به ترتیب برآورد کردند.

جدول ۵: توانایی‌های ترکیبی عمومی حاصل از تجزیه و تحلیل NC II صفات مربوط به عملکرد الیاف و صفات مرتبط با کیفیت الیاف

	عملکرد الیاف (kg)	میکرونری (ug/inch)	طول الیاف (mm)	استحکام	کشش	یکنواختی	شاخص کیفیت
GCA m1	-۰/۵۳^{ns}	۰/۱***	-۰/۱۵***	-۱/۶۶***	-۰/۰۴***	-۰/۱۵***	-۰/۱۸***
GCA m2	-۰/۴۸^{ns}	-۰/۱۸***	-۰/۴۲***	-۰/۶۶***	-۰/۰۹***	-۰/۰۷***	-۰/۵۷***
GCA m3	۱/۰۱*	۰/۰۸***	۰/۵۷***	۲/۳۲***	۰/۱۳***	۰/۸۵***	۰/۷۵***
GCA f1	-۲/۳۱^{ns}	۰/۰۴*	۰/۰۹***	-۰/۸۲***	-۰/۰۳***	۰/۱۸***	۰/۱۳***
GCA f2	-۴/۷۴***	۰/۰۶***	-۰/۰۶***	۰^{ns}	-۰/۰۲***	۰/۱^{ns}	-۰/۰۲^{ns}
GCA f3	۲/۷۹*	-۰/۲۵***	۰/۳۷***	۱/۱۳***	۰/۰۳***	۰/۶***	۰/۵۱***
GCA f4	-۳/۳*	۰/۰۱*	-۰/۴۳***	-۱/۵۲***	۰/۰۱^{ns}	-۰/۵۱***	-۰/۵۲***
GCA f5	۳/۵۹*	۰/۱۳***	-۰/۴۱***	-۱/۴۳***	-۰/۰۹***	-۰/۴۷***	-۰/۵***
GCA f6	۱/۴۲*	۰/۱۲***	۰/۲۴***	۱/۲۸***	۰/۰۳***	۰/۲۵***	۰/۲۸***
GCA f7	۲/۵۴*	-۰/۱***	۰/۲***	۱/۳۴***	۰/۰۹***	-۰/۱۵***	۰/۱۲***

ns عدم اختلاف معنی‌دار **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد *: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، m1، m2 و m3 به ترتیب عبارتند از والد پدری A3 96، SKSH249 و تابان، f1 -f7 هم به‌ترتیب عبارتند از والدین مادری گلستان، خورشید، لطیف، ماکسا، مای، ساجدی و شایان

بررسی هتروزیس نسبی براساس میانگین والدین، والد برتر و والد شاهد تجاری برای پارامترهای مرتبط با کیفیت الیاف و عملکرد الیاف در جدول ۶ نشان داده شده است. برای صفت میکرونری، هتروزیس نسبی براساس میانگین والدین در دامنه‌ی ۰/۸- درصد در تلاقی ماکسا ×تابان و ۲۱ درصد

در تلاقی لطیف ×تابان بروز یافت، هتروزیس نسبی براساس والد تجاری در دامنه‌ی ۴ درصد در تلاقی ماکسا ×تابان، و ۲۵ درصد در تلاقی لطیف× تابان وجود داشت. هتروزیس نسبی براساس والد برتر در دامنه‌ی ۵- درصد در تلاقی مای ×تابان و ۱۸/۹درصد در تلاقی لطیف× تابان دیده شد. برای صفت ۲۵ درصد طول الیاف (UHML)، هتروزیس نسبی براساس میانگین والدین در دامنه‌ی ۰/۰۸درصد در تلاقی لطیف SKSH249 × و ۸ درصد در تلاقی لطیف× تابان بروز یافت. هتروزیس نسبی براساس والد تجاری در دامنه‌ی ۰/۱درصد در تلاقی لطیف× SKSH249 و ۱۰ درصد در تلاقی لطیف× تابان وجود داشت. هتروزیس نسبی براساس والد برتر در دامنه‌ی ۰/۰۰۸- درصد در تلاقی مای× SKSH249 و ۸/۲ درصد در تلاقی لطیف× تابان دیده شد. برای صفت استحکام، هتروزیس نسبی بر اساس میانگین والدین در دامنه‌ی ۲/۱ درصد در تلاقی 96A3×گلستان و ۹/۳ درصد در تلاقی لطیف× تلبان بروز یافت. هتروزیس نسبی بر اساس والد تجاری گلستان در دامنه‌ی ۲/۱ درصد در تلاقی96A3×گلستان و ۹/۳ درصد در تلاقی لطیف× تابان وجود داشت. هتروزیس نسبی براساس والد برتر در دامنه‌ی ۲/۱ درصد در در تلاقی 96A3×گلستان و ۹/۳ درصد در تلاقی لطیف× تابان بروز یافت. هتروزیس نسبی برای صفت کشش، براساس میانگین والدین در دامنه‌ی ۷/۷ درصد در تلاقی SKSH249×لطیف و ۳۹ درصد در تلاقی 96A3×ماکسا بروز یافت. هتروزیس نسبی براساس والد تجاری گلستان در دامنه‌ی ۱۱ درصد در تلاقی SKSH249×لطیف و ۲۸/۴ درصد در تلاقی 96A3×شایان وجود داشت. هتروزیس نسبی براساس والد برتر در دامنه‌ی ۱/۴ درصد در تلاقی تابان×ماکسا و ۸/۹ درصد در تلاقی 96A3×شایان دیده شد. ژلنگ و همکاران (۲۰۱۷)، وجود اختلاف در میانگین‌ها و هتروزیس را بین هیبریدها و وللدین آنها برای پارامترهای کیفیت الیاف گزارش کردند. نتایج مشابهی توسط شهزاد و همکاران (۲۰۱۹) گزارش شده است. 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، ۲۰۲۳). 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 چن و همکاران، ۲۰۲۲).

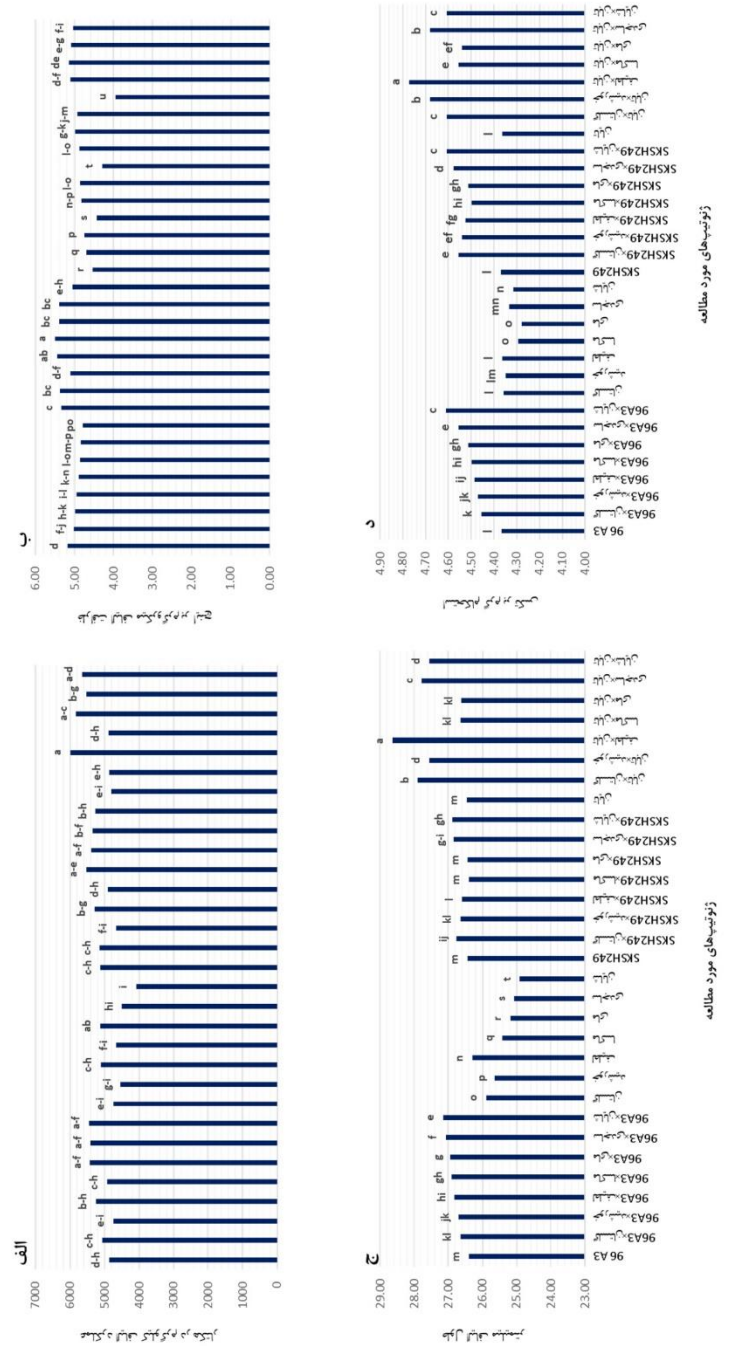
مقایسه میانگین صفات بین ده لاین والدینی و ۲۱ تلاقی در شکل‌هایی یک و دو نمایش داده شده است. براساس مقایسه میانگین، ارقام بر میزان عملکرد الیاف تأثیر معنی‌داری داشتند (شکل الف ۱)، هیبرید تابان×لطیف بالاترین عملکرد الیاف را از خود نشان داد و با سایر ژنوتیپ‌ها به غیر از هیبریدهای، تابان×مای، تابان×شایان، A396×ساجدی، SKSH249×مای و A396×مای، و A396 ×شایان اختلاف معنی‌داری داشت. بنابراین هیبریدهای تلبان×لطیف، تلبان×مای، تلبان×شایان، A396×ساجدی، SKSH249×مای و A396×مای، و A396 ×شایان به عنوان برترین هیبریدهای تولید شده و امیدبخش از نظر عملکرد الیاف انتخاب شدند.

جدول ۶: درصد هتروزیس مشاهده شده صفات کیفی هیبریدهای پنبه براساس میانگین والدین، والد برتر و رقم شاهد برتر

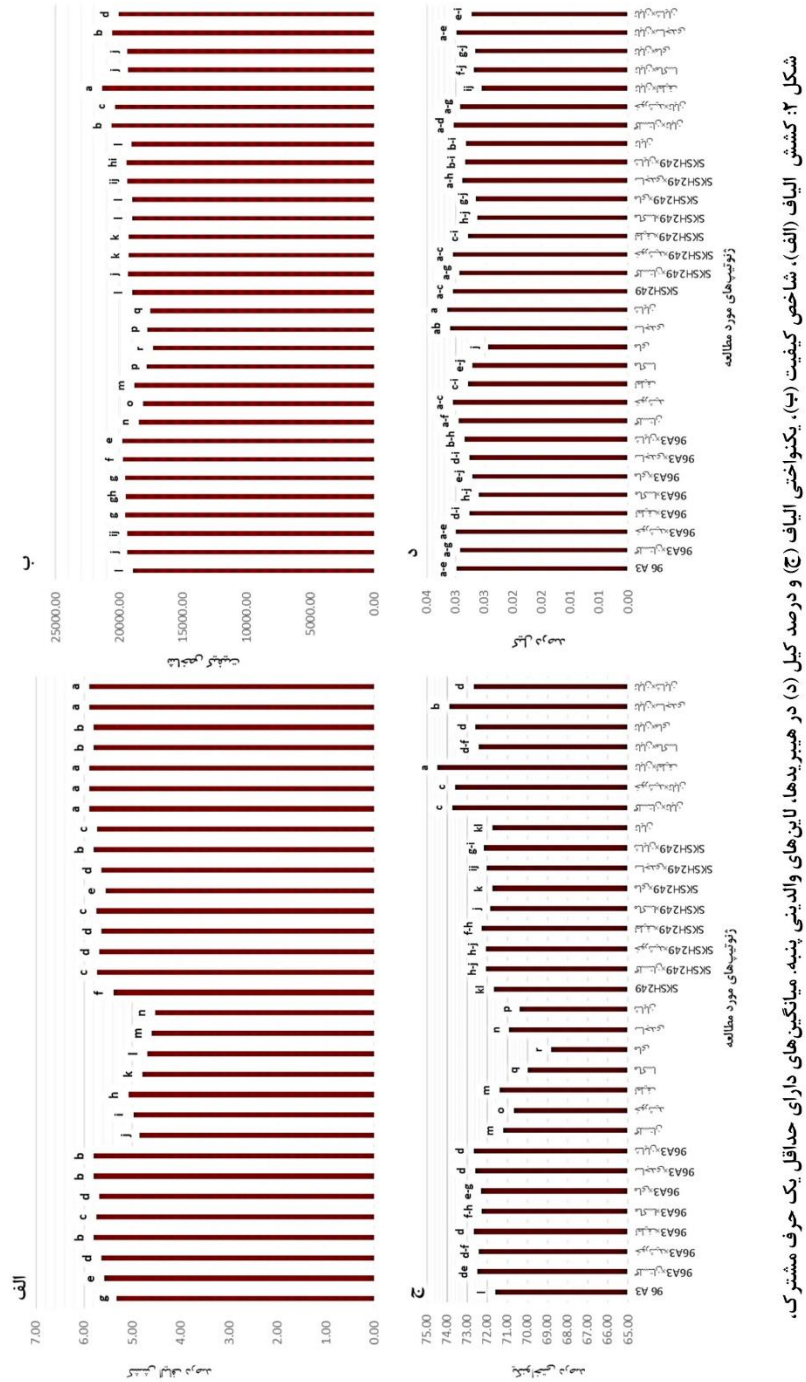
	میکرونری			طول الیاف (mm)			استحکام (g.text)			کشش (%)			یکنواختی		
	MP	HP	HCH	MP	HP	HCH	MP	HP	HCH	MP	HP	HCH	MP	HP	HCH
گلستان×96A3	۰/۰۵	۰/۰۳۲	۰/۰۶	۰/۰۱۹	۰/۰۰۹	۰/۰۳	۰/۰۲۱	۰/۰۲	۰/۰۲۲	۰/۱	۰/۰۵	۰/۱۵	۰/۰۱۵	۰/۰۱۲	۰/۰۱۹
خورشید×96A3	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۱۱	۰/۰۴۱	۰/۰۲۵	۰/۰۲۳	۰/۰۲۷	۰/۰۹۴	۰/۰۵۸	۰/۱۴	۰/۰۲	۰/۰۱۱	۰/۰۲۴
لطیف×96A3	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲
ماکسا×96A3	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۱	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۵	۱/۹۲	۰/۱	۰/۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۳
مای×96A3	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۰۷	۰/۲۱	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۵
ساجدی×96A3	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۱۷	۰/۰۹	۰/۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲
شایان×96A3	۰/۱	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۱۸	۰/۰۹	۰/۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۳
گلستان×SKSH249	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۰۲	۰/۰۱۲	۰/۰۳۳	۰/۰۴۳	۰/۰۴۲	۰/۰۴۵	۰/۱۲	۰/۰۶	۰/۱۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۵	۰/۰۱۲
خورشید×SKSH249	۰/۱	۰/۰۸	۰/۱۳	۰/۰۲۳	۰/۰۰۸	۰/۰۲۰	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۱	۰/۰۵	۰/۱۴	۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۲
لطیف×SKSH249	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۰۸	۰/۰۰۵	۰/۰۱۱	۰/۰۳۶	۰/۰۳۵	۰/۰۳۷	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۰۱	۰/۰۰۸	۰/۰۱۲
ماکسا×SKSH249	۰/۱۶	۰/۱۳	۰/۱۹	۰/۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۰۷	۰/۲	۰/۰۱۴	۰/۰۰۲	۰/۰۲۶
مای×SKSH249	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۵	۰/۰۴	۴/۲۴۲	۰/۰۵	۰/۱	۰/۰۳	۰/۲	۰/۰۲۱	۰/۰۰۱	۰/۰۴
ساجدی×SKSH249	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۱۳	۰/۰۵	۰/۲۳	۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۲
شایان×SKSH249	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۲	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۱۷	۰/۰۸	۰/۲۹	۰/۰۲	۰/۰۰۶	۰/۰۳
گلستان×تابان	۰/۰۲	-۰/۰۲	۰/۷	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۰۳	۰/۲۱	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۴
خورشید×تابان	۰/۰۴	-۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۱	۰/۰۷	۰/۱	۰/۰۳	۰/۲۱	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳
تابان×لطیف	۰/۲۱	۰/۲	۰/۳	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۲	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۵
تابان×ماکسا	۰/۰۰۸	-۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۰۶	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۱۰	۰/۰۲	۰/۲	۰/۰۲۲	۰/۰۱	۰/۰۲
تابان×مای	۰/۰۰۸	-۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۱۱	۰/۰۱	۰/۲۱	۰/۰۳۲	۰/۰۱۱	۰/۰۲
تابان×ساجدی	۰/۰۰۹	-۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۱۴	۰/۰۳	۰/۲۱	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۴
تابان×شایان	۰/۰۲	-۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۱۵	۰/۰۳	۰/۲۱	۰/۰۲۲	۰/۰۱۳	۰/۰۲

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

مطالعات قبلی گزارش کردند که طول الیاف می تواند به طور گسترده ای با تنوع گیاه و شرایط رشد متفاوت باشد. احسان و همکاران (۲۰۰۸)، و کوپور (۲۰۰۶) نتایج مشابهی را برای طول الیاف گزارش کرد. هیبریدهای تابان×لطیف و SKSH249 ×ماکسا به‌ترتیب حداکثر (۳۲/۵۴ میلی‌متر) و حداقل (۲۸/۰۹ میلی‌متر) را نشان دادند. میانگین طول الیاف هیبریدها ۳۰/۸۹ میلی‌متر بود. نیاگون و خادی (۲۰۰۱) مشاهده کردند که میانگین طول الیاف برای تلاقی‌های حاصل از *Gossypium×barbadense* ۳۱/۲ یلی متر بود و این مقدار در مقایسه با نتایج ما بیشتر است و با نتایج حاصل از تلاقی‌های حاصل از *G. barbadanse* است که از نظر طول الیاف بیشتر از *G. hirsutum* است، مطابقت دارد. ظرافت الیاف یا میکرونر و استحکام الیاف از ویژگی‌های بسیار مهم کیفیت الیاف پنبه هستند و در صنعت نساجی بسیار حائز اهمیت‌اند. در والدین، استحکام از ۴/۶۵ تا ۵/۰۹ گرم بر تکس متغیر بود. حداکثر و حداقل مقادیر ثبت شده در هیبریدها در ۵/۱۸ در تلاقی 96A3×گلستان تا ۵/۵۵ گرم بر تکس در تلاقی تابان×لطیف بود. این نتایج توسط مطالعات قبلی پشتیبانی شد (آشوککومار و همکاران، ۲۰۱۳؛ فنگ و همکاران، ۲۰۱۷). استحکام الیاف والدین و هیبریدها به ترتیب ۴/۵ تا ۵/۲ تکس بر گرم بود. نیاگون و خادی (۲۰۰۱) میانگین استحکام الیاف را برای تلاقی‌های حاصل از *G. Hirsutum* ۵/۸ گرم بر تکس مشاهده کردند و این بیشتر از مقدار نتایج حاضر است. تفاوت بین ارقام با توجه به ظرافت الیاف نیز توسط C کوپر (۲۰۰۶) احسان و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش شده است. از ۲۸ هیبرید، MCU 12 x F 776 کمترین مقدار ظرافت الیاف را ۳/۴۰ میکروگرم در اینچ ثبت کرد. بالاترین مقدار (۴/۸۰ میکروگرم در اینچ) در تلاقی MCU 12 x TCH 1646 مشاهده شد. میانگین مقدار ظرافت الیاف در هیبریدها ۴/۷۰ میکروگرم در اینچ بود (جدول ۳). نیاگون و خادی (۲۰۰۱) میانگین میکرونر را برای تلاقی‌های حاصل از *G. hirsutum* و *G. barbadense* ۲/۹۵ میکروگرم در اینچ مشاهده کردند.. دامنه نسبت یکنواختی در هیبریدها از ۸۵/۲۳ تا ۸۷ /۶۲ درصد بود در میان هیبریدهای مورد مطالعه بیشترین میزان یکنواختی مربوط به هیبرید تابان×لطیف بود. میانگین یکنواختی ۸۵/۵۵ درصد بود. که از میانگن یکنواختی درگروه والدین بیشتر بود بود. نیاگون و خادی (۲۰۰۱) میانگین نسبت یکنواختی را برای تلاقی‌های *G. barbadense* ۸۴/۳ مشاهده کردند و این نسبت به نتایج حاصل کمتر است. نتایج. درصد کشش الیاف در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه دارای دامنه‌ای از ۵/۴۵ در والد مادری شایان و ۷/۱ در هیبریدهای تابان×ساجدی، تابان×شایان و تابان×لطیف بود در بین هیبریدهای مورد مطالعه، تلاقی SKSH249×لطیف (۶/۸۰) و تلاقی تابان×ساجدی به ترتیب کمترین و بیشترین میزان کشش را نشان دادند.



شکل ۱: عملکرد الیاف (الف)، ظرفیت الیاف (ب)، طول الیاف (ج) و استحکام الیاف (د) در هیبریدها، لاین‌های والدینی پنبه. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.



شکل ۲: کشش الیاف (الف)، شاخص کیفیت (ب)، یکنواختی الیاف (ج) و درصد کیل (د) در هیبریدها، لاین‌های والدینی پنبه. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

مقایسه میانگین صفات بین ده لاین والدینی و ۲۱ تلاقی در شکل‌هایی یک و دو نمایش داده شده است. براساس مقایسه میانگین، ارقام بر میزان عملکرد الیاف تأثیر معنی‌داری داشتند (شکل الف ۱)، هیبرید تابان×لطیف بالاترین عملکرد الیاف را از خود نشان داد و با سایر ژنوتیپ‌ها به غیر از هیبریدهای، تابان×مای، تابان×شایان، A396×ساجدی، SKSH249×مای و A396×مای، و A396 ×شایان اختلاف معنی‌داری داشت. بنابراین هیبریدهای تلبان×لطیف، تلبان×مای، تلبان×شایان، A396×ساجدی، SKSH249×مای و A396×مای، و A396 ×شایان به عنوان برترین هیبریدهای تولید شده و امیدبخش از نظر عملکرد الیاف انتخاب شدند. مطالعات قبلی گزارش کردند که طول الیاف می تواند به طور گسترده ای با تنوع گیاه و شرایط رشد متفاوت باشد. احسان و همکاران (۲۰۰۸)، و کوپور (۲۰۰۶) نتایج مشابهی را برای طول الیاف گزارش کرد. هیبریدهای تابان×لطیف و SKSH249 ×ماکسا به‌ترتیب حداکثر (۳۲/۵۴ میلی‌متر) و حداقل (۲۸/۰۹ میلی‌متر) را نشان دادند. میانگین طول الیاف هیبریدها ۳۰/۸۹ میلی‌متر بود. نیاگون و خادی (۲۰۰۱) مشاهده کردند که میانگین طول الیاف برای تلاقی‌های حاصل از *Gossypium*×*barbadense* ۳۱/۲ یلی متر بود و این مقدار در مقایسه با نتایج ما بیشتر است و با نتایج حاصل از تلاقی‌های حاصل از *G. barbadanse* است که از نظر طول الیاف بیشتر از *G. hirsutum* است، مطابقت دارد. ظرافت الیاف یا میکرونر و استحکام الیاف از ویژگی‌های بسیار مهم کیفیت الیاف پنبه هستند و در صنعت نساجی بسیار حائز اهمیت‌اند. در والدین، استحکام از ۴/۶۵ تا ۵/۰۹ گرم بر تکس متغیر بود. حداکثر و حداقل مقادیر ثبت شده در هیبریدها در ۵/۱۸ در تلاقی 96A3×گلستان تا ۵/۵۵ گرم بر تکس در تلاقی تابان×لطیف بود. این نتایج توسط مطالعات قبلی پشتیبانی شد (آشوککومار و همکاران، ۲۰۱۳، فنگ و همکاران، ۲۰۱۷). استحکام الیاف والدین و هیبریدها به‌ترتیب ۴/۵ تا ۵/۲ تکس بر گرم بود. نیاگون و خادی (۲۰۰۱) میانگین استحکام الیاف را برای تلاقی‌های حاصل از *G. Hirsutum* ۵/۸ گرم بر تکس مشاهده کردند و این بیشتر از مقدار نتایج حاضر است. تفاوت بین ارقام با توجه به ظرافت الیاف نیز توسط Cکوپر (۲۰۰۶) احسان و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش شده است. از ۲۸ هیبرید، MCU 12 x F 776 کمترین مقدار ظرافت الیاف را ۳/۴۰ میکروگرم در اینچ ثبت کرد. بالاترین مقدار (۴/۸۰ میکروگرم در اینچ) در تلاقی MCU 12 x TCH 1646 مشاهده شد. میانگین مقدار ظرافت الیاف در هیبریدها ۴/۷۰ میکروگرم در اینچ بود (جدول ۳). نیاگون و خادی (۲۰۰۱) میانگین میکرونر را برای تلاقی‌های حاصل از *G. hirsutum* و *G. barbadense* ۲/۹۵ میکروگرم در اینچ مشاهده کردند. دامنه نسبت یکنواختی در هیبریدها از ۸۵/۲۳ تا ۸۷/۶۲ درصد بود در میان هیبریدهای مورد مطالعه بیشترین میزان یکنواختی مربوط به هیبرید تابان×لطیف بود. میانگین یکنواختی ۸۵/۵۵ درصد بود. که از میانگن یکنواختی درگروه والدین بیشتر بود بود. نیاگون و خادی (۲۰۰۱) میانگین نسبت یکنواختی را برای تلاقی‌های *G. barbadense* ۸۴/۳ مشاهده

کردند و این نسبت به نتایج حاصل کمتر است. نتایج. درصد کشش الیاف در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه دارای دامنه‌ای از ۵/۴۵ در والد مادری شـــایان و ۷/۱ در هیبریدهای تابان×ســـاجدی، تابان×شـــایان و تـابـان×لطیف بود در بین هیبریـدهـای مورد مطـللعـه، تلاقیSKSH249×لطیف (۶/۸۰) و تلاقی تابان×ساجدی به ترتیب کمترین و بیشترین میزان کشش را نشان دادند.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی، نتایج حاصـل از این پژوهش نشـان داد که تمامی صـفات مورد بررسـی تحت تأثیر آثار افزایشـی و غیرافزایشـی قرار دارند. با توجه به اهمیت بیشـتر اثرات افزایشـی در کنترل ژنتیکی صـفات اجزای کیفیت الیاف، روش‌های اصـــلاحی مبتنی بر انتخاب جهت بهبود این صـــفات مفید خواهد بود و اسـتفاده از روش‌های مبتنی بر تلاقی و انتخاب در نسـل‌های پیشـرفته امیدبخش می‌باشـد. هتروزیس ایجاد شده در نتاج و همچنین وجود پدیده فوق غالبیت در بسیاری از صفات مورد بررسی نشان دهنده توانایی بالقوه والدین در ایجاد هتروزیس و اهمیت پدیده فوق غالبیت در بروز برتری نتاج اسـت. بهترین ترکیب‌های هیبریدی با عملکرد الیاف بالا حداقل یک والد در مورد صـفت مورد مورد نظر برتری نشـان داد، که نشـان می‌دهد که اسـتفاده از لاین‌های برخوردار از صـفات وابسـته به عملکرد خوب و یا نسـبتا خوب احتمال بیشـتری برای بهبود عملکرد با اسـتفاده از روش تولید هیبرید را دارد. مشـاهده هتروزیس مثبت در صـفاتی همچون میکرونری، طول الیاف، یکنواختی اسـتحکام و کشـش نشـان می‌دهد که برای اصلاح صفات مرتبط با شاخص کیفیت الیاف تولید هیبرید می‌تواند راه حل انتخابی باشد.

سپاسگزاری

از همکاران محترم موسسه تحقیقات پنبه کشور و از مسئولین محترم ایستگاه‌های تحقیقاتی‌هاشم‌آباد و کارکنده دکتر مالی و مهندس دیه‌جی که در اجرای این تحقیق همکاری نمودند تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Ahuja, S., & Dhayal, L. (2007). Combining ability estimates for yield and fibre quality traits in 4× 13 line× tester crosses of Gossypium hirsutum. *Euphytica, 153*(1-2), 87-98.

Alishah, A., Ahmadian, P., Ghanadha, M., Omidi, M., & Mesbah, M. (2002). Study of compatability and gene action in some morphological and quantitative traits in cotton. *Gossypium hirsutum*.

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.

Ashokkumar, K., Kumar, K.S., & Ravikesavan, R. (2013). Heterosis studies for fibre quality of upland cotton in line x tester design. *Afr. J. Agric. Res, 8*(48), 6359-6365.

Baloch, M.J. (2004). Genetic variability and heritibility estimates of some polygenic traits in upland cotton. *Biological Sciences-PJSIR, 47*(6), 451-454.

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.

Chen, L., Tang, H., Zhang, X., Qi, T., Guo, L., Shahzad, K., . . . Zhang, M. (2022). Comparative performance of hybrid generations reveals the potential application of F2 hybrids in upland cotton. *Journal of Cotton Research, 5*(1), 1-14.

Copur, O. (2006). Determination of yield and yield components of some cotton cultivars in semi-arid conditions. *Pak. J. Biol. Sci, 9*(14), 2572-2578.

Ehsan, F., Ali, A., Nadeem, M.A., Tahir, M., & Majeed, A. (2008). Comparative yield performance of new cultivars of cotton (Gossypium hirsutum L.). *Pak. J. Life Soc. Sci, 6*(1), 1-3.

Fang, L., Wang, Q., Hu, Y., Jia, Y., Chen, J., Liu, B., . . . Zhou, B. (2017). Genomic analyses in cotton identify signatures of selection and loci associated with fiber quality and yield traits. *Nature genetics, 49*(7), 1089-1098.

Farshadfar, E. (1998). Application of biometrical genetics in plant breeding. *Razi University: Kermansha, Iran*, 934.

Ferh, W. (1987). Principles of cultivar development: theory and technique. *New York*.

Hamed, H.H., & Said, S. (2021). Estimation of heterosis and combining ability for yield and fiber quality traits by using line x tester analysis in cotton (*Gossypium barbadense* L.). *Menoufia Journal of Plant Production, 6*(1), 35-51.

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.

Hamid, R., Marashi, H. ,Tomar, R.S., Malekzadeh Shafaroudi, S., & Sabara, P. H. (2019). 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., Tomar, R.S., Marashi, H., Shafaroudi, S.M., Golakiya, B.A., & Mohsenpour, M. (2018). Transcriptome profiling and cataloging differential gene expression in floral buds of fertile and sterile lines of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Gene*, 660, 80-91.

Iqbal, M., Chang, M.A., & Iqbal, M.Z. (2003). Breeding behavior effects for yield, its components and fibre quality in intraspecific crosses of cotton (G. hirsutum L.). *OnLine J Biol Sci, 4*, 451-459.

Iqbal, M., & Naeem, M. (2015). HETEROSIS STUDIES OF F 1 AND F 2 HYBRIDS FOR VARIOUS TRAITS OF *Gossypium hirsutum* L. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 52*(2).

Kaliyperumal, A., Kumar, K., & Rajasekaran, R. (2013). Heterosis studies for fibre quality of upland cotton in line× tester design. *African Journal of Agricultural Research, 8*(48), 6359-6365.

Khan, S., Khan, N., Gul, R., Bibi, Z., Khan, I., Gul, S., . . . Baloch, M. (2015). Combining ability studies for yield and fiber traits in upland cotton. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences, 25*(3).

Kohel ,R. (2000). Cotton germplasm resources and the potential for improved fiber productivity and quality. *Cotton fibers—developmental biology, quality improvement, and textile processing. Haworth Press, New York*.

Liangliang, C., Meng, Z., Tingxiang, Q., Xuexian, Z., Huini, T., Hailin, 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.

Nijagum, H., & Khadi, B. (2001). Progeny analysis of fibre characteristics of DCH 32-an interspecific cotton hybrid [Gossypium hirsutum L.-Gossypium barbadense L.-India]. *Journal of Genetics & Breeding (Italy)*.

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.

SHAHZAD, K., LI, X., QI, T., GUO, L., TANG, H., ZHANG, X., . . . QIAO, X. (2019). Genetic analysis of yield and fiber quality traits in upland cotton (Gossypium hirsutum L.) cultivated in different ecological regions of China. *Journal of Cotton Research, 2*(1), 1-11.

Shahzad, K., Qi, T., Guo, L., Tang, H., Zhang, X., Wang, H., . . . Feng, J. (2019). Adaptability and stability comparisons of inbred and hybrid cotton in yield and fiber quality traits. *Agronomy, 9*(9), 516.

Yu, K., Wang, H., Liu, X., Xu, C., Li, Z., Xu, X., . . . 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.

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* x *G. barbadense*). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 5*(4), 519-525.

Zhang, J., & Abdelraheem, A. (2017). Combining ability, heterosis, and genetic distance among nine elite American Pima cotton genotypes (*Gossypium barbadense*). *Euphytica, 213*, 1-13.

Zhang, J., Abdelraheem, A., & Wu, J. (2017). 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, 213*, 1-15.

Iranian Journal of Cotton Researches
Vol. 10, No. 1, 2021
www.jcri.ir

Combining ability and heterosis estimates for fiber yield and quality traits in NCII crosses of G. hirsutum

Rasmieh Hamid[1], Masoud Shahsavari[3], Omran Alishah[2]*

[1,2] Cotton Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Gorgan, Iran
[3] Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Received:21.4.2023 ; Accepted:21.6.2023

Abstract

Background: Heterosis, i.e. hybrid vigor, is a commonly observed biological phenomenon used in crop production. The use of heterosis has greatly improved the productivity of cotton worldwide. Knowing the degree of heterosis, either relative to the parent (mean parent or better) or to the commercial control parent, is important in assessing whether hybrids outperform existing varieties. This information can influence the decision to invest in hybrid development. This research was conducted to estimate the effects of genes, heritability, and heterosis to determine the appropriate breeding methods to improve fiber quality and performance parameters and to determine the most efficient method of heterotic grouping for line classification.

Materials and methods: In this study, seven maternal genotypes and three paternal genotypes of cotton from different heterotypic groups were crossed in the 2020 crop year in a North Carolina design (II). Three sets of hybrids produced along with their parents were grown in a baseline design of randomized complete blocks with four replicates at the National Cotton Research Institute's Hashemabad Research Station experimental field.

Results: Analysis of the variance of the qualitative and quantitative parameters of the fibers showed that the effect of females, the effect of males, and the interaction between males and females were significant for all parameters except uniformity. The study of genetic parameters showed that the qualitative traits were affected by the additive and non-additive effects of genes. The proportion of non-additive effects in the genetic control of uniformity was higher than the additive effects, while for micronaire strength and 25% fiber length, the proportion of additive effects was higher. The high values of the narrow heritability estimates indicate that the occurrence of qualitative parameters is more influenced by genetic effects. Given the presence of additive effects and low estimates of narrow heritability for the trait kail proportion, it is promising to use breeding programs based on crosses to improve this trait. For other qualitative parameters, estimates of narrow heritability were high. Therefore,

*Corresponding author; omran_alishah@yahoo.com

the use of breeding programs based on selection to improve these traits is promising. Examination of relative heterosis based on average parents showed that the range of heterosis was from -2.73 to 7.87%1, from 4.52 to 22.23%, from -0.05 to 4.32%, and from 1.25 to 55. For each of the micronaire, strength, elongation, and fiber quality index attributes, the heterosis was 6%.

Conclusions: These results show that since both additive and non-additive effects are involved in controlling fiber quality, it is possible to increase the possibility of collecting suitable additive genes and exploiting variance by choosing an appropriate breeding method such as periodic selection. It provided dominance. These results provide a basis for accelerating the development of hybrids with high fiber quality in cotton.

***Keywords*:** Combinability, heritability, hybridization, cotton