

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

رسمیه حمید^۱، مسعود شهسواری^۳، عمران عالیشاه^{۲*}، ابراهیم ملاعلی^۴

^۱ استادیار و استاد بخش بهنژادی موسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
^۳ گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
^۴ کارشناس تحقیقات و ژنتیک فیزیولوژی، موسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی،
گرگان، 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 وارثه‌های موجود دارند، مهم است. این اطلاعات می‌تواند بر تصمیم برای سرمایه‌گذاری در توسعه هیبریدها تأثیر بگذارد. این پژوهش به منظور 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 به همراه والدین آنها در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه آزمایشی ایستگاه تحقیقاتی هاشم 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 میکرونی 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 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. بنابراین، 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- تا ۷/۸۷ درصد، از ۴/۵۲ تا ۲۲/۲۳ درصد، از ۰/۰۵- تا ۴/۳۲ درصد و از ۱/۲۵ تا ۶/۵۵ درصد، به ترتیب برای صفات میکرونی، 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 تجمع 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، وراثت‌پذیری، هیبراسیون، 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 کشورهای پنبه کار جهان به شمار می‌شود، و در صنعت نساجی روغن کشی و پرورش دام ابه کار می‌رود، و نقش کلیدی در اقتصاد ملی ایفا می‌کند (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 (کالیپرومال و همکاران، ۲۰۱۳). خواص طول و استحکام الیاف عمدتاً بر پردازش نساجی تأثیر می‌گذارد (کوهل، ۱۹۹۹). علاوه بر این، یکنواختی الیاف نیز برای صنعت نساجی ارزش فوق‌العاده‌ای دارد، و با کارآمد 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). آهوچا 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 هیروسوتوم، 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 اساسی‌ترین برنامه‌های 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 مناسب‌ترین 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 بهره‌وری از نوترکیبی برای بسیاری از صفات پیشرفت‌های بسیار قابل قبول داشته است. هتروزیس به طور قابل ملاحظه‌ای به عنوان یکی از روش‌های موثر و کاربردی مهم در برنامه‌های به‌نژادی پنبه به شمار می‌رود (اشنابل 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 و ش 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 بذری 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 داده‌اند، 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 می‌دهد. 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 بعد از ظهر 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
	ماکسا	ترکیه	تیپ نیمه باز، متراکم، پرپشت، مقاومت به بیماری پژمردگی ورتیسلیومی
	شایان	ایران	زودرس، عملکرد بالا و پایداری و سازگاری مناسب
	مای	ترکیه	زودرس، نسبتاً مقاوم به بیماری پژمردگی ورتیسلیومی
	ساجدی	ایران	پرمحصول، بسیار زودرس، تیپ نیمه بسته، مناسب برداشت مکانیزه
مادری	خورشید	ایران	متحمل به شوری، نسبتاً حساس به بیماری پژمردگی ورتیسلیومی مناسب برداشت ماشینی، کیفیت الیاف مناسب
	گلستان	ایران	پرمحصول و زودرس، 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 ورتیسلیومی
	SKSH	یونان	زودرس، پرمحصول، متحمل به تنش‌های محیطی (شوری و خشکی)

زودبازده، پتانسیل غوزه دهی مناسب، پرمحصول، کیل و خواص کیفی الیاف
 تابان ایران
 مطلوب، تحمل به شوری

هیبریدهای F1 تولید شده به همراه والدین، در سال زراعی ۱۴۰۱ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار، در دو ایستگاه تحقیقاتی هاشم‌آباد و کارکنده مورد بررسی قرار گرفتند. هر یک از تیمارها در چهار خط شش متری و با الگوی کاشت 20×80 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، ضریب میکرونی (ظرافت الیاف) و شاخص کیفیت الیاف (فرمول ۲) بودند (فهر و همکاران، ۱۹۸۷). اندازه‌گیری عملکرد لاین‌ها و هیبریدها پس از حذف خطوط حاشیه، از دو خط وسط انجام شد. برای اندازه‌گیری وزن غوزه، درصد کیل و سایر صفات کیفی الیاف، نمونه‌های ۲۰ غوزه از هر کرت آزمایشی گرفته شد و هر نمونه به طور جداگانه جین‌زنی و توزین شدند. الیاف هر نمونه آزمایشی نیز به آزمایشگاه تجزیه کیفی الیاف منتقل و با استفاده از دستگاه اتوماتیک HVI اندازه‌گیری و آنالیز شدند.

$$EI = [(Y1/Y1 + Y2 + \dots + Yn)] \times 100 \quad \text{فرمول ۱}$$

$$I = (Fl \times Stg \times Hom) / Mic \quad \text{فرمول ۲}$$

که در رابطه‌های فوق، EI شاخص زودرسی، $Y1$ ، $Y2$ و Yn عملکرد چین‌های اول، دوم و n ام، QI شاخص کیفیت الیاف، Fl طول الیاف، Stg استحکام الیاف، Hom یکنواختی الیاف و Mic میکرونی الیاف است. درصد هتروزیس F1 نسبت به میانگین والدین (HMP)، نسبت به والد برتر^۱ (HPH) و همچنین نسبت به رقم تجاری منطقه (هتروزیس مفید) (CH) با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه گردید:

$$HMP = [F1 - MP] / MP \quad \text{فرمول ۳}$$

$$HPH = [F1 - (HP)] / HP \quad \text{فرمول ۴}$$

$$HCH = [F1 - CP] / CP \quad \text{فرمول ۵}$$

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

محاسبه واریانس ژنتیکی، افزایشی و غالبیت بوسیله تجزیه کارولینای شمالی design II و از طریق واریانس بین نرها، اثر متقابل نر×ماده انجام شد. با توجه به اینکه از میانگین داده‌های ده بوته انتخابی

از هر کرت که قبلاً علامت گذاری شده بود، برای تجزیه آماری استفاده گردید لذا منابع درون نتاجی در جدول تجزیه واریانس آورده نشد.

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

$$\sigma^2 M = \frac{M_{SM} - M_{SM.F}}{fr} \quad \text{واریانس بین نرها}$$

$$\sigma^2 M = \frac{M_{sf} - M_{SM.F}}{mr} \quad \text{واریانس بین ماده‌ها}$$

$$\sigma^2 M = \frac{M_{SM.f} - M_{se}}{r} \quad \text{واریانس نر ماده}$$

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

$$\sigma^2 F = \sigma^2 M = \text{cov}(H.S) = 1/4\sigma^2 A$$

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

$$M_{se} = \sigma_e^2$$

$$\sigma_A^2 = 4 \times \sigma_m^2 \quad \text{یا} \quad 4 \times \sigma_F^2 \quad \text{واریانس افزایشی}$$

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

$$h^2 b = \frac{\sigma^2 G}{\sigma^2 G + \sigma^2 e} \quad \text{وراثت پذیری عمومی}$$

$$h^2 N = \frac{\sigma^2 A}{\sigma^2 A + \sigma^2 D + \sigma^2 e} \quad \text{وراثت پذیری خصوصی}$$

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

برای آزمون معنی دار 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 معنی دار بودن در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد استفاده شد.

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

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

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

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

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 ($\Gamma_{SCA,MP}$) و میانگین ارزش صفت در والدین (نر

و ماده) با F1 مربوطه (F1-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 نشان داد که لاین‌های مورد آزمایش برای صفات مورد مطالعه یعنی عملکرد الیاف، درصد کیل، ظرافت الیاف، ۲۵ درصد طول الیاف، استحکام، کشش، یکنواختی و شاخص کیفیت با یکدیگر در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌دار دارند. علاوه بر این بین والدین و هیبریدها تنوع قابل توجهی برای صفات اندازه‌گیری شده مشاهده شد. 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 کارولینای شمالی 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 شمالی II صفات نشان داد که واریانس بین لاین‌های پدری از نظر صفات ۲۵ درصد طول الیاف، استحکام، کشش، یکنواختی و شاخص کیفیت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲) که حاکی از وجود تنوع ژنتیکی بین لاین‌های پدری از نظر این صفات می‌باشد. واریانس لاین‌های مادری از نظر صفات عملکرد الیاف و درصد کیل در سطح احتمال یک درصد و از نظر صفت ظرافت الیاف در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود، که بیانگر تنوع ژنتیکی میان لاین‌های مادری در مود این صفات بود. اثر متقابل والد پدری در والد مادری در صفات میکرورنری، طول الیاف، استحکام، 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 استفاده از امید ریاضی میانگین مربعات والدین پدری و اثر متقابل والدین پدری در ماده، اجزای واریانس ژنتیکی (واریانس افزایشی و واریانس غالبیت) محاسبه گردید و سپس با استفاده از آنها پارامترهای درجه غالبیت، وراثت پذیری عمومی و خصوصی (جدول ۳)، نسبت واریانس SCA: GCA 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 نشان می‌دهد که برای همه صفات مورد بررسی مقدار واریانس افزایشی مثبت بود اما مقدار آن بسیاری از صفات بسیار کوچک بود. به این معنی که اثر ژن در این صفات افزایشی است. مقدار

وراثت پذیری خصوصی برای صفت ظرافت الیاف (میکرونری) $93/2$ ، صفت 25 درصد طول الیاف $98/69$ ، استحکام $94/94$ ، کشش $96/75$ ، یکنواختی $98/43$ ، و شاخص کیفیت $99/55$ بود. برآورد وراثت پذیری خصوصی در مورد صفت درصد کیل پایین بود ($46/62$)، و گویای وجود آثار غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی این صفت است. بالا بودن وراثت پذیری خصوصی برای دیگر صفات، نشان دهنده نقش آثار افزایشی در کنترل ژنتیکی این صفات است. نتایج مشابهی توسط لیانگ لیانگ و همکاران (2023) نیز به نتایج مشابهی برای صفات ظرافت الیاف و یکنواختی الیاف گزارش شده است. اقبال و همکاران (2015) نیز نقش آثار افزایشی در کنترل صفات کیفی الیاف گزارش دادند. باسل و همکاران (2011)، نقش مشترک آثار غالبیت و افزایشی را برای صفات عملکرد الیاف و درصد کیل گزارش دادند. آهوچا و همکاران (2007)، نیز استفاده از روش‌های اصلاحی مبتنی بر انتخاب را برای صفات مرتبط با کیفیت الیاف گزارش کردند.

به‌طور کلی 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، 25 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 (2017)، 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 وراثت پذیری خصوصی در اکثر آنها استفاده از دو روش گزینش و دورگ‌گیری به صورت توأم می‌تواند جهت بهبود صفات در هیبریدها بیشتر موثر واقع شود به این معنی که لاین‌های اینبردی که در دورگ‌گیری بکار می‌روند بایستی قبلاً 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
تکرار	۳	$0/51^*$	$23/91^{ns}$	$0/02^{**}$	$0/03^{ns}$	$0/003^{ns}$	$0/01^{**}$
هیبرید	۲۰	$0/00005^{**}$	$191/37^{**}$	$0/33^{**}$	$1/63^{**}$	$0/03^{**}$	$0/07^{**}$
والد پدری	۲	$0/000007^{ns}$	$50/63^{ns}$	$0/67^{ns}$	$7/31^{**}$	$0/15^{**}$	$0/36^{**}$
والد مادری	۶	$0/00002^*$	$567/74^{**}$	$0/21^{ns}$	$1/18^{ns}$	$0/024^{ns}$	$0/03^{ns}$
پدری*مادری	۱۲	$0/00000294^{ns}$	$27/64^{ns}$	$0/33^{**}$	$0/89^{**}$	$0/017^{**}$	$0/02^{**}$
اشتباه (بین نتاج)	۶۳	$0/0021$	$57/21$	$0/0063$	$0/0063$	$0/0005$	$0/0006$

۰/۲۲	۰/۱۳	۰/۳۷	۰/۴۲	۰/۲۵	۸/۰۴	۱۲/۰۰	۵/۲۶	ضریب تغییرات (درصد)
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

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

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 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). بر خورداری از قابلیت ترکیب پذیری عمومی مثبت و معنی دار برای صفت عملکرد الیاف این ژنوتیپ‌ها را در زمره والدهای مطلوب برای بهبود این صفت قرار می‌دهد (حامد و همکاران، ۲۰۲۱). برآوردهای GCA برای برای صفات مرتبط با کیفیت الیاف نشان می‌دهد که از میان والدین پدری دو والد 96A3 و تلبان و والدین مادری لطیف و ماکسا به عنوان ترکیب‌کننده‌های خوبی برای بهبود کیفیت الیاف و افزایش درصد کیل می‌باشند. در مطالعه‌ای زنگی و همکاران، در تجزیه دورگ‌های حاصل از تلاقی دای آل ۴ رقم پنبه از گونه‌های *G. hirsutum* و *G. barbadense* نشان 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

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

۰/۱۶***	۰/۳۸***	.ns	۰/۳۳***	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۰۷*	۱/۴۵**	SCA m3*f6
-۰/۳۴***	-۰/۶۵***	-۰/۰۶***	۲/۳۵***	-۰/۱۶***	۰/۲۴***	۱/۶۸**	SCA m3*f7

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 درون‌گونه‌ای 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

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

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

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 میکروزی، 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 ۱۸/۹ درصد در تلاقی لطیف×تابان دیده شد. برای صفت ۲۵ درصد طول الیاف (UHML)، هتروزیس نسبی براساس میانگین والدین در دامنه‌ی ۰/۰۸ درصد در تلاقی لطیف SKSH249× و ۸ درصد در تلاقی لطیف×تابان بروز یافت. هتروزیس نسبی براساس والد تجاری در دامنه‌ی ۰/۱ درصد در تلاقی لطیف×SKSH249 و ۱۰ درصد در تلاقی لطیف×تابان وجود داشت. هتروزیس نسبی براساس والد برتر در دامنه‌ی ۰/۰۸- 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 تلاقی 96A3×گلستان و ۹/۳ درصد در تلاقی لطیف×تابان وجود داشت. هتروزیس نسبی براساس والد برتر در دامنه‌ی ۲/۱ درصد 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 ولدین 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،

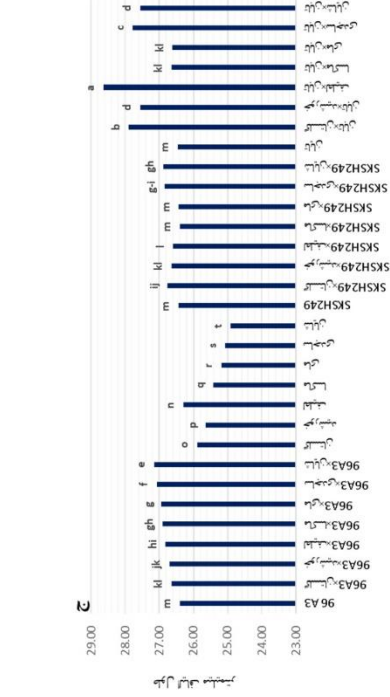
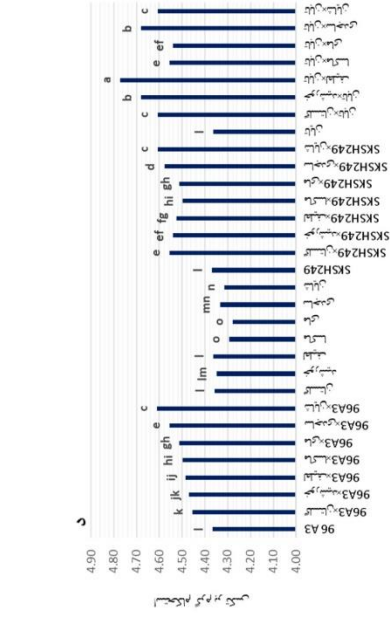
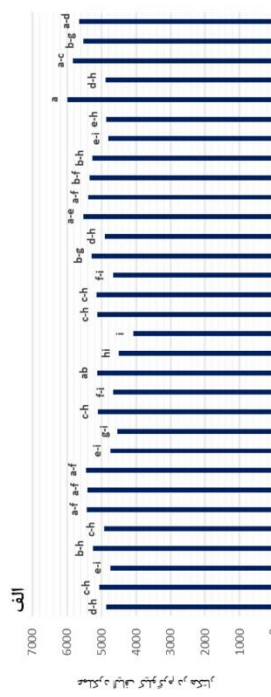
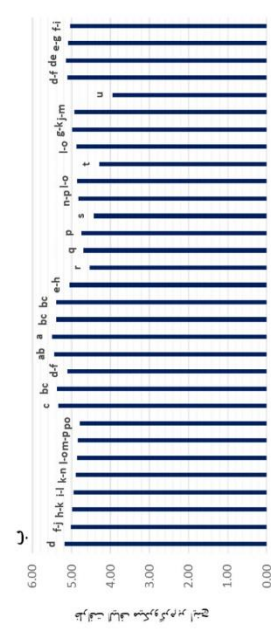
تابان×مای، تابان×شایان، A3۹۶×ساجدی، SKSH249×مای و A3۹۶×مای، و A3۹۶×شایان اختلاف معنی‌داری داشت. بنابراین هیبریدهای تلبن×لطیف، تلبن×مای، تلبن×شایان، A3۹۶×ساجدی، SKSH249×مای و A3۹۶×مای، و A3۹۶×شایان به عنوان برترین هیبریدهای تولید شده و امیدبخش از نظر عملکرد الیاف انتخاب شدند.

جدول ۶: درصد هتروزیس مشاهده شده صفات کیفی هیبریدهای پنجه بر اساس میانگین والدین، والد برتر و رقم شاهد برتر

یکواختی	کشش (%)				استحکام (g.text)				طول الیاف (mm)				میکروزی				
	HCH	HP	HCH	MP	HCH	HP	HCH	MP	HCH	HP	HCH	MP	HCH	HP	HCH	MP	
۰/۰۱۹	۰/۰۱۲	۰/۰۱۵	۰/۰۱۵	۰/۰۱۵	۰/۰۲۳	۰/۰۲۳	۰/۰۲۱	۰/۰۲۱	۰/۰۲۳	۰/۰۰۹	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹	۰/۰۲۳	۰/۰۱۵	گلستان×96A3	
۰/۰۲۴	۰/۰۱۱	۰/۰۲	۰/۰۵۸	۰/۰۹۴	۰/۰۳۷	۰/۰۳۳	۰/۰۲۵	۰/۰۴۱	۰/۰۴۱	۰/۰۱۱	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۶	خورشید×96A3	
۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۴	لطیف×96A3	
۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۸	ماکسا×96A3	
۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۹	مای×96A3	
۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۹	ساجدی×96A3	
۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۱	شایان×96A3	
۰/۰۱۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۸	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۰۴۵	۰/۰۴۲	۰/۰۴۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۱۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۱۰	۰/۰۱۳	گلستان×SKSH249	
۰/۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱۴	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۰۸	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۱۳	۰/۰۸	۰/۰۱	خورشید×SKSH249	
۰/۰۱۲	۰/۰۰۸	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۳۷	۰/۰۳۵	۰/۰۳۶	۰/۰۱۱	۰/۰۱۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۷	لطیف×SKSH249	
۰/۰۲۶	۰/۰۰۲	۰/۰۱۴	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۶	ماکسا×SKSH249	
۰/۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۳۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۰۰	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱۲	۰/۰۵	۰/۰۹	مای×SKSH249	
۰/۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۱	۰/۰۲۳	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۷	ساجدی×SKSH249	
۰/۰۳	۰/۰۰۶	۰/۰۲	۰/۰۲۹	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۸	شایان×SKSH249	
۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	گلستان×طابان	
۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۱	۰/۰۴	خورشید×طابان	
۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳۱	طابان لطیف	
۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۰۶	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۰۸	طابان ماکسا	
۰/۰۲	۰/۰۱۱	۰/۰۳۲	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۰۸	طابان مای	
۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۰۹	طابان ساجدی	
۰/۰۲	۰/۰۱۳	۰/۰۲۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۲	طابان شایان	

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

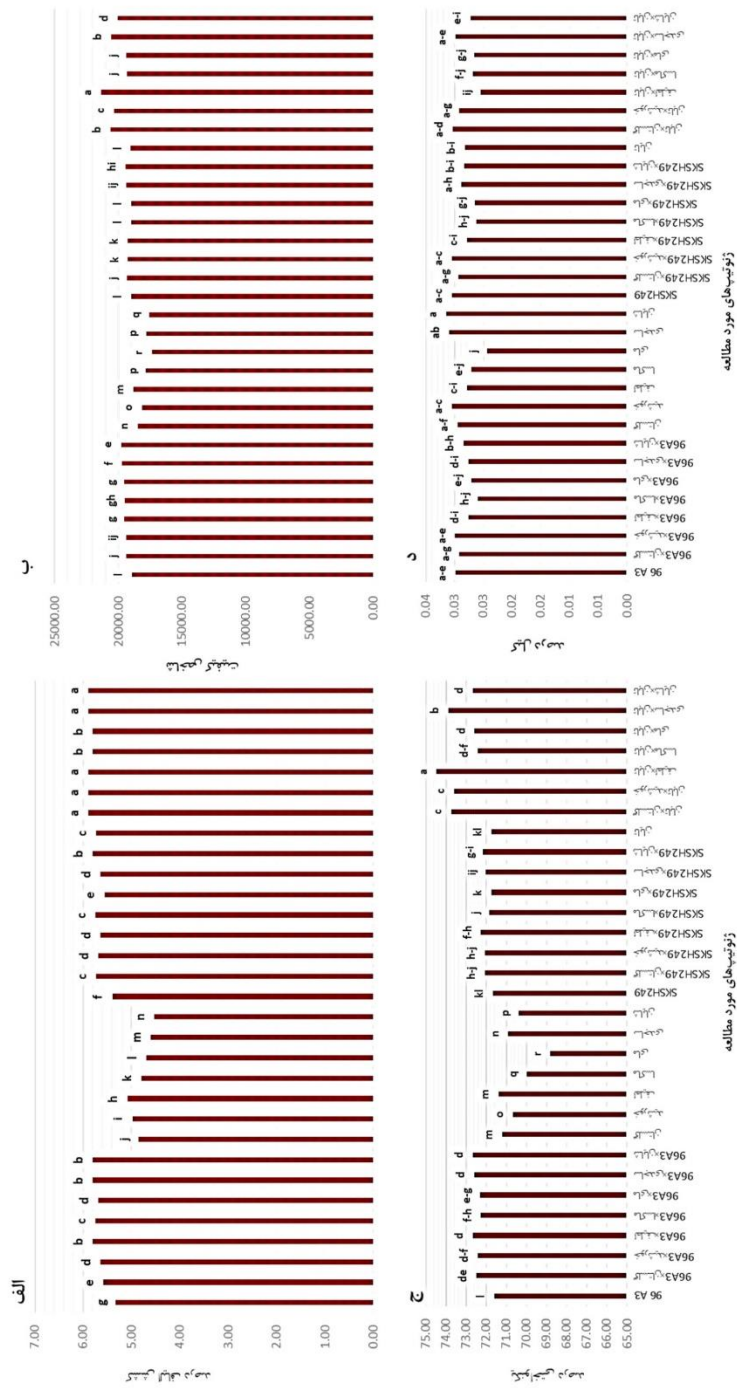
مطالعات قبلی گزارش کردند که طول الیاف می‌تواند به طور گسترده‌ای با تنوع گیاه و شرایط رشد متفاوت باشد. احسان و همکاران (۲۰۰۸)، و کوپور (۲۰۰۶) نتایج مشابهی را برای طول الیاف گزارش کرد. هیبریدهای تابان×لطیف و SKSH249×ماکسا به ترتیب حداکثر (۳۲/۵۴ میلی‌متر) و حداقل (۲۸/۰۹ میلی‌متر) را نشان دادند. میانگین 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. barbadense* 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 (آشو ککومار 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 کوپور (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 میانگین یکنواختی در گروه والدین بیشتر 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.

زوتیپ‌های مورد مطالعه

زوتیپ‌های مورد مطالعه



شکل ۲: کشش الفای (الف)، شاخص کیفیت (ب)، یکنواختی الفای (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 می‌تواند 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 به ترتیب 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. barbadense* 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 A396×گلستان تا ۵/۵۵ گرم بر تکس در تلاقی تابان×لطیف بود. این نتایج توسط مطالعات قبلی پشتیبانی شد (آشوکومار و همکاران، ۲۰۱۳، فنگ و همکاران، ۲۰۱۷). استحکام الیاف والدین و هیبریدها به ترتیب ۴/۵ تا ۵/۲ گرم بر تکس 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 کوپور (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. barbadense* و *G. hirsutum* ۸۷/۶۲ تا ۸۵/۲۳ درصد بود در میان هیبریدهای مورد مطالعه بیشترین میزان یکنواختی مربوط به هیبرید تابان×لطیف بود. میانگین یکنواختی ۸۵/۵۵ درصد بود. که از میانگین یکنواختی در گروه والدین بیشتر 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.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی، نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تمامی صفات مورد بررسی تحت تأثیر آثار افزایشی و غیرافزایشی قرار دارند. با توجه به اهمیت بیشتر اثرات افزایشی در کنترل ژنتیکی صفات اجزای کیفیت الیاف، روش‌های اصلاحی مبتنی بر انتخاب جهت بهبود این صفات مفید خواهد بود و استفاده از روش‌های مبتنی بر تلاقی و انتخاب در نسل‌های پیشرفته امیدبخش می‌باشد. هتروزیس ایجاد شده در نتاج و همچنین وجود پدیده فوق‌غالبیت در بسیاری از صفات مورد بررسی نشان دهنده توانایی بالقوه والدین در ایجاد هتروزیس و اهمیت پدیده فوق‌غالبیت در بروز برتری نتاج است. بهترین ترکیب‌های هیبریدی با عملکرد الیاف بالا حداقل یک والد در مورد صفت مورد نظر برتری نشان داد، که نشان می‌دهد که استفاده از لاین‌های برخوردار از صفات وابسته به عملکرد خوب و یا نسبتاً خوب احتمال بیشتری برای بهبود عملکرد با استفاده از روش تولید هیبرید را دارد. مشاهده هتروزیس مثبت در صفاتی همچون میکرونری، طول الیاف، یکنواختی استحکام و کشش نشان 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 تحقیقاتی هاشم‌آباد 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., Omid, M., & Mesbah, M. (2002). Study of compatibility 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 heritability 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-mediated 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). HETEROISIS STUDIES OF F1 AND F2 HYBRIDS FOR VARIOUS TRAITS OF *Gossypium hirsutum* L. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 52(2).

- Kaliyaperumal, 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 interspecific 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.

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

Rasmieh Hamid¹, Masoud Shahsavari³, 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

⁴ Physiology research and genetics expert, Cotton Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Gorgan, 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

*Corresponding author; omran_alishah@yahoo.com

trait. For other qualitative parameters, estimates of narrow heritability were high. Therefore, 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 play a role 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