

تنوع ژنوتیپی و اجزای همبسته با عملکرد، کیفیت الیاف و هتروزیس

در برخی هیبریدهای پنبه

عمران عالیشاه*

دانشیار و عضو هیات‌علمی مؤسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۶/۲۰

چکیده

بهبود عملکرد یکی از اهداف مهم به‌نژادی پنبه محسوب می‌شود و بهره‌گیری از هتروزیس به‌عنوان یکی از ابزارهای قدرتمند جهت ارتقای عملکرد و کیفیت الیاف پنبه همیشه مورد توجه به‌نژادگران پنبه بوده است. به منظور بررسی خصوصیات والدینی و میزان هتروزیس مفید قابل دستیابی در هیبریدهای پنبه، تلاقی‌های متعددی در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۱ انجام و بر اساس ارزیابی‌های مقدماتی تعداد ده هیبرید انتخاب و در سال ۱۳۹۳ در کنار ده ژنوتیپ والدینی و تجاری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار ارزیابی شدند و داده‌های آزمایشی با استفاده از روش‌های آماری و بیومتریک مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس صفات دلالت بر تنوع ژنوتیپی و اختلاف معنی‌دار بین هیبریدها و والدین مورد مطالعه برای اکثر صفات کمی و کیفی داشت. در بین هیبریدهای مورد بررسی، $Mehr \times BeliIzovar$ و $T2 \times Bakhtegan$ به ترتیب با عملکرد ۴۹۹۳ و ۴۸۷۶ کیلوگرم در هکتار در رتبه‌های اول و دوم قرار گرفتند و میزان هتروزیس عملکرد آنها نسبت به والد برتر مثبت و به ترتیب ۲۴/۷ و ۲۲/۸ درصد بود. بر اساس عملکرد و شاخص‌های کیفیت الیاف، هیبریدهای $Sahel \times Khordad$ و $Sahel \times B557$ در رتبه‌های بالاتر قرار گرفتند. رقم‌های والدینی ساحل، ورامین، گلستان و خرداد به ترتیب مناسب‌ترین والدین برای بهبود کیفیت الیاف، وزن غوزه و تعداد غوزه بودند. میزان هتروزیس عملکرد هیبریدها ارتباطی با پتانسیل والدین نشان نداد، ولی با میزان اختلاف والدین و ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) همبستگی نسبتاً قوی داشت و در بین ژنوتیپ‌های والدینی، بیشترین هتروزیس مربوط به تلاقی ژنوتیپ‌های داخلی و خارجی بود.

واژه‌های کلیدی: پنبه، همبستگی، ترکیب‌پذیری، شاخص کیفیت الیاف

مقدمه

کشت پنبه در درجه اول برای تولید الیاف و در درجه دوم برای تولید دانه و مصارف تغذیه‌ای، انجام می‌گیرد. تقریباً به طور متوسط ۳۲ تا ۳۸ درصد وزن وش^۱ را الیاف^۲ و ۵۵ تا ۶۰ درصد را دانه تشکیل می‌دهد و از نظر اقتصادی عملکرد الیاف از ارجحیت بیشتری نسبت به عملکرد دانه برخوردار است (سانگ و همکاران، ۲۰۱۵). پنبه در بیش از ۷۵ کشور جهان و در سطحی معادل ۳۴ میلیون هکتار کشت می‌شود که ۸۵ درصد آن مربوط به گونه‌های زراعی آپلند (*G. hirsutum*) و ۱۵ درصد نیز به سه گونه *G. barbadense* (معروف به پنبه‌های الیاف بلند) و پنبه‌های دیپلوئید آسیایی (*G. herbaceum*) و *G. arboreum* اختصاص دارد (یو، اس، دی، آ، ۲۰۱۵). هندوستان، چین، آمریکا، پاکستان، ازبکستان، برزیل، استرالیا، ترکیه، آرژانتین و ترکمنستان از ۱۰ کشور برتر تولید کننده پنبه در جهان به شمار می‌روند که نزدیک به ۸۸ درصد از تولید جهانی پنبه را به خود اختصاص می‌دهند (سینگ، ۲۰۱۱). میانگین عملکرد جهانی پنبه در سال ۲۰۱۴-۲۰۱۵ معادل ۷۸۳ کیلوگرم در هکتار (محلوج) گزارش گردید. استرالیا با عملکرد ۲۳۶۳ کیلوگرم در هکتار مقام اول، مکزیک با ۱۷۹۶ کیلوگرم در هکتار مقام دوم، ترکیه با ۱۶۲۰ کیلوگرم در هکتار مقام سوم را داشتند (آی، سی، ای، سی، ۲۰۱۵).

بهبود عملکرد یکی از اهداف مهم به‌نژادی پنبه محسوب می‌شود و بهره‌گیری از هتروزیس هیبریدها به‌عنوان یکی از ابزارهای قدرتمند جهت ارتقای عملکرد و کیفیت الیاف پنبه مورد توجه به‌نژادگران پنبه به شمار می‌رود (سانگ و همکاران، ۲۰۱۶). عملکرد و اجزای عملکرد پنبه از نظر ژنتیکی جزو صفات کمی و پیچیده محسوب می‌شوند که تحت تاثیر ژن‌های متعدد با اثرات کوچک، محیط و اثرات متقابل محیط و ژنتیک قرار می‌گیرند (گودوی و پالومو، ۱۹۹۹). عملکرد و اجزای عملکرد پنبه دارای واریانس افزایشی جزئی و توارث‌پذیری پایینی هستند (تانگ و همکاران، ۱۹۹۶)، از طرفی وجود همبستگی منفی بین برخی از صفات کیفی الیاف با عملکرد و صفات زراعی پنبه (فنگ و همکاران، ۲۰۱۱)، روند اصلاح و دستیابی به ارقامی با عملکرد بالا و کیفیت الیاف مطلوب را کند می‌سازد (سانگ و همکاران، ۲۰۱۴؛ وو و همکاران، ۲۰۱۰). برای صفاتی مانند عملکرد و برخی اجزای عملکرد که سهم واریانس‌های غیرافزایشی ژن در کنترل آنها بیشتر است، تولید ارقام هیبرید اهمیت پیدا می‌کند، در این راستا به‌نژادگران همیشه به دنبال لاین‌های اینبرد قدرتمند با قابلیت ترکیب‌پذیری بالاتر به منظور تولید هیبریدهای برتر هستند (دهقانپور و اهدایی، ۲۰۱۳).

برای توسعه یک برنامه به‌نژادی در اختیار داشتن اطلاعات مربوط به الگوی توارثی صفات و اهمیت نسبی اثرات ژنی بسیار حائز اهمیت است و تجزیه واریانس ژنتیکی، به درک کنترل ژنتیکی صفات و

1- Seed Cotton

2- Lint

برآورد واریانس‌های افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها کمک می‌کند (کای و همکاران، ۲۰۱۲؛ دهقانپور و اهدایی، ۲۰۱۳). راهبردهای اصلاحی مبتنی بر هیبریدها مستلزم برآورد سطح مورد انتظار هتروزیس و قابلیت ترکیب پذیری خصوصی (SCA) در تلاقی‌های مختلف است و مشخصات مطلوب هیبریدهای F1 نیز بستگی به انتخاب والدین مطلوب دارد (هوآنگ و همکاران، ۲۰۱۵).

هتروزیس یک پدیده طبیعی است که در هیبریدهای F1 حاصل از تلاقی والدین خالص و متفاوت بروز می‌کند و نشان دهنده برتری هیبریدها نسبت به والدین است (خان و همکاران، ۲۰۱۰؛ فو و همکاران ۲۰۱۴). این پدیده در صفات مختلف مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی اعم از اندازه جثه، سرعت رشد، زیست توده گیاه، مقاومت به تنش‌ها، باروری، محصول‌دهی و شایستگی جمعیت بروز می‌کند و در بسیاری از محصولات زراعی و دامی مورد توجه قرار گرفته است (کالو و همکاران، ۲۰۰۶؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۱۶). استفاده کاربردی از مزایای هتروزیس در محصولات زراعی ابتدا در ذرت و سپس در چغندر قند، سورگوم، پیاز، بادمجان، گوجه فرنگی، فلفل، برنج، پنبه، آفتابگردان و کلزا توسعه یافت (مچینگر و گامبر، ۱۹۹۸؛ فو و همکاران، ۲۰۱۴).

پدیده هتروزیس در پنبه برای اولین بار در سال ۱۸۹۴ توسط میل شناسایی شد (لودن و ریچموند ۱۹۵۱) و توسط کوک (۱۹۰۹) در هیبریدهای بین‌گونه‌ای پنبه (*G. barbadense* × *G. hirsutum*) بصورت کاربردی مورد استفاده قرار گرفت (خان و همکاران ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰). پس از آن، گزارشات زیادی را می‌توان یافت که به ظهور هتروزیس مثبت در صفات کمی و کیفی هیبریدهای درون و بین‌گونه‌ای پنبه اعم از وزن غوزه، تعداد غوزه، عملکرد، درصد روغن، ارتفاع، مقاومت به بیماری‌ها، صفات زراعی و صفات کیفی الیاف اشاره کردند (دیویس ۱۹۷۸؛ دیویس و پالیمو، ۱۹۸۰؛ مردیت ۱۹۸۴؛ سریواستاوا، ۲۰۰۰؛ وانگ و همکاران ۲۰۰۴؛ باسبگ و گنجرج، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۷؛ وی و همکاران، ۲۰۰۲؛ یوان و همکاران، ۲۰۰۲؛ وو و همکاران، ۲۰۰۴؛ دانگ و همکاران ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷؛ ژو و همکاران ۲۰۰۸؛ کانتازی و روپاکیاس ۲۰۱۰؛ آناندان، ۲۰۱۰؛ گدام و همکاران ۲۰۱۱).

درجه هتروزیس بر حسب گونه، فاصله ژنتیکی والدین، مرحله زایشی گیاه، نوع صفت و محیط رشد گیاه متفاوت است. دامنه تغییرات محیطی، شرایط تنش و غیر تنش، تیپ خاک، موقعیت، اقلیم، انرژی خورشیدی، دما و آب قابل دسترس روی میزان بروز هتروزیس در گیاهان هیبرید تاثیر می‌گذارد (مونارو و همکاران، ۲۰۱۱؛ بلوم ۲۰۱۳؛ فو و همکاران، ۲۰۱۴). برخی منابع به بیشتر بودن میزان هتروزیس در هیبریدهای بین‌گونه‌ای نسبت به هیبریدهای درون‌گونه‌ای پنبه اشاره کردند (بلوچ و همکاران ۱۹۹۳؛ ژانگ و همکاران ۲۰۰۷). نتایج برخی مطالعات نیز نشان داد میزان هتروزیس در صفات زراعی بیشتر از صفات تکنولوژیکی الیاف است و همچنین میزان هتروزیس مربوط به درصد روغن و پروتئین در پنبه، بینابین آنهاست (دیویس و پالیمو، ۱۹۸۰؛ باسبگ و گنجرج، ۲۰۰۰؛ ژو و

همکاران (۲۰۱۱). هوس و لالور (۱۹۸۶) اعلام داشتند که هیبریدهای حاصل از تلاقی *G. hirsutum* و *G. barbadense* از لحاظ عملکرد الیاف، کارایی جین‌زنی، طول الیاف، ظرافت الیاف و یکنواختی الیاف مشخصات بهتری در مقایسه با واریته‌های غیرهیبرید دارند. آنها همچنین به‌ظهور برخی صفات نامطلوب از جمله رشد رویشی، دیررسی، یکنواختی پایین الیاف و درصد بالای گره و موت در سطح الیاف هیبریدها نیز اشاره کردند. یوآن و همکاران (۲۰۰۲) و ژانگ و همکاران (۲۰۰۷) نیز اعلام داشتند هتروزیس در وزن غوزه غالباً در پنبه‌های آپلند^۱ دیده می‌شود و این وضعیت در پنبه‌های الیاف بلند^۲ کمتر به چشم می‌خورد.

میزان هتروزیس برای صفات مختلفی از جمله عملکرد، کیفیت الیاف و صفات مورفولوژیک پنبه از جنبه‌های ژنتیکی و فیزیولوژیکی مورد مطالعه قرار گرفت (هائو و همکاران، ۲۰۰۸؛ توکالیدیس و همکاران، ۲۰۰۸). بر اساس مطالعات انجام شده میزان هتروزیس برای عملکرد وش پنبه از ۱۵/۵ درصد تا ۳۵ درصد متغیر بود (ال-راوی و کوهل ۱۹۶۹؛ اقبال و همکاران ۲۰۰۳). دانگ و همکاران (۲۰۰۴) میزان افزایش عملکرد (هتروزیس) هیبریدهای حاصل از تلاقی ارقام محلی با ارقام تراریخته را نسبت به واریته‌های غیرهیبرید ۲۰ درصد گزارش نمودند. لوکت (۱۹۸۹) و مردیت و براون (۱۹۸۹) نیز هتروزیس صفات کیفی الیاف را ۵ تا ۱۰ درصد گزارش نمودند.

شناسایی هیبریدهای موفق و قابل قبول در برنامه‌های به‌نژادی، مستلزم صرف هزینه جهت انجام تلاقی‌های متعدد بین لاین‌های اینبرد و ارزیابی حجم زیادی از هیبریدهای تولید شده است. چه بسا این امر در گیاهان دگرگشن که دارای الگوی ژنتیکی هتروتیک هستند مشکل‌تر خواهد بود (گارنر و همکاران، ۲۰۰۹، سالمون و همکاران، ۲۰۱۲). تولید بذر هیبرید پنبه مستلزم کارگر فنی فراوان به منظور اخته کردن و گرده‌دهی بوده و به همین خاطر هزینه هر واحد بذر هیبرید تولیدی حداقل ۵ تا ۸ برابر بیشتر از بذور غیر هیبرید خواهد بود (دانگ و همکاران، ۲۰۰۳). ایالات متحده آمریکا اولین کشوری بود که از هتروزیس هیبریدهای پنبه آپلند در مقیاس وسیع استفاده کرد، ولی به دلیل هزینه‌های گزاف کارگری و همچنین عدم وجود سیستم‌های کارآمد نرعیمی و لاین‌های بازگشت دهنده باوری (رستورر)، تولید هیبرید در این کشور تداوم پیدا نکرده است. استفاده از سیستم نرعیمی سیتوپلاسمی و وجود لاین‌های برگشت‌دهنده باروری^۳ تولید هیبریدهای پرمحصول را تسهیل می‌کنند (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۷؛ ژو و همکاران، ۲۰۰۸). در حال حاضر در بین کشورهای تولیدکننده پنبه، هند، چین، پرو و فلسطین اشغالی کشورهایی هستند که پنبه هیبرید با هتروزیس قابل قبول تولید

1- *G. hirsutum*

2- *G. barbadense*

3- restorer

می‌کنند (لیانگ و همکاران، ۲۰۱۵). در کشور هندوستان از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۰ حدود ۵۰ رقم هیبرید توسط موسسات تحقیقاتی دولتی و بیش از ۸۰۰ هیبرید توسط شرکتهای خصوصی معرفی و آزادسازی شده است و در حال حاضر بیش از ۱۰ میلیون هکتار از پنبه کاری (بیش از ۸۵ درصد سطح کشت) این کشور تحت کشت ارقام هیبرید پنبه قرار دارد (سینگ و سینگ، ۱۹۹۹؛ عالی‌شاه، ۲۰۱۳؛ چائودری و همکاران، ۲۰۰۱؛ ICAC, 2014, 2015). چائودری (۱۹۹۷) یکی از مزیت‌های ارقام هیبرید را کاهش بذر مصرفی در واحد سطح (به میزان ۹۰ درصد) اعلام کرد. 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 (خان و همکاران، ۲۰۱۰؛ عالی‌شاه، ۲۰۱۳).

اهداف اصلاحی پنبه آپلند شامل عملکرد بالای پنبه دانه یا عملکرد الیاف، زودرسی، کیفیت خوب الیاف، سازگاری وسیع، مقاومت به تنشهای زنده و غیرزنده و رقم مناسب برداشت ماشینی است. با وجود تلاش‌های زیادی که در سرتاسر جهان برای اصلاح ارقام پنبه انجام شده، همچنان پتانسیل بهره‌برداری نشده وسیعی برای اصلاح صفات مختلف پنبه وجود دارد که می‌توانند در برنامه‌های به‌نژادی پنبه مورد توجه قرار گیرند (سینگ، ۲۰۰۳). با عنایت به اینکه بیش از ۹۴ درصد از پنبه زراعی ایران را پنبه‌های آپلند تشکیل می‌دهند و یکی از مهم‌ترین اهداف تحقیقاتی پنبه کشور دستیابی به ارقام پرمحصول و مناسب برای مناطق پنبه‌کاری کشور می‌باشد. در این راستا، تعداد ۲۰ دورگ FI در دو آزمایش مجزا طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۱ تولید و بر اساس نتایج ارزیابی مقدماتی انجام شده، ده هیبرید با ویژگی‌های برتر انتخاب شدند (عالی‌شاه، ۲۰۱۴) که در این تحقیق نتایج حاصل از ارزیابی هتروزیس و خصوصیات کمی و کیفی هیبریدهای برتر پنبه گزارش می‌گردد.

مواد و روش‌ها

مواد ژنتیکی مورد استفاده در این تحقیق شامل ده ژنوتیپ والدینی و ده هیبرید برتر حاصل از آزمایشات مقایسه عملکرد مقدماتی هیبریدهای پنبه بود که جزئیات مربوط به مشخصات لاین‌ها و منشأ آنها در جدول یک ارائه شده است.

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

نام رقم	منشاء	برخی ویژگی‌های مهم زراعی
Sahel	ایران	رقم تجاری معرفی شده در سال ۱۳۴۶، مناسب مناطق شمالی کشور، کیفیت الیاف ممتاز و متحمل به بیماری پژمردگی ورتیسیلیومی
Khordad	ایران	رقم تجاری مناسب استان خراسان و مناطق مشابه، معرفی شده در سال ۱۳۸۶، زودرس، پرمحصول و کیفیت الیاف استاندارد
BeliZovar	بلغارستان	زودرس، نسبتاً حساس به بیماری پژمردگی ورتیسیلیومی
B557	پاکستان	تیپ نیمه بسته، خیلی زودرس، عملکرد زیاد، کیفیت الیاف مطلوب، نسبتاً متحمل به بیماری پژمردگی ورتیسیلیومی
Mehr	ایران	رقم تجاری معرفی شده در سال ۱۳۷۴، زودرس، مناسب مناطقی با فصل رشد کوتاه مانند اردبیل و خراسان شمالی
Bakhtegan	ایران	رقم تجاری معرفی شده در سال ۱۳۶۵، مناسب استان فارس، کیفیت الیاف ممتاز، پرمحصول و نسبتاً متحمل به بیماری پژمردگی ورتیسیلیومی
Golestan	ایران	رقم تجاری معرفی شده در سال ۱۳۸۸، زودرس، پرمحصول و مناسب کشت دوم پنبه پس از برداشت گندم یا کلزا
Varamin	ایران	رقم تجاری معرفی شده در سال ۱۳۴۶، مناسب مناطق مرکزی و شرقی کشور، کیفیت الیاف ممتاز و حساس به بیماری پژمردگی ورتیسیلیومی
No200	یونان	زودرس، پرمحصول، متحمل به تنش‌های محیطی (شوری و خشکی)
T2	ایران	ژنوتیپ دورگ داخلی، تیپ نیمه بسته، خیلی زودرس، عملکرد زیاد، کیفیت الیاف مطلوب، نسبتاً متحمل به بیماری پژمردگی ورتیسیلیومی
S492	یونان	زودرس، پرمحصول، حساس به گرما و ریزش گل و غنچه
Tabladila	اسپانیا	متوسط رس، پرمحصول، تحمل نسبی به تنش خشکی، نسبتاً پرمحصول

به‌منظور تولید هیبرید، لاین‌های خالص ژنوتیپ‌های والدینی در قالب آزمایش تلاقی دای‌آل در قطعات کراسینگ بلوک کشت شده و تلاقی داده شدند. لاین‌های والدینی در ۱۳۸۹ و ۱۳۹۱ در ایستگاه تحقیقات پنبه هاشم آباد گرگان در قطعات کراسینگ بلوک شامل چهار خط مادری و دو خط پدری (والد گرده) کشت شدند. فواصل لاین‌های مادری ۱۲۰ سانتی‌متر و فواصل خطوط پدری ۸۰ سانتی‌متر و فواصل بوته روی خطوط نیز برای والدین 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 گرده دهی 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. از بین هیبریدهای F1 تولید شده، تعداد ده هیبرید برتر بر اساس خصوصیات کمی و کیفی و زراعی انتخاب شدند و در سال ۱۳۹۳ در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی و در سه تکرار 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 ایستگاه تحقیقات پنبه هاشم آباد گرگان 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 میکرونری (ظرافت الیاف) و شاخص کیفیت الیاف (فرمول ۲) بودند. 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.

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

$$QI = (F1 \times Stg \times Hom) / Mic \quad \text{فرمول ۲}$$

که در رابطه‌های فوق، EI شاخص زودرسی، Y1، Y2 و Yn عملکرد چین‌های اول، دوم و nام، QI شاخص کیفیت الیاف، F1 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^۱ (HPH) و همچنین نسبت به رقم تجاری منطقه (هتروزیس مفید) (HU) با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه گردید؛

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

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

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

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

تجزیه و تحلیل آماری شامل تجزیه واریانس داده‌های آزمایشی (ANOVA) و مقایسه میانگین صفات به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن (استیل و توری، ۱۹۹۷) با استفاده از نرم‌افزار SAS (SAS Institute, 2004) انجام شد. ضرایب همبستگی پیرسون متغیرهای آزمایشی و همچنین برای میانگین ارزش صفت در والدین با قابلیت ترکیب پذیری خصوصی (f_{SCA,MP}) و میانگین ارزش صفت در والدین

نر و ماده) با F1 مربوطه (F_{F1-MP}) با استفاده از نرم افزار SPSS تعیین گردید. برای آنالیز گرافیکی از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه آماری: نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایشی در جدول ۲ و نتایج مقایسه میانگین صفات کمی و کیفی در جدول ۳ ارائه گردید. بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر ژنوتیپ روی عملکرد، زودرسی، وزن غوزه، کیل الیاف، طول الیاف، میکرونری و شاخص کیفیت الیاف در سطح آماری یک درصد و برای صفاتی چون ارتفاع بوته، یکنواختی و کشش الیاف در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲) که این امر دلالت بر وجود تنوع ژنتیکی در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و امکان عملیات به‌گزینی جهت انتخاب لاین یا ژنوتیپ‌های برتر برای اهداف خاص زراعی را خواهد داشت که الاکی و همکاران (۲۰۰۸)، ردی و همکاران (۲۰۱۲) و واشیستا و همکاران (۲۰۱۳) نیز به اهمیت این موضوع در به‌نژادی گیاهان اشاره کردند. رامکومار و همکاران (۲۰۰۷) و والاس و همکاران (۲۰۰۸) معنی‌دار شدن میانگین مربعات را نشان دهنده تأثیر ژنوتیپ بر صفات کمی و کیفی و همچنین امکان تجزیه و تحلیل ژنتیکی صفات به‌منظور شناسایی ژن‌های مطلوب با وظایف خاص (مانند مقاومت به تنش‌های محیطی) دانستند.

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس صفات کمی و کیفی در ژنوتیپ‌های والدینی و هیبریدهای F1 پنبه

صفات	تکرار	ژنوتیپ	خطا	ضریب تغییرات	میانگین ژنوتیپ‌ها
عملکرد	۶۳۴۶۸/۹۷ ^{ns}	۵۴۳۲۲۰/۵۸ ^{**}	۱۰۳۱۰۰/۵۱	۱۵/۷	۴۲۲۶/۴
زودرسی	۱۶۷/۰۱ ^{**}	۵۸/۴۲ ^{**}	۱۴/۷۷	۱۲/۸	۸۰/۱۴
ارتفاع بوته	۳۶۱/۷۳ [*]	۱۷۷/۲۰ [*]	۹۲/۷۲	۹/۶	۱۳۶/۵
وزن غوزه	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۵۵ ^{**}	۰/۱۱	۱۰/۴	۶/۰۴
کیل	۰/۳۴ ^{ns}	۱۲/۴۲ ^{**}	۲/۲۴	۴/۰	۳۷/۴
شاخص کیفیت الیاف	۸۰۹۶۷۰/۱۱ ^{ns}	۱۷۹۹۵۳۶۰/۷۱ ^{**}	۲۹۵۷۹۸۰/۱۰	۹/۰	۱۹۱۲۵/۶
طول الیاف	۰/۱۰ ^{ns}	۵/۲۷ ^{**}	۱/۸۷	۴/۵	۳۰/۷
یکنواختی الیاف	۰/۱۲ ^{ns}	۴/۵۴ [*]	۲/۲۲	۱/۷	۸۶/۴
شاخص میکرونری	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۲۲ ^{**}	۰/۰۳	۴/۱	۴/۵
کشش الیاف	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۰۶ [*]	۰/۰۴	۲/۸	۷/۱
درجه آزادی	۲	۱۹	۳۸	-	-

ns: عدم اختلاف معنی‌دار؛ * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح آماری ۵ و ۱ درصد

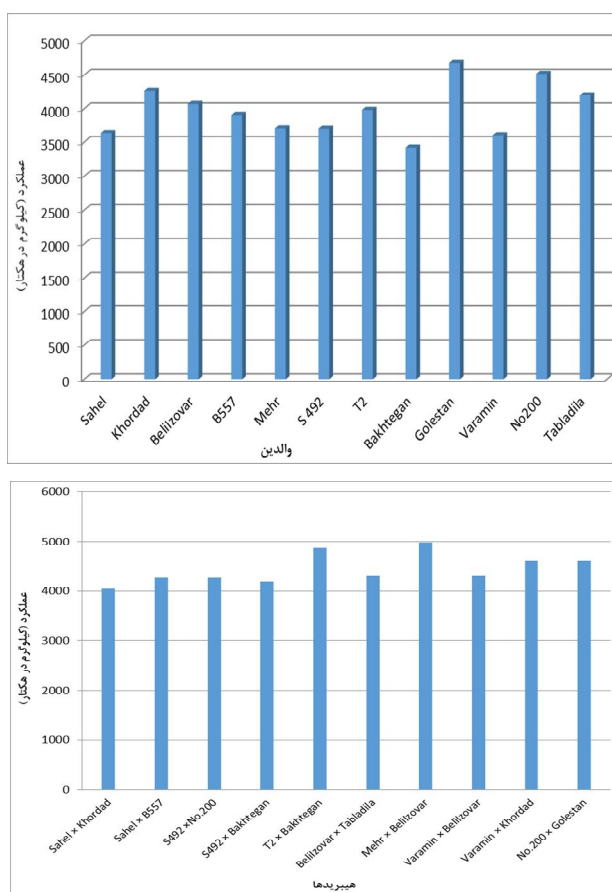
میانگین صفات کمی و کیفی در والدین و هیبریدها: تجزیه آماری داده‌ها و مقایسه میانگین عملکرد والدین و هیبریدها (جدول ۳) دلالت بر اختلاف معنی‌دار این صفت در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه داشت. در بین والدین آزمایش، ارقام گلستان، No.200 و خرداد به ترتیب با عملکرد ۴۶۷۰، ۴۵۱۵ و ۴۲۶۲ کیلوگرم در هکتار در رتبه نخست قرار داشتند که به‌عنوان ژنوتیپ‌های پرمحصول گروه بندی شدند. ارقام تابلا دیلا و بلی‌ایزوار با عملکرد ۴۱۹۲ و ۴۰۶۶ کیلوگرم در هکتار در رتبه‌های بعدی قرار داشتند که به‌عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد متوسط و سایر ارقام والدینی نیز به‌عنوان ارقامی با عملکرد پایین‌تر از متوسط گروه بندی شدند. میانگین عملکرد والدین ۳۹۹۸ کیلوگرم در هکتار برآورد گردید.

بر اساس نتایج حاصل، ارقامی مانند گلستان، No.200 و خرداد با منشاء تقریباً مشابه همراه با رقم تابلا دیلا و بلی‌ایزوار در گروه عملکردی بالاتر از ۴ تن قرار گرفتند که این امر می‌تواند نشان دهنده اثرات جهت‌دار محیط بر تجمع ژنهای مطلوب در مراحل سازگاری باشد. سایر ژنوتیپ‌های والدینی دارای عملکرد کمتر از ۴ تن (۳۶۰۰ تا ۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) بودند (جدول ۳). والد بختگان (۳۴۲۰) و پس از آن ارقام ساحل (۳۶۳۷) و ورامین (۳۶۰۴) کمترین عملکرد را در بین والدین نشان دادند که این امر برتری رقم‌های جدید (نسبت به ارقام قدیمی‌تر ساحل، ورامین و بختگان) و اثربخشی فعالیت‌های به‌نژادی را تایید می‌نماید. میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های والدینی ۳۹۷۲ کیلوگرم در هکتار و میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های هیبرید ۴۴۵۴ کیلوگرم در هکتار با دامنه عملکرد ۴۰۴۵ تا ۴۹۹۳ برآورد گردید که نشان از برتری هیبریدها نسبت به والدین داشت (جدول ۶). در بین هیبریدها نیز دو هیبرید Mehr×BeliIzovar و T2×Bakhtegan به‌ترتیب با عملکرد ۴۹۹۳ و ۴۸۷۶ کیلوگرم در هکتار و زودرسی ۸۳ و ۸۸ درصد در رتبه نخست قرار داشتند که به‌عنوان هیبریدهای پرمحصول و زودرس ظاهر شدند (شکل ۲). پس از آن، هیبریدهای Varamin× Khordad و No.200× Golestan به‌ترتیب با عملکرد ۴۶۱۸ و ۴۶۲۵ کیلوگرم در هکتار در گروه هیبریدهای با عملکرد متوسط و سایر هیبریدها نیز در گروهی مجزا با عملکرد پایین‌تر از متوسط (۴۴۵۴ کیلوگرم در هکتار) گروه‌بندی شدند (جدول ۳).

بررسی نقش و تاثیر خصوصیات والدینی در تولید هیبریدهای پرمحصول نشان داد که والد‌های گلستان و No.200 با وجود عملکرد بالا نتوانستند هیبریدهای قوی از لحاظ عملکردی تولید نمایند. این بدان معنی است که والدین پرمحصول الزاماً تولید هیبریدهای پرمحصول نخواهند کرد، بلکه والدین ضعیف نیز می‌توانند هیبریدهایی با هتروزیس قوی تولید نمایند و در بروز هتروزیس و عملکرد هیبریدها، قابلیت ترکیب پذیری و ترکیبات ژنی حاصل از تلاقی دو والد نقش تعیین‌کننده دارد. عملکرد یک صفت پیچیده است که تحت تاثیر ژنتیک، محیط و اثرات متقابل آنها قرار می‌گیرد و مطابق گزارش عالی‌شاه و همکاران (۲۰۰۹) و سوزا و ملوف (۲۰۰۳) تظاهر صفت در هیبریدها تابع

قابلیت ترکیب پذیری والدین بوده و هر چه نقش اثرات افزایشی ژن نسبت به اثرات غیرافزایشی در کنترل صفت بیشتر باشد، امکان ارتقاء و اصلاح صفت از طریق سلکسیون راحت‌تر است و با افزایش سهم اثرات غیرافزایشی، بهبود صفت از طریق تولید رقم‌های هیبرید اهمیت پیدا می‌کند.

بر اساس نتایج ارزیابی زودرسی، ارتفاع بوته، وزن و تعداد غوزه ژنوتیپ‌های والدینی و هیبریدها (شکل ۲)، در بین والدین ارقام ساحل، بختگان و ورامین کمترین زودرسی و والدین T2 و تابلاذیلا بیشترین زودرسی را داشتند و در بین هیبریدها نیز هیبرید S492 × No.200 دیررس‌ترین و هیبریدهای Belilzovar × Tabladila و T2 × Bakhtegan زودرس‌ترین بودند. صفت زودرسی از دیدگاه زراعی اهمیت دارد زیرا ضمن فراهم ساختن امکان فرار گیاه از خسارت تنش‌های زنده و غیرزنده (به ویژه سرما و یخبندان‌های پاییزه)، شرایط لازم برای اجرای سیستم چندکشتی، برداشت مکانیزه، بهبود کیفیت محصول و کاهش هزینه برداشت را فراهم می‌سازد (انجوم و همکاران، ۲۰۰۱).



شکل ۱. مقایسه نموداری عملکرد لاین‌های والدینی و هیبریدهای پنبه

از لحاظ طول الیاف، هیبریده‌های Sahel × Khordad و Sahel × B557 (به ترتیب ۳۳ و ۳۲/۱ میلی‌متر) و والدهای خرداد، ساحل، B557 و گلستان (به ترتیب ۳۲/۱، ۳۱/۹، ۳۱/۳ و ۳۱/۲ میلی‌متر) در رتبه‌های نخست بودند. هیبریده‌های Mehr × Belizovar و T2 × Bakhtegan به ترتیب با ۲۹ و ۲۹/۴ میلی‌متر و والدهای Mehr و Belizovar به ترتیب با ۲۷/۴ و ۲۹ میلی‌متر دارای کمترین طول الیاف بودند (جدول ۳). بررسی نتایج دلالت بر این داشت که صفت طول الیاف یک صفت ژنتیکی و توارث‌پذیر است که از والدین به نتاج منتقل می‌شود و والدهای ساحل، خرداد و B557 ترکیب‌شونده‌های خوبی برای بهبود طول الیاف شناخته شدند، این در حالی است که والدهای مهر و بل‌ایزووار تاثیر منفی در طول الیاف هیبریدها داشتند.

عدد میکرونی به‌عنوان شاخص اندازه‌گیری ظرافت الیاف پنبه بوده و نمایانگر انباشت سلولز در دیواره و قطر رشته‌های الیاف است به طوری که هر چه الیاف ظریف‌تر باشد جریان هوا از لابلای الیاف کندتر (بدلیل سطح تماس بیشتر) و عدد میکرونی نیز کمتر است. در بین والدین رقم ساحل کمترین (۳/۹) و رقم‌های مهر و گلستان بیشترین مقدار میکرونی (۴/۹) را داشتند. در بین هیبریدها نیز هیبرید Sahel × Khordad (۴/۰) کمترین و هیبرید Varamin × Khordad (۴/۹) و S492 × Bakhtegan و Mehr × Belizovar (۴/۸) بیشترین مقدار میکرونی را دارا بودند. (جدول ۳). میانگین عدد میکرونی در هیبریدها و والدین به ترتیب ۴/۶ و ۴/۵ برآورد گردید (جدول ۶). بنابراین با توجه به الگوی انتقال بین نسلی و تغییرات صفت در والدین و هیبریدها، چنین دریافت می‌شود که به‌گزینی والدین مناسب در موفقیت اصلاح این صفت نقش تاثیر گذار دارد.

در بین والدین نیز والدهای No.200، ورامین و تابلاذیلا (به ترتیب ۳۴/۳، ۳۳/۹ و ۳۳/۸ گرم بر تکس) دارای بیشترین و رقم مهر (۲۹/۰ گرم بر تکس) کمترین استحکام الیاف را دارا بودند. در بین هیبریدها نیز هیبریده‌های Sahel × B557، S492 × Bakhtegan، Sahel × Khordad و Varamin × Belizovar (به ترتیب با ۳۵، ۳۴/۵، ۳۴/۲ و ۳۴/۱ گرم بر تکس) بیشترین و هیبرید No200 × Golestan کمترین استحکام الیاف را دارا بودند (جدول ۳). این در حالی است که میانگین استحکام الیاف در هیبریدها و والدین آنها به ترتیب ۳۲/۹ و ۳۲/۵ گرم بر تکس برآورد گردید (جدول ۶). بنابراین، ترکیب ژن‌های والدینی و اثرات متقابل آنها نقش بیشتری در تعیین استحکام الیاف نتاج ایفا می‌کند. از لحاظ یکنواختی الیاف نیز والدهای ساحل، بختگان و No.200 رتبه‌های برتر را کسب نمودند. در بین هیبریدها نیز Belizovar × Tabladila با ۸۸/۲ درصد بیشترین یکنواختی الیاف را دارا بود.

درصد کیل بیانگر درصد الیاف یک وش و یا نسبت وزن الیاف به وزن وش است و به‌طور غیر مستقیم بیانگر ارزش تجاری و بازرگانی محصول تولیدی است. هر چه درصد کیل یک ژنوتیپ بالاتر باشد، میزان الیاف استحصالی (محلوج) طی فرایند تصفیه وش نیز بیشتر خواهد بود و این موضوع برای

صنایع پنبه پاک‌کنی و سودآوری آنها بسیار حائز اهمیت است (سینگ، ۲۰۰۳؛ آناندان، ۲۰۱۰). میانگین درصد کیل الیاف در والدین ۳۷/۴ درصد و در هیبریدهای حاصل از تلاقی آنها ۳۸ درصد بود (جدول ۶). در بین والدین، ژنوتیپ‌های ساحل و گلستان به ترتیب با ۴۰/۱ و ۳۹/۹ درصد بالاترین درصد کیل را دارا بودند. این در حالی بود که والدهای مهر و بخنگان کمترین درصد کیل (به ترتیب ۳۴/۲ و ۳۴/۳ درصد) را داشتند. در بین هیبریدها نیز Sahel × Khordad و پس از آن Sahel × B557 دارای بیشترین (۴۰/۲ و ۳۹/۸) و Mehr × Belizovar دارای کمترین (۳۳/۴) درصد کیل الیاف بودند (جدول ۳). درصد کیل یکی از اجزای عملکرد الیاف به‌شمار می‌رود که همبستگی مثبت با عملکرد الیاف نشان می‌دهد، به همین خاطر در بیشتر برنامه‌های اصلاحی پنبه به بهبود این صفت توجه گردیده (هاکینسون و استوارت، ۱۹۷۷ و کوپل و اسمیت، ۱۹۹۷) و فشار سلکسیون روی درصد الیاف موجبات کاهش اندازه دانه و خسارت پذیری آن در مراحل جین‌زنی را در پی داشته است (هاس، ۲۰۰۲).

شاخص کیفیت الیاف در برگیرنده چندین فاکتور کیفی است که ارزش کیفی و صنعتی الیاف پنبه در تولید نخ و پارچه‌های با کیفیت را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج این تحقیق، والد ساحل و هیبرید Sahel × Khordad (به ترتیب با ۲۳۵۸۲ و ۲۴۶۹۴) دارای بالاترین شاخص کیفیت الیاف بودند و هیبرید Sahel × B557 در رتبه بعدی قرار داشت که بدین ترتیب نقش رقم ساحل و امکان انتقال خصوصیات کیفی از والدین به نتاج بخوبی نمایان می‌شود. نتایج حاصل نشان داد که انتخاب والدین مناسب جهت شرکت در تلاقی‌ها و اثربخشی آنها در اصلاح صفات کیفی الیاف بسیار حائز اهمیت است و می‌توان از رقم ساحل به‌عنوان والد بخشنده در تلاقی‌های برگشتی به منظور اصلاح کیفیت الیاف استفاده کرد. رقم مهر و هیبرید Mehr × Belizovar پایین‌ترین شاخص کیفیت الیاف را نشان دادند (جدول ۳).

همبستگی صفات: در تجزیه و تحلیل ارتباط بین صفات، همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد وش با تعداد غوزه (۰/۷۵) و میکرونری الیاف (۰/۴۴) مشاهده گردید (جدول ۴) که نشان از وجود یک رابطه ذاتی قوی بین متغیر وابسته (عملکرد) با متغیرهای مستقل (تعداد غوزه و میکرونری الیاف) به واسطه پیوستگی ژن (لینکاژ) و یا اثرات پلیوتروپیک ژن است (بوکانسکی و همکاران، ۲۰۰۹). همبستگی مثبت عملکرد با میکرونری الیاف دلالت بر آن دارد که ارقامی با میکرونری کمتر (ظرافت الیاف بیشتر) دارای عملکرد کمتری هستند که این نتیجه با گزارش کلیمنت و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت می‌نماید. با توجه به نتایج، تعداد غوزه در بوته به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد شناخته شد که نقش تعیین‌کننده در عملکرد والدین و هیبریدهای پنبه داشت و می‌توان از آن

به‌عنوان یک شاخص انتخاب مناسب برای اصلاح و بهبود عملکرد ارقام بهره‌برد. کویل و اسمیت (۱۹۹۷) و زنگ و همکاران (۲۰۱۴) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند.

جدول ۳: میانگین عملکرد و شاخص‌های تکنولوژیکی الیاف در ژنوتیپ‌های والدینی و هیبریدهای F1 پنبه

ارقام	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	طول الیاف (میلی‌متر)	شاخص میکروژنی (میکروگرم بر اینچ)	استحکام الیاف (گرم بر تکس)	یکنواختی الیاف (درصد)	کیل (درصد)	شاخص کیفیت الیاف
Sahel × Khordad	۴۰۴۵/۰	c-e	۳۳/۰	a	۴/۰	e	۳۳/۰
Sahel × B557	۴۲۷۹/۵	b-e	۳۲/۱	ab	۴/۵	bcd	۳۲/۱
S492 × No200	۴۲۷۹/۵	b-e	۲۹/۶	b-d	۴/۶	a-d	۲۹/۶
S492 × Bakhtegan	۴۲۰۱/۲	c-f	۳۱/۲	a-c	۴/۸	abc	۳۱/۲
T2 × Bakhtegan	۴۸۷۶/۷	ab	۲۹/۴	cd	۴/۴	cd	۲۹/۴
Belizovar × Tabladila	۴۳۱۰/۸	b-e	۳۰/۹	a-c	۴/۷	abc	۳۰/۹
Mehr × Belizovar	۴۹۹۳/۰	a	۲۹/۰	cd	۴/۸	ab	۲۹/۰
Varamin × Belizovar	۴۳۱۴/۲	b-e	۳۱/۵	a-c	۴/۶	a-d	۳۱/۵
Varamin × Khordad	۴۶۱۸/۰	a-c	۳۱/۵	a-c	۴/۹	a	۳۱/۵
No200 × Golestan	۴۶۲۵/۰	a-c	۳۱/۰	a-c	۴/۷	abc	۳۱/۰
Sahel	۳۶۳۷/۲	fg	۳۱/۹	ab	۳/۹	e	۳۱/۹
Khordad	۴۲۶۲/۲	b-e	۳۲/۱	ab	۴/۶	a-d	۳۲/۱
Belizovar	۴۰۶۶/۰	c-f	۲۹/۰	cd	۴/۶	a-d	۲۹/۰
B557	۳۹۰۹/۷	d-g	۳۱/۳	a-c	۴/۳	d	۳۱/۳
Mehr	۳۷۰۶/۶	e-g	۲۷/۴	d	۴/۹	a	۲۷/۴
Bakhtegan	۳۴۲۰/۲	g	۳۰/۱	bc	۴/۴	cd	۳۰/۱
Golestan	۴۶۷۰/۱	a-c	۳۱/۲	a-c	۴/۹	a	۳۱/۲
Varamin	۳۶۰۴/۲	fg	۳۰/۶	a-c	۴/۴	cd	۳۰/۶
No200	۴۵۱۵/۶	a-d	۳۰/۲	bc	۴/۵	bcd	۳۰/۲
Tabladila	۴۱۹۲/۷	c-f	۳۰/۵	a-c	۴/۷	abc	۳۰/۵

حرف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشد.

مقدار و جهت همبستگی عملکرد و شاخص با میزان زودرسی محصول در منابع مختلف، متفاوت گزارش شده است. در برخی منابع به همبستگی مثبت بین عملکرد و زودرسی و در برخی نیز به همبستگی منفی اشاره شده است (آناندان، ۲۰۱۰؛ سانگ و همکاران، ۲۰۱۴؛ وو و همکاران، ۲۰۱۰). با این وجود

در مطالعه حاضر همبستگی بین دو صفت مذکور مثبت ولی غیرمعنی‌دار (۲۳ درصد) بود که این نتیجه دلالت بر نقش ژنهای مثبت در بهبود صفات و خلق ژنوتیپ‌های برتر و همچنین امکان اصلاح و بهبود همزمان عملکرد و زودرسی در ارقام پنبه دارد (سوجی‌پریاتی و همکاران، ۲۰۰۳). ریگو و همکاران (۲۰۱۴) و زیشان و همکاران (۲۰۱۳) درجه همبستگی بین صفات را با نوع و اندازه جمعیت مورد مطالعه مرتبط دانستند و اشاره کردند که شناخت و طبیعت ارتباط بین اجزای یک صفت می‌تواند در افزایش کارایی سلکسیون و امکان استفاده بهینه از متغیرهای مختلف مفید و مؤثر باشد. آلاکی و همکاران (۲۰۰۸) ضریب همبستگی برخی صفات را به اثرات تغییر دهنده محیط بر روی صفت همبسته نسبت دادند.

شاخص کیفیت الیاف همبستگی مثبت و معنی‌دار با طول، استحکام، یکنواختی و درصد کیل الیاف و همبستگی منفی و معنی‌دار با میکرونری و تعداد غوزه و همچنین همبستگی منفی غیرمعنی‌دار (۰/۳۰-) با عملکرد وش نشان داد. در برخی گزارشات به همبستگی مثبت بین عملکرد و استحکام الیاف، و همبستگی منفی بین عملکرد و طول الیاف اشاره شده است (تیاگی، ۱۹۸۷؛ زنگ و مردیت، ۲۰۰۹). وجود همبستگی منفی بین دو متغیر بدان معنی است که سلکسیون بر نفع یک صفت منجر به کاهش ارزش صفت دیگر می‌شود که این امر برای اصلاح همزمان عملکرد (از طریق افزایش تعداد غوزه در بوته) و کیفیت الیاف در ارقام پنبه یک چالش محسوب می‌شود. نتایج این تحقیق با گزارشات ال‌جیبوری و همکاران (۱۹۵۸)، کالپ و همکاران (۱۹۷۹)، زنگ و مردیت (۲۰۰۹) کلیمنت و همکاران (۲۰۱۲ و ۲۰۱۵) مطابقت دارد. برای غلبه بر روابط منفی بین عملکرد و کیفیت الیاف پنبه، لازم است به‌نژادگران ضمن انتخاب اندازه مناسب جمعیت اولیه، از روشهای سلکسیون دوره‌ای و تلاقی در داخل بهترین ترکیبات اصلاحی بهره بگیرند که این امر وقت‌گیر و نیاز به کار فراوان دارد (بومن و همکاران، ۲۰۰۴).

هتروزیس صفات: بر اساس نتایج این تحقیق، هیبریدهای حاصل از تلاقی والدین مختلف از لحاظ وزن غوزه، تعداد غوزه، شاخص کیفیت الیاف، عملکرد، درصد کیل، طول الیاف، استحکام و یکنواختی الیاف هیبریدها نسبت به والدین برتری نشان دادند (جدول ۶). از لحاظ وزن غوزه هیبرید $Varamin \times Khordad$ و $Varamin \times Belizovar$ ، از لحاظ تعداد غوزه هیبرید $Varamin \times Khorda$ و $No200 \times Golestan$ به ترتیب در رتبه‌های اول و دوم قرار گرفتند که این امر را می‌توان به نقش مثبت ژنهای والد ورامین در بهبود وزن غوزه و ژنهای انتقالی از والد‌های گلستان و خرداد در بهبود تعداد غوزه نسبت داد.

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

یکنواختی	استحکام	میکرونی	طول الیاف	عملکرد وش	شاخص کیفیت	تعداد غوزه	وزن غوزه	ارتفاع	زود رسی	صفات
									۱	زودرسی
								۱	۰/۲۳	ارتفاع
						۱	۰/۰۸		-۰/۱۹	وزن غوزه
							-۰/۱۸	۱	۰/۱۷	تعداد غوزه
					۱		۰/۳۰	-۰/۰۵	-۰/۰۸	شاخص کیفیت
				۱	-۰/۳۰		۰/۷۵**	۰/۰۲	۰/۲۳	عملکرد
			۱	۰/۰۴	۰/۷۱**		-۰/۰۶	۰/۲۲	۰/۰۲	طول الیاف
		۱	-۰/۴۱*	۰/۴۴*	-۰/۸۲**		۰/۴۹*	-۰/۱۱	-۰/۰۱	میکرونی
	۱	-۰/۵۰**	۰/۴۷*	-۰/۱۷	۰/۸۱**		-۰/۲۸	۰/۳۶	-۰/۰۵	استحکام
۱	۰/۵۷**	-۰/۱۰	۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۴۱*		۰/۰۵	۰/۱۹	-۰/۳۹*	یکنواختی
۰/۰۵	۰/۲۱	-۰/۲۸	۰/۴۵*	۰/۰۴	۰/۵۰**		-۰/۱۹	۰/۲۶	-۰/۱۳	کیل

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح آماری ۵ و ۱ درصد

میانگین هتروزیس عملکرد (MPH) در تمامی هیبریدها مثبت (۱۳/۷ درصد) و دامنه آن از ۰/۷ تا ۳۳/۱ درصد متغیر بود (جدول ۵ و ۶). هیبرید T2×Bakhtegan بیشترین هتروزیس (۳۳/۱ درصد) را برای عملکرد وش نشان داد، در همین رابطه هیبرید No.200× Golestan دارای کمترین میزان هتروزیس (۰/۷ درصد) نسبت به میانگین والدین بود. در بررسی هتروزیس هیبریدها نسبت به والد برتر (HPH)، سه هیبرید No.200× S492× Sahel× Khordad و No.200× Golestan دارای هتروزیس منفی بودند. اما سایر هیبریدها دارای هتروزیس مثبت نسبت به والد برتر خود بودند و در این بین هیبریدهای T2×Bakhtegan و Mehr× Belizovar به ترتیب با ۲۴/۷ و ۲۲/۸ درصد دارای بیشترین هتروزیس مثبت نسبت به والد برتر خود بودند (جدول ۵). در منابع مختلف میزان هتروزیس عملکرد وش متفاوت گزارش شده است به طوری که آنان‌دان (۲۰۱۰) میزان هتروزیس عملکرد وش را ۳۲/۴ درصد، کادی و همکاران (۱۹۹۶) میزان هتروزیس عملکرد وش را ۳۵/۲ درصد، آنان‌دان و همکاران (۲۰۰۴) ۲۵/۲ درصد و صدیقی و پاتیل (۱۹۹۴) میزان هتروزیس را ۱۱/۱۷- درصد گزارش کردند. تنوعات مشاهده شده در میزان هتروزیس از یک سو ممکن است ناشی از نوع مواد ژنتیکی و شرایط محیطی آزمایش باشد و از سوی دیگر این طیف تنوع دلالت بر ظرفیت روش‌های کلاسیک اصلاحی در بهبود صفات مذکور دارد.

در ارزیابی هتروزیس مفید هیبریدها نسبت به رقم تجاری گلستان، هیبریدهای Mehr× Belizovar و T2×Bakhtegan دارای هتروزیس مفید مثبت و سایر هیبریدها دارای هتروزیس مفید منفی برای عملکرد بودند (جدول ۵). میانگین هتروزیس برای وزن غوزه ۵/۱ درصد برآورد گردید که

پس از عملکرد، رتبه دوم را از نظر میزان هتروزیس تظاهر یافته داشت. نتایج بدست آمده با گزارشات یوان و همکاران (۲۰۰۲) و ژانگ و همکاران (۲۰۰۷) در خصوص ظهور هتروزیس در وزن غوزه پنبه‌های آپلند مطابقت داشت.

هتروزیس ارتفاع بوته اگرچه منفی بود، ولی مقدار آن نزدیک به صفر (۰/۱۴-) برآورد گردید که این امر بیانگر عدم تغییر ارتفاع بوته به واسطه دورگ‌گیری می‌باشد و ارتفاع بوته در اغلب هیبریدها مشابه میانگین والدین‌شان بود (جدول ۵).

میزان هتروزیس در صفات تکنولوژیکی الیاف (طول، میکرونری، استحکام، کشش، یکنواختی و شاخص کیفیت الیاف) از دامنه ۰/۹ تا ۲/۱ درصد برخوردار بود که در مقایسه با هتروزیس عملکرد و وزن غوزه پایین‌تر بود (جدول ۵). ناداراجان و سری‌رانگاسامی (۱۹۹۱)، کوسایا و راویندران (۱۹۹۶) و کوستا و همکاران (۱۹۹۸) مقادیر متنوعی از هتروزیس را برای ویژگیهای الیاف پنبه گزارش نمودند. دیویس و پالیمو (۱۹۸۰)، باسبگ و گنجر (۲۰۰۰) و ژو و همکاران (۲۰۰۸) نیز به کمتر بودن هتروزیس صفات کیفی الیاف پنبه نسبت به صفات زراعی اشاره کرده بودند.

جدول ۵: میانگین هتروزیس (H_U و H_{PH} , H_{MP}) عملکرد و ش در هیبریدهای جدید پنبه

نام تلاقی	P1	P2	F1	Y_{MP}	Y_{HP}	MPH	HPH	UH
Sahel× B557	۳۶۳۷	۳۹۰۹	۴۲۷۹	۳۷۷۳	۳۹۰۹	۱۳/۴	۹/۵	-۸/۴
Sahel× Khordad	۳۶۳۷	۴۲۶۲	۴۰۴۵	۳۹۴۹	۴۲۶۲	۲/۴	-۵/۱	-۱۳/۴
No.200× Golestan	۴۵۱۵	۴۶۷۰	۴۶۲۵	۴۵۹۲	۴۶۷۰	۰/۷	-۰/۹۷	-۰/۹۶
Varamin× Belilzovar	۳۶۰۴	۴۰۶۶	۴۳۱۴	۳۸۳۵	۴۰۶۶	۱۲/۵	۶/۱	-۷/۶
S492×No.200	۳۶۰۰	۴۵۱۶	۴۲۷۹	۴۰۵۸	۴۵۱۶	۵/۴	-۵/۲	-۸/۴
Mehr× Belilzovar	۳۷۰۶	۴۰۶۶	۴۹۹۳	۳۸۸۶	۴۰۶۶	۲۸/۵	۲۲/۸	۶/۹
Belilzovar× Tabladila	۴۰۶۶	۴۱۹۳	۴۳۱۱	۴۱۲۹	۴۱۹۳	۴/۴	۲/۸	-۷/۷
T2×Bakhtegan	۳۹۱۰	۳۴۲۰	۴۸۷۷	۳۶۶۵	۳۹۱۰	۳۳/۱	۲۴/۷	۴/۴
S492× Bakhtegan	۳۶۰۰	۳۴۲۰	۴۲۰۱	۳۵۱۰	۳۶۰۰	۱۹/۷	۱۶/۷	-۱۰/۱
Varamin× Khordad	۳۶۰۴	۴۲۶۲	۴۶۱۸	۳۹۳۳	۴۲۶۲	۱۷/۴	۸/۴	-۱/۱

H_{MP} : هتروزیس هیبریدها نسبت به میانگین والدین؛ H_{PH} : هتروزیس هیبریدها نسبت به والدین؛

H_U : هتروزیس مفید نسبت به رقم تجاری منطقه

تعیین همبستگی بین میانگین صفات والدینی با مقادیر ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) تلاقی‌ها ($\Gamma_{(SCA,MP)}$) نشان از وجود همبستگی معنی‌دار در سطح آماری یک درصد برای صفات وزن غوزه، ارتفاع بوته، درصد کیل، طول الیاف، کشش و شاخص کیفیت الیاف داشت (جدول ۵). برای صفات عملکرد،

تعداد غوزه، زودرسی و استحکام الیاف همبستگی میانگین والدین با ترکیب پذیری خصوصی در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار، ولی برای میکرونری الیاف در سطح آماری معنی‌دار نبود. بنابراین با توجه به نتایج فوق، توانمندی لاین‌های والدینی بر ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی‌ها و برتری هیبریدها مؤثر است و از ترکیب‌پذیری خصوصی می‌توان در پیش‌بینی عملکرد و هتروزیس هیبریدهای پنبه استفاده کرد و این نتایج با یافته‌های قیان و همکاران (۲۰۰۹)، هوآنگ و همکاران (۲۰۱۵) و دلیلا و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد.

مقایسه تلاقی‌هایی با یک والد مشابه نشان داد که ریخته ژنتیکی والدین پدری نقش بارزی در تظاهر برخی صفات از جمله شاخص کیفیت الیاف، میکرونری، عملکرد و میزان هتروزیس هیبریدها دارد (جدول ۵). بیشترین هتروزیس عملکرد در تلاقی ارقام داخلی و خارجی (مانند $T2 \times Bakhtegan$ یا $Mehr \times Belizovar$) دیده شده است که به نظر می‌رسد میزان هتروزیس تظاهر یافته با فاصله ژنتیکی، اختلافات فنولوژیک، مورفولوژیک و مولکولی والدین ارتباط داشته باشد. نتایج حاضر با گزارشات سینگ و سینگ (۱۹۹۹) مطابقت دارد. هوآنگ و همکاران (۲۰۱۵) و تیان و همکاران (۲۰۱۷) به ترتیب در برنج و کلزا این موضوع را از طریق روش‌های مورفولوژیک و مولکولی بررسی و تایید کردند.

جدول ۶: میانگین هتروزیس صفات کمی و کیفی در هیبریدهای پنبه و همبستگی میانگین عملکرد لاین‌های

والدینی با ترکیب‌پذیری خصوصی $r_{(SCA,MP)}$ و عملکرد هیبریدها $r_{(FI,MP)}$

$r_{(FI,MP)}$	$r_{(SCA,MP)}$	میانگین هتروزیس (%)	هیبریدها	والدین	صفت
۰/۵۸ **	۰/۴۲ *	۱۳/۷	۴۴۵۴/۳	۳۹۹۸/۴	عملکرد (Kg/ha)
۰/۶۸ **	۰/۵۶ **	۵/۱	۶/۲	۵/۹	وزن غوزه (gr)
۰/۳۲ *	۰/۴۸ *	۱/۰	۲۹/۴	۲۹/۱	تعداد غوزه
۰/۵۲ **	۰/۷۲ **	-۰/۱۴	۱۳۶/۴	۱۳۶/۶	ارتفاع بوته (cm)
۰/۶۵ **	۰/۲۸ *	۱/۴	۸۰/۷	۷۹/۶	زودرسی (%)
۰/۲۵ ns	۰/۶۰ **	۳/۰	۳۸/۰	۳۶/۹	کیل (%)
۰/۷۵ **	۰/۶۲ **	۱/۶	۳۱/۰	۳۰/۵	طول الیاف (mm)
۰/۳۱ *	۰/۲۳ ns	۲/۰	۴/۶	۴/۵	شاخص میکرونری ($\mu\text{g}/\text{inch}$)
۰/۱۷ ns	۰/۳۰ *	۰/۹	۳۳/۰	۳۲/۷	استحکام الیاف (gr/tex)
۰/۱۹ ns	۰/۲۷ ns	۱/۴	۷/۲	۷/۱	کشش الیاف (%)
۰/۲۱ ns	۰/۴۵ *	۱/۳	۸۷/۰	۸۵/۸	یکنواختی الیاف (%)
۰/۵۱ **	۰/۶۳ **	۲/۱	۱۹۳۳۱/۸	۱۸۹۱۹/۴	شاخص کیفیت

راهبردهای اصلاحی مبتنی بر هیبریدها مستلزم برآورد سطح مورد انتظار هتروزیس و قابلیت ترکیب پذیری خصوصی (SCA) است و مشخصات مطلوب هیبریدهای F1 نیز بستگی به انتخاب والدین مطلوب دارد (هوآنگ و همکاران، ۲۰۱۵). سطح هتروزیس تابعی از ترکیبات ژنی دو والد است که گاهی ممکن است منجر به ایجاد یک چالش اساسی برای به‌نژادگر شود، زیرا شاید لازم باشد که برای شناسایی بهترین ترکیب با بالاترین میزان هتروزیس، هزاران ترکیب والدینی بررسی شوند (اوماکانتا، ۲۰۰۲؛ گارنر و همکاران، ۲۰۰۹).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این تحقیق، تنوع معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه مشاهده شد که بخشی از این تنوع متأثر از برتری هیبریدها بود و ظهور هتروزیس در هیبریدها برای صفات مختلف متفاوت بود. بیشترین مقدار هتروزیس به ترتیب برای عملکرد، وزن غوزه و کیل الیاف مشاهده شد که این امر امکان افزایش عملکرد و ش پنبه (تا میزان ۳۳/۱ درصد) از طریق تولید ارقام هیبرید را نمایان می‌سازد. در کنار پیشرفت‌هایی که در افزایش عملکرد پنبه به واسطه معرفی رقم‌های جدید (گلستان، ارمغان، لطیف، ساجدی و شایان) حاصل شده است، استفاده از مزیت‌های هتروزیس و معرفی ارقام هیبرید، گزینه مناسبی برای افزایش عملکرد و کیفیت محصول به شمار می‌آید. بر این اساس هیبریدهای Mehr× Belizovar و T2×Bakhtegan از لحاظ عملکرد و هیبریدهای Sahel× Khordad و Sahel× B557 از لحاظ شاخص کیفیت الیاف به عنوان هیبریدهای برتر جهت معرفی به کشاورزان پیشنهاد می‌گردند.

منابع

1. Alake, C.O., Ojo, D.K., Oduwaye, O.A., and Adekoya, M.A. 2008. Genetic variability and correlation studies in yield and yield related characters of tropical maize (*Zea mays* L.). Asset Series A, 8(1), 14-27.
2. Alishah O., Ramzanimoghaddam, M.R. and Hekmat, M.H. 2014 Commercial Hybrid Seed production in Cotton. Final Report of Research Project. Agricultural Research, Education and Extension Organization Cotton Research Institute, registered No. 45452/ 2014
3. Alishah, O. 2013. Cotton breeding and Genetics. Nashre Daneshgahi Pub. Pp. 195.
4. Alishah, O., Fahmideh, L. and Nasrollahnejad, S. 2009. Genetic analysis of yield and some correlated traits in upland cotton genotypes. Plant Production Researches Journal. 16(2): 67-85.

5. Alishah, O., Bagherieh Najjar, M.B. and Fahmideh, L. 2008. Correlation, Path coefficient and Factor analysis of some quantitative and qualitative traits in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Asian Journal of Biological Sciences. 1(2): 61-68
6. Al-Jibouri, H.A., Miller, P.A., and Robinson, H.F. 1958. Genotypic and environmental variances and covariances in an upland cotton cross of interspecific origin. Agron J. 50: 633-636.
7. Al-Rawi, K.M., and Kohel, R.J. 1969. Diallel analysis of yield and other agronomic characters in *Gossypium hirsutum* L. Crop Sci. 6: 779-783.
8. Anandan A. 2010. Environmental Impact on the Combining Ability of Fiber Traits and Seed-Cotton Yield in Cotton. Journal of Crop Improvement, 24:310-323.
9. Anandan, A., Koodalingam, K., and Raveendran, T.S. 2004. Heterosis in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) based on cytoplasmic genic male sterility (CMS) system. Int. J. Trop Agric. 22:43-47.
10. Anjum R., Somro, A.R., and Chang, M.A. 2001. Node Above with Flower (NAWF): an indicator of earliness in cotton. Pakistan Jour. of Biol. Sci. 4(4): 458-459.
11. Baloch, M.J., Lakho, A.R. and Soomro, A.H. 1993. Heterosis in interspecific cotton hybrids. Pakistan Journal of Botany, 25, 13-20.
12. Basbag S., and Gencer, O. 2007 Investigation of some yield and fibre quality characteristics of interspecific hybrid (*Gossypium hirsutum* L. * *G. barbadense* L.) cotton varieties. Hereditas, 144(1):33-42.
13. Basbag S., and Gencer, O. 2000. Investigation on the inheritance of earliness characters in cotton (*G. hirsutum* L.). Proc. The Inter-Regional Co-operative Research Network on Cotton for the Mediterranean and Middle East Region, Sept. 2000, p. 51-54.
14. Blum A. 2013 Heterosis, stress, and the environment: a possible road map towards the general improvement of crop yield. Jour. of Exp. Bot. 64(16): 4829-4837
15. Bocanski, J., Sreckov, Z., and Nastasic, A. 2009. Genetic and phenotypic relationship between grain yield and components of grain yield of maize (*Zea mays* L.). Genetika, 41(2), 145-154. <http://dx.doi.org/10.2298/GENSR0902145B>
16. Bowman, D.T., Bourland, F.M., Myers, G.O., Wallace, T.P., and Caldwell, D. 2004. Visual selection for yield in cotton breeding programs. Jour. of Cotton Sci. 8: 52-68.
17. Cai, Q. S., Wang, L.L., Yao, W.H., Zhang, Y.D., Liu, L., Yu, L.J. and Fan, X.M. 2012. Diallel analysis of photosynthetic traits in maize. Crop Sci. 52:551-559.

18. Chaudhry, M.R. 2008. Date on Costs of Producing Cotton in the World. The ICAC Recorder. 2008
19. Choudhary, O.P, Josan, A.S. and Bajwa, M.S. 2001. Yield and fibre quality of cotton cultivars as affected by the build-up of sodium in the soils with sustained sodic irrigation under semi-arid conditions. *Agricultural water management*. 49:1-9.
20. Clement J.D., Constable, G.A. Stiller, W.N., and Liu, S.M. 2015. Early generation selection strategies for breeding better combinations of cotton yield and fibre quality. *Field Crops Research*, 172 (2015) 145–152.
21. Clement, J.D., Constable, G.A., Stiller, W.N., and Liu, S.M. 2012. Negative associations still exist between yield and fibre quality in cotton breeding programs in Australia and USA. *Field Crops Research*, 128 (2012) 1–7.
22. Costa J.N., Freire, E.C., Costa, M.N., Santor, J.W. and Macededo Vieira, R. 1998. Heterosis and general and specific combining ability in cotton *Gossypium hirsutum* L. *Revista de oleaginosas e Fibrosas*, 2: 151–156.
23. Coyle G.G., and Smith C.W. 1997 Combining ability for within-boll yield components in cotton, *Gossypium hirsutum* L. *Crop Sci*, 37: 1118–1122.
24. Culp, T.W., Harrell, D.C., and Kert, T. 1979. Some genetic implications in the transfer of high fiber strength genes to upland cotton. *Crop Sci*. 19: 11-34.
25. Davis D.D. 1978 Hybrid cotton: specific problems and potentials. *Adv. Agron*. 30:129–157
26. Davis, D.D., and Palomo, A. 1980. Yield stability of interspecific hybrids NX-1. *Proc. Belt. Cotton Prod. Res. Conf. National Council Am.*, 81. Memphis, USA.
27. Dehghanpour Z. and Ehdaie, B. 2013. Stability of General and Specific Combining Ability Effects for Grain Yield in Elite Iranian Maize Inbred Lines. *Journal of Crop Improvement*, 27:137–152, 2013
28. Dong, H.Z., Li, W.J., and Li, Z.H. et al. 2003. Yield and efficiency in hybrid seed production in cotton affected by ecological conditions. *Cotton Sci*. 15: 328-332.
29. Dong, H. Z., Li, W.J., and Tang, W. et al. 2004. Development of hybrid Bt cotton in China—a successful integration of transgenic technology and conventional techniques. *Curr. Sci*. 86: 778-782.
30. Dong, H.Z., Li, W.J., Tang, W., Li, Z.H. and Zhang, D.M. 2007. Heterosis in yield, endotoxin expression and some physiological parameters in Bt transgenic cotton. *Plant Breeding*, 126: 169–175.
31. Dong, J., Wu, F.B., Jin, Z., and Huang, Y. 2006. Heterosis for yield and some physiological traits in hybrid cotton Cikangza 1. *Euphytica* 151, 71–77.
32. Dutt, Y., Wang, X.D., Zhu, Y.G., and Li, Y.Y. 2004. Breeding for high yield and fibre quality in coloured cotton. *Plant Breeding* 123, 145–151.

33. Feng H.J., Sun, J.L., Wang, J., Jia, Y.H., Zhang, X.Y., Pang, B.Y., Sun, J. and Ming Du, X. 2011. Genetic effects and heterosis of the fibre colour and quality of brown cotton (*Gossypium hirsutum*). *Plant Breeding* 130, 450-456.
34. Fu D. Xiao, M., Hayward A., Fu Y., Liu G., Jiang G., Zhang, H. 2014. Utilization of crop heterosis: a review. *Euphytica*, 197: 161-173.
35. Gartner, T., Steinfath, M., Andorf, S., Lisek, J., Meyer, R.C., Altmann, T., Willmitzer, L., and Selbig, J. 2009. Improved heterosis prediction by combining information on DNA- and metabolic markers. *Plos one* 4(4): e 5220. doi:10.1371/journal.pone.0005220.
36. Geddam, S.B., Khadi, B.M., Mogali, S., Patil, R.S., Katageri, I.S., Nadaf, H.L. and Patil, B.C. 2011. Study of heterosis in genetic male sterility based diploid cotton hybrids for yield, yield components and fibre quality characters. *Karnataka Journal of Agriculture Sciences*, 24, 118-124.
37. Godoy AS, and Palomo G.A. 1999. Genetic analysis of earliness in upland cotton (*G. hirsutum* L.). II. Yield and lint percentage. *Euphytica*, 105:161-166
38. Hao, J.J., Yu, S.X., Dong, Z.D., Fan, S.L., Ma, Q.X., Song, M.Z. and Yu, J.W. 2008. Quantitative inheritance of leaf morphological traits in upland cotton. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 146, 561-569.
39. Hoskinson, P.E., and Stewart J Mc.D. 1977. Field performance of two obsolete cotton cultivars. In: *Proceedings of Beltwide Cotton Production Research Conference*, Atlanta, GA, National Cotton Council of America, Memphis, TN, pp: 78-79.
40. Huang, M., Chen, L.Y., and Chen, Z.Q. 2015. Diallel analysis of combining ability and heterosis for yield and yield components in rice by using positive loci. *Euphytica*, 205: 37-50.
41. Hughs S.E. 2002. Ginning rib modifications to reduce seedcoat fragments. *Appl. Eng. Agric*, 18:13-16
42. Hughs, S.E. and Lalor, W.F. 1986. The effect of cotton variety, genotype, and cleaning levels on cloth imperfections: a progress report. In: Brown, J.M. (ed.), *Proc. Beltwide Cotton Prod. Res. Conf. Natl Cotton Council Am.*, Memphis, TN, p. 26-36.
43. ICAC, 2015. Prices of Biotech planting seed and technology fees for biotech traits. *The ICAC Recorder*, Vol. 3. No.3. Sep. 2015.
44. Iqbal, M., Iqbal, M.Z., and Chang, M.A. 2003. Yield and fiber quality potential for second generation cotton hybrids. *Pakistan J. of Biol. Sci.* 6: 1883_1887.
45. Kallou G, Rai M, Singh M, Kumar S. 2006. *Heterosis in crop plants*. Researchco Book Centre, New Delhi
46. Kantartzi, S.K. and Roupakias, D.G. 2010. Study of apomictic seed formation in interspecific, *Gossypium barbadense* × *G. hirsutum*, cotton hybrids. *International Journal of Botany*, 6: 164-169.

47. Khadi, B.M., Rao, P., Yenjerappa, S.T., Janagoudar, B.S., and P. Rao. 1996. Combining ability studies and identification of superior inter specific desi cotton hybrids. *Mysore Jour. Agric Sci.* 30:1–9.
48. Khan M.A., Iqbal, M., and Jamil, M. 2010. Finding heterosis for fiber traits in intervarietal crosses of cotton, *Gossypium hirsutum* L. *Front. Agric. China* 2010, 4(2): 185–187.
49. Khan N.U., Hassan, G., Kumbhar, M.B., Marwatb, K.B., Khan, M.A. Parveen, A., Aimand, U., and Saeed, M. 2009. Combining ability analysis to identify suitable parents for heterosis in seed cotton yield, its components and lint percent in upland cotton. *Industrial crops and products*, 29: 108–115
50. Koti, S., Reddy, K.R., Reddy, V.R., Kakani, V.G., and Zhao, D. 2005. Interactive effects of carbon dioxide, temperature, and ultraviolet - B radiation on soybean (*Glycine max* L.) flower and pollen morphology, pollen production, germination, and tube lengths. *J. Exp. Bot.* 56:725–736. doi:10.1093/jxb/eri044
51. Kowsalya, R., and Raveendran, T.S. 1996. Heterosis in intra specific *Gossypium* hybrids possessing harknessii and hirsutum plasmons. *Annals Plant Physiol.* 10:114–117.
52. Liang Q., Shang, L., Wang, Y., and Hua, J. 2015. Partial Dominance, Overdominance and Epistasis as the Genetic Basis of Heterosis in Upland Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *PLoS ONE*, 10(11): 1-21.
53. Lockett D.J. 1989. Diallel analysis of yield components, fibre quality and bacterial blight resistance using spacing plants of cotton. *Euphytica*, 44: 11–21.
54. Masood J., Ghulam H., Iftikhar, K. Raziuddin 2005. Estimates of heterosis and heterobeltiosis for morphological traits in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pak. J. Biol. Sci.* 8(9): 1261–1264
55. Melchinger A.E., and Gumber, R.K. 1998 Overview of heterosis and heterotic crops in agronomic crops. In: Lamkey K.L., Staub JE (eds) Concepts and breeding of heterotic crop plants. Crop Science Society of America, Madison, pp 29–44
56. Meredith W.R., and Brown J.S. 1998. Heterosis and combining ability of cottons originating from different regions of the United States. *J. Cotton Sci.* 2:77–84.
57. Meredith W.R. 1984. Quantitative genetics. In: Kohel RJ and Lewis CF (eds) Cotton, Agron Monog no. 24, ASA-CSSASSSA, Madison, WI, p: 131–150
58. Miller, P.A., and Marani, A. 1963. Heterosis and combining ability in diallel crosses of upland cotton, *G. hirsutum* L. *Crop Sci.* 3: 646_649.
59. Munaro E.M., Eyhe'rabide, G.H., D'Andrea K.E., Cirilo, A.G., and Otegui, M.E. 2011. Heterosis and environment interaction in maize: what drives heterosis for grain yield? *Field Crops Res.* 124(3): 441–449.

60. Nadarajan, N., and Sree Rangasamy, S.R. 1991. Genetic analysis of some economic characters in *Gossypium hirsutum* L. *J. Indian Soc Cott Improv.* 16:15–18.
61. Ndhlela, T., Herselman, L., Semagn, K., Magorokosho, C., Mutimaamba, C., and Labuschagne, M.T. 2015. Relationships between heterosis, genetic distances and specific combining ability among CIMMYT and Zimbabwe developed maize inbred lines under stress and optimal conditions. *Euphytica* 204:635–647
62. Qian, W., Li, Q., Noack, J., Sass, O., Meng, J., Frauen, M., and Jung, C. 2009. Heterotic patterns in rapeseed (*Brassica napus* L.): II. Crosses between European winter and Chinese semiwinter lines. *Plant Breeding*, 128:466–470.
63. Ramkumar Seshadri, S., Arvind Purushothaman, Kater D. Hake and David, D. McAlister 2007. Relationship Between Cotton Varieties and Moisture Vapor Transport of Knitted Fabrics. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics* <http://www.jeffjournal.org>, 2(4):10-18.
64. Reddy, V.R., Jabeen, F., Sudarshan, M.R., and Rao, A.S. 2012. Studies on genetic variability, heritability, correlation and path analysis in maize (*Zea mays* L.) Over locations. *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*. 4(1), 196-199. Retrieved from <http://www.ijabpt.com>
65. SAS Institute (2004) SAS/STAT. User's guide. Version 9.1. SAS Inst, Cary, NC.
66. Shang, L., Wang, Y., Cai, S., Ma L., Liu, F., Chen, Z., Su, Y., Wang, K., and Hua, J. 2016. Genetic analysis of Upland cotton dynamic heterosis for boll number per plant at multiple developmental stages. *Scientific Reports*, 1-9, DOI: 10.1038/srep35515
67. Shang, L.G. et al. 2016. Seedling root QTLs analysis on dynamic development and upon nitrogen deficiency stress in Upland cotton. *Euphytica* 207, 645–663.
68. Siddiqui, M.A., and Patil, R.A. 1994. Heterosis in crosses of *Gossypium hirsutum* cotton. *J. Maharashtra Agric Univ.* 19: 241–244.
69. Singh P. and Singh, S. 1999. Heterosis breeding in cotton. Kalyani Publishers, India, 107pp
70. Singh, P. 2003. Cotton breeding. Kalyani Pub. New Dehli. India. pp.74-92.
71. Solomon K.F., Zeppa, A. and Mulugeta, S.D. 2011. Combining ability, genetic diversity and heterosis in relation to F1 performance of tropically adapted shrunken (sh2) sweet corn lines. *Plant Breeding*. doi:10.1111/j.1439 0523. 2012. 01965 x.
72. Solomon K.F., Zeppa, A., and Mulugeta, S.D. 2012 Combining ability, genetic diversity and heterosis in relation to F1 performance of tropically adapted shrunken (sh2) sweet corn lines. *Plant Breeding*, 131: 430–436

73. Song G., Chen Q., and Tang C. 2014. The effects of high-temperature stress on the germination of pollen grains of upland cotton during square development. *Euphytica*, 200:175–186. doi:10.1007/s10681-014-1141-1
74. Song G., Wang, M., Zeng, B., Zhang, J., Jiang, C., Hu, Q., Geng, G., and Tang, C. 2015. Anther response to high-temperature stress during development and pollen thermotolerance heterosis as revealed by pollen tube growth and in vitro pollen vigor analysis in upland cotton. *Planta*, 12 Feb. 2015. DOI 10.1007/s00425-015-2259-7
75. Song M., Fan, S., Pang, C., Wei, H., Liu, J., and Yu, S. 2015. Genetic analysis of yield and yield-related traits in short-season cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Euphytica*, DOI 10.1007/s10681-014-1348-1
76. Souza J.A., and Maluf, W.R. 2003. Diallel analyses and estimation of genetic parameters of hot pepper (*Capsicum chinense* Jacq). *Scientia Agricola*, 60:105–113
77. SPSS Inc. 2001. SPSS (Statistical Product and Service Solutions) 11.0 for windows <http://www.spss.com/spss>
78. Srivastava, H.K. 2000. Nuclear control and mitochondrial transcript processing with relevance to cytoplasmic male sterility in higher plants. *Current Science* 79, 176–186.
79. Steel, R.G.D., Torrie, J.H., and Deekey, D.A. 1997. Principles and procedures of statistics: A Biometrical Approach. 3rd ed. McGraw Hill Book Co. Inc. New York.
80. Stelly D.M., Stewart, J.M., Thaxton, P., Ulloa, M., Weaver Hurd, D.B. and Kuznetsov, A. 2005. Fast computations in the affine Markov chain model. Hurd, T. R. and Kuznetsov, A. 2006. Affine Markov chain model of multifirm credit Migration, *Journal of Credit Risk*, 3(1), 3–29.
81. Sujiprihati, S., Saleh, G.B., and Ali, E.S. 2003. Heritability, performance and correlation studies on single cross hybrids of tropical maize. *Asian Journal of Plant Science*, 2(1), 51-57. <http://dx.doi.org/10.3923/ajps.2003.51.57>
82. Tang, B., Jenkins, J.N., Watson, C.E., McCarty, J.C., and Creech, R.G. 1996. Evaluation of Genetic variances, heritabilities, and correlations for yield and fiber traits among cotton F2 hybrid populations. *Euphytica* 91:315–322
83. Tian H.Y., Channa, S.A. and Hu, S.W. 2017. Relationships between genetic distance, combining ability and heterosis in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Euphytica*, 213:1.
84. Tokatlidis, I.S., Tsirikoni, C., Tsialtas, J.T., Lithourgidis, A.S. and Bebeli, P.J. 2008. Variability within cotton cultivars for yield, fibre quality and physiological traits. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 146, 483–490.
85. Tyagi, A.P. 1987. Correlation studies on yield and fiber traits in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Theor. Appl. Genet.* 74: 280–283.

- 86.USDA. 2015. Cotton and Cottonseed Farming. United States Department of Agriculture National Agricultural Statistics Service.
- 87.USDA. 2016. Cotton Varieties Planted in United State 2016. USDA Marketing Service pub. 2016.
- 88.Vashistha, A., Dixit, N.N., Dipika, Sharma, S.K., and Marker, S. 2013. Studies on heritability and genetic advance estimates in Maize genotypes. *Bioscience Discovery*, 4(2), 165-168. Retrieved from <http://biosciencediscovery.com> 165 ISSN: 2231-024X
- 89.Wallace T.P., Bowman, D., Campbell, B.T., Chee, P., Gutierrez, O.A., Kohel, R.J., McCarty, J., Myers, G., Percy, R., Robinson, F., and Smith, W. 2008. Status of the USA cotton germplasm collection and crop vulnerability. *Genet Resour Crop Evol.* 1-26.
- 90.Wang, X.D., Dutt, Y.Y., Ni, X.Y., Zhao, X.Q. and Nirania, K.S. 2004. Breeding for semi-okra leaf hybrids in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) (Abstract). In Proceedings of the International Symposium on Strategies for Sustainable Cotton Production: A Global Vision, held at UAS, Dharwad (Karnataka) from November 21–23
- 91.We, X.C., Li, Q.Z., and Pang, J.Q. et al. 2002. Heterosis of preforest lint yield of hybrid between varieties or lines within upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *J. Cotton Sci.* 14: 269-272.
- 92.Wu, J., Mccarty, J.C. Jenkins, J.N., and Meredith, W.R. 2010. Breeding potential of introgressions into upland cotton: genetic effects and heterosis. *Plant Breeding* 129, 526-532.
- 93.Wu, Y.T., Yin, J. M., Guo, W.Z., Zhu, X.F., and Zhang, T.Z. 2004. Heterosis performance of yield and fibre quality in F1 and F2 hybrids in upland cotton. *Plant Breeding* 123, 285–289.
- 94.Yuan S.N., Malik, W., Bibi, N., Wen, G.J., NI, M., and Wang, X.D. 2013. Modulation of morphological and biochemical traits using heterosis breeding in coloured cotton. *Journal of Agricultural Science.* 151: 57–71.
- 95.Yuan, S.N., Hua, S. J., Ni, M., Li, Y.Y., Wen, G. J., Shao, M.Y., Zhang, H. P., Zhu, S.J. and Wang, X. D. 2010. The relationship between fiber macroelement content and fiber quality in colored cotton. *Scientia Agricultura Sinica* 43, 4169–4175.
- 96.Yuan, Y.L., Zhang, T.Z., Guo, W.Z. et al. 2002. Heterosis and gene action of boll weight and lint percentage in high quality fibre property varieties in upland cotton. *Acta Res. Sin.* 28: 196_202.
- 97.Yuan, Y.L., Zhang, T.Z., and Guo, W.Z. et al. 2002. Heterosis and gene action of boll weight and lint percentage in high quality fibre property varieties in upland cotton. *Acta Res. Sin.* 28: 196-202.
- 98.Zeeshan, M., Ahsan, M., Arshad, W., Ali, S., Hussain, M., and Khan, M.I. 2013. Estimate of correlated responses for some polygenic parameters in yellow

- maize (*Zea mays* L.) hybrids. International Journal of Advanced Research, 1(5), 24-29. Retrieved from <http://www.journalijar.com>
99. Zeng L., and Meredith W.R. 2009a. Associations among lint yield, yield components, and fiber properties in an introgressed population of cotton. *Crop Sci.* 49:1647–1654
100. Zeng, L.H., Meredith, W.R. 2011. Relationship between SSR based genetic distance and cotton F2 hybrid performance for lint yield and fiber properties. *Crop Sci.* 51: 2362–2370.
101. Zhang J.F. Abdelraheem, A., and Wu, J.X. 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* (2017) 213:208
102. Zhang J., M. Wu, J. Yu, X.L., W. 2016. Breeding Potential of Introgression Lines Developed from Interspecific Crossing between Upland Cotton (*Gossypium hirsutum*) and *Gossypium barbadense*: Heterosis, Combining Ability and Genetic effects. *PLoS ONE*, 11(1):1-17.
103. Zhang, X. Q., Wang, X.D., Jiang, P.D., Hua, S.J., Zhang, H.P., and Dutt, Y. 2007. Relationship between molecular marker heterozygosity and hybrid performance in intra- and interspecific hybrids of cotton. *Plant Breeding*, 126: 385–391.
104. Zhang, W.J., Shu, H.M., Hu, H.B., Cheng, B.L., Wang, Y.H., and Zhou, Z.G. 2009. Genotypic differences in some physiological characteristics during the cotton fibre thickening and its influence on fibre strength. *Acta Physiologiae Plantarum* 31: 927–935.
105. Zhou, G., Chen, Y., Yao, W., Zhang, C., Xie, W., Hua, J., Xing, Y., Xiao, J., and Zhang, Q. 2012. Genetic composition of yield heterosis in an elite rice hybrid. *Proc Natl Acad Sci USA* ,109(39): 15847–15852
106. Zhu, X.X., Ainijiang Zhang, Y.M., Guo, W.Z., and Zhang, T.Z. 2011. Relationships between differential gene expression and heterosis in cotton hybrids developed from the foundation parent CRI-12 and its pedigree-derived lines. *Plant Sci.* 180: 221–227.
107. Zhu, W., Liu, K., and Wang, X.D. 2008. Heterosis in yield, fiber quality, and photosynthesis of okra leaf oriented hybrid cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Euphytica*, 164: 283–291.