



## "مقاله پژوهشی"

# بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های امیدبخش پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) بر اساس روش‌های تک متغیره پارامتری، مدل AMMI و تجزیه بای پلات

عمران عالیشاه<sup>۱</sup>، میترا وندا<sup>۲</sup>، محمدرضا راحمی<sup>۳</sup>، محمد حسن حکمت<sup>۴</sup>، محسن فتحی<sup>۵</sup>، موسی الرضا وفایی تبار<sup>۶</sup>،  
علی نادری عارفی<sup>۷</sup>، سید یعقوب سید معصومی<sup>۸</sup>، مجید جعفر آقایی<sup>۹</sup> و محمد باقر خورشیدی<sup>۱۰</sup>

۱- دانشیار مؤسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران، (نویسنده مسؤل: Omranshah@yahoo.com)

۲ و ۴- استادیار و مربی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران، داراب.

۳- عضو هیات علمی پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، کرج

۵- استادیار مؤسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

۶، ۷، ۸ و ۹- اعضای هیات علمی مراکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان‌های تهران (ورامین)، اردبیل (مغان)، اصفهان و آذربایجان شرقی (تبریز)، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۲۷

صفحه: ۵۰ تا ۵۹

## چکیده مبسوط

**مقدمه و هدف:** بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و شناسایی ارقام پایدار و پرمحصول در شرایط محیطی مختلف، اهمیت زیادی در اصلاح نباتات دارد. در این تحقیق، تاثیر ژنوتیپ و محیط و پایداری عملکرد ارقام امیدبخش پنبه در اقلیم‌های مختلف کشور به منظور شناسایی و انتخاب ارقام پایدار با عملکرد بالا مورد مطالعه قرار گرفته است.

**مواد و روش‌ها:** در این تحقیق، پایداری عملکرد و نه ژنوتیپ امیدبخش پنبه به همراه دو رقم شاهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در هشت ایستگاه و مزرعه تحقیقاتی (هاشم‌آباد، کارکنده، داراب، خدافین، گرمسار، ورامین، اصفهان و مغان) به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۷ و ۱۳۹۸) مورد ارزیابی قرار گرفت.

**یافته‌ها:** بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنی‌دار بود، به این معنی که لاین‌های مختلف واکنش‌های متفاوتی در محیط‌های اجرای آزمایش داشتند و از این رو می‌توان لاین‌های پایدار و سازگار را در محیط‌های مختلف شناسایی کرد. نتایج تجزیه پایداری تک متغیره نشان داد که ارقام گلستان، ANB414 و ANBK دارای کمترین ضریب رگرسیون ( $b_i$ ) و کمترین میزان ضریب تغییرات (CVI) بودند و از پایداری بالایی برخوردار بودند. بر اساس روش رگرسیونی ابرهات و راسل ژنوتیپ ANBK دارای سازگاری مطلوب بود. مدل امی با دو مؤلفه اصلی ( $AMMI_2$ ) ۸۱ درصد از تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را توجیه نمود و روش بای پلات نیز توانست بخوبی محیط‌های کلان و ژنوتیپ‌های پایدار را شناسایی کند. بر پایه آماره‌های تک متغیره و تجزیه بای پلات ارقام ANB414 و گلستان دارای عملکرد و پایداری بالا بودند. همچنین نمودار نمایش چند ضلعی تجزیه GGE بای پلات نشان داد که ارقام ANB414، ANBK و گلستان در بیشتر مناطق عملکرد و ش مناسبی دارند و ارقام ورامین و 34-92 دارای سازگاری عمومی با عملکرد متوسط هستند.

**نتیجه‌گیری:** در این تحقیق ژنوتیپ‌های ANBK و ANB414 به همراه رقم تجاری گلستان با عملکرد بالاتر از میانگین کل، به عنوان ژنوتیپ‌های با سازگاری عمومی و پایداری عملکرد مناسب شناسایی شدند که می‌توانند بعنوان ارقام جدید در برنامه معرفی و توسعه کشت قرار گیرند.

**واژه‌های کلیدی:** اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، تجزیه پایداری عملکرد و ش، AMMI

## مقدمه

متقابل، شناسایی محیط‌های هدف و معرفی ژنوتیپ‌های مناسب با سازگاری خصوصی و عمومی برای محیط‌های مورد مطالعه و تعیین ژنوتیپ‌های پایدار در سال‌های مختلف بسیار حائز اهمیت است و به به‌نژادگران کمک می‌کند تا در ارزیابی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف، مکان‌های غیرضروری را حذف نموده و در نتیجه موجب کاهش بیشتر هزینه‌ها شود (۲۷). با توجه به اینکه، الگوی تغییرات اغلب صفات اقتصادی که دارای اهمیت زیادی می‌باشند پیوسته بوده و قابل انتساب به کنترل چندژنی و عوامل محیطی هستند، لذا دستیابی به اهداف اصلاحی در مواقعی که اثرات متقابل بین ژنوتیپ و محیط وجود داشته باشد، بسیار پیچیده می‌شود (۲۹). تجزیه پایداری مهمترین روشی است که برای پی بردن به ماهیت اثر متقابل ژنوتیپ × محیط مورد استفاده قرار می‌گیرد و با توجه به نتایج آن می‌توان ارقام پایدار و سازگار را شناسایی کرد (۱۹).

به‌نژادگران از روش‌های آماری مختلفی برای پیدا کردن ماهیت تعاملات ژنوتیپ با محیط استفاده کرده‌اند (۱۳). تلاش

پنبه یک محصول زراعی مهم و دو منظوره (لیفی و روغنی) است که به لحاظ تنوع فراورده و کاربردهای آن، ارزش افزوده زیاد (۱۲۰۰ درصد) و اشتغال‌زایی از اهمیت ویژه‌ای در بخش صنعت و اقتصاد برخوردار است. این گیاه به طلای سفید مشهور است و بعنوان مهم‌ترین گیاه لیفی و پنجمین دانه روغنی سهم بسیار مهمی در تامین نیازهای بشری و فعالیت صنایع متعدد از جمله صنعت نساجی، روغن‌کشی، شیمیایی، نظامی و ... ایفا می‌کند (۱۰). اصلاح ارقام پرمحصول و سازگار یکی از مهمترین اهداف به‌نژادگران پنبه به شمار می‌رود. در تحقیقات محصولات زراعی، پرکاربردترین روش برای تخمین سازگاری ژنوتیپ‌ها و انتخاب بهترین ژنوتیپ برای محیط خاص، کشت ارقام و لاین‌ها در دامنه‌ای از محیط‌ها و آزمایش‌های ناحیه‌ای است که در این آزمایشات عملکرد ارقام و لاین‌ها در سال‌ها و مناطق مختلف مورد مقایسه قرار می‌گیرند. ثبات و پایداری هر ژنوتیپ در ابعاد زمانی و مکانی دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد (۲۸). تفسیر آثار

هدف از این تحقیق، بررسی پایداری و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط ارقام امیدبخش پنبه در اقلیم‌های مختلف کشور و انتخاب ارقام پایدار با عملکرد بالا جهت معرفی در سال‌های آینده می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

در این تحقیق، تعداد نه ژنوتیپ امیدبخش همراه با دو رقم تجاری پنبه (ورامین و گلستان) به عنوان شاهد، طی دو سال زراعی (۱۳۹۷ و ۱۳۹۸) در هشت ایستگاه تحقیقات کشاورزی شامل ایستگاه‌های هاشم‌آباد، کارکنده، داراب، خدافرین، گرمسار، ورامین، اصفهان و مغان مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد و ژنوتیپ‌های مورد بررسی شامل Va-1، 92-34، A-96-A3، A-NBK، Va-2، 90-10481، A-92-48، A-SKG، NB414 و دو رقم شاهد گلستان و ورامین (در منطقه داراب به جاری رقم ورامین از رقم شاهد بختگان استفاده شد) بود. کاشت به صورت دستی و با الگوی ۷۵ × ۲۰ سانتی‌متر انجام شد و هر کرت شامل ۶ خط کاشت به طول ۶ متر بود. کنترل آفات و بیماری و علف‌های هرز و همچنین تغذیه و آبیاری آزمایش مطابق دستورالعمل و توصیه به‌زراعی مناطق انجام گردید. پس از حذف حاشیه‌ها، داده‌های مربوط به عملکرد و ش در محیط‌های مختلف جمع‌آوری و بررسی شد. تجزیه واریانس مرکب با فرض ثابت بودن اثر ژنوتیپ و تصادفی بودن اثر سال و مکان با استفاده از نرم افزار SAS نسخه 9.1 انجام گرفت. جهت بررسی عملکرد و سازگاری ارقام در این بررسی از شاخص‌های پارامتری واریانس پایداری ( $\sigma^2_i$ ) معرفی شده توسط شوکلا (۱۶)، ضریب تغییرات محیطی (CVi) معرفی شده توسط فرانسیس و کانبرگ (۱۱)، اکووالانس ( $w_i$ ) معرفی شده توسط ریک (۲۷) و شیب خط رگرسیون ( $b_i$ ) معرفی شده توسط فیلی و ویلکینسون (۱۰) استفاده شد. جهت بررسی واکنش ژنوتیپ‌ها در محیط‌ها از مدل بای‌پلات AMMI استفاده شد. تجزیه AMMI با استفاده از نرم افزار GenStat نسخه 15 و تجزیه بای‌پلات بر اساس مدل یان و همکاران (۲۸) و با استفاده از نرم‌افزار GGE-Biplot نسخه 6.3 انجام و نمودارها رسم شدند.

### نتایج و بحث

نتایج آزمون بارتلت برای بررسی همگنی واریانس خطاهای آزمایشی در محیط‌های مختلف حاکی از عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین واریانس خطاها در آزمایش‌های جداگانه بود ( $X^2 = 2/08$ ). با توجه به یکنواختی واریانس‌های خطاهای آزمایشی، تجزیه واریانس مرکب عملکرد و ش در سطح سال و مناطق آزمایشی انجام گرفت که نتایج حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بود. بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد در مناطق آزمایشی (جدول ۱)، اثر ژنوتیپ بر عملکرد و ش در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود که دلالت بر وجود اختلاف ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر عملکرد محصول داشت. اثر سال بر عملکرد در سطح آماری معنی‌دار نبود، ولی اثر مکان آزمایشی بر عملکرد ژنوتیپ‌های پنبه در سطح آماری بسیار معنی‌دار ( $p \leq 0.01$ ) بود.

برای مدل‌سازی مناسب اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، منجر به توسعه‌ی تجزیه پایداری که شامل روش‌های مبتنی بر تجزیه واریانس مانند واریانس پایداری شوکلا ( $\sigma^2_i$ ) و اکووالانس ریک ( $w_i$ )، روش‌های مبتنی بر رگرسیون مانند روش ابرهات و راسل، روش‌های غیرپارامتری و برخی روش‌ها که ترکیبی از تکنیک‌های آماری مختلف است، مانند اثر اصلی افزایشی و اثر متقابل ضرب‌پذیر ژنوتیپ × محیط مدل AMMI و تجزیه بای‌پلات (GGEbiplot) شد و در دهه‌های اخیر آزمایشات چند محیطی گسترش زیادی پیدا کرد (۱۳). دو مدل AMMI و تجزیه بای‌پلات (GGEbiplot) که با ماتریس داده‌های دوطرفه سروکار دارند، در تحقیقات کشاورزی کاربرد گسترده‌ای دارند. این دو مدل تحقیقات در محیط‌های بزرگ را با دقت بیشتری توضیح می‌دهند (۱۳). با توجه به یافته‌های ریاض و همکاران (۲۱)، مدل AMMI برای تجزیه و تحلیل آزمایشاتی که در چند محیط اجرا می‌شود، بسیار موثر است. این مدل ترکیبی از تجزیه واریانس و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی است که ابتدا با روش تجزیه واریانس، اثرات اصلی ژنوتیپ و محیط (اثرات جمع‌پذیر) و سپس با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی اثرات متقابل بین ژنوتیپ و محیط (اثرات ضرب‌پذیر) مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. بخش ضرب‌پذیر در مدل امی، اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط را به چند مؤلفه اصلی (PCA) تجزیه می‌کند. بای‌پلات‌ها به دلیل نمایش گرافیکی واکنش ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها در پدیده اثر متقابل، ابزارهای مفیدی جهت شناسایی ژنوتیپ‌های سازگار به محیط می‌باشند (۲۴). اسکندری و همکاران (۳) در مطالعه‌ای با استفاده از ضریب رگرسیون خطی فیلی و ویلکینسون و و پارامترهای لین و بین پایداری عملکرد دانه پنبه را ارزیابی نمودند و لاین KD-92-17 را به عنوان پایدارترین لاین برای کشت در مناطق شور توصیه نمودند. ریاض و همکاران (۲۰) هفت ژنوتیپ پنبه را در پنج مکان و دو سال در شرایط تنش خشکی و نرمال مورد بررسی قرار دادند. جهت آنالیز پایداری و تعیین ژنوتیپ مناسب از تجزیه GGEbiplot و مدل AMMI استفاده نمودند و ژنوتیپ-FH 326 را ژنوتیپ مناسب مناطق کم آب معرفی نمودند. عالی‌شاه و همکاران (۲) با استفاده از روش‌های تک متغیره سازگاری ده ژنوتیپ جدید پنبه را مورد بررسی قرار دادند. ژنوتیپ‌های پایدار شناسایی شده بر اساس پارامترهای ضریب تغییرات، واریانس محیطی و روش ابرهات و راسل کاملاً مشابه بود، اما تعداد ژنوتیپ‌های پایدار شناسایی شده بر اساس روش‌های مذکور کمتر از روش فیلی و ویلکینسون بود. دامنه تشابه نتایج گزینش ژنوتیپ‌های پایدار بر اساس شاخص‌های مختلف پایداری از ۶۷ تا ۱۰۰ درصد متغیر و ضرایب همبستگی عملکرد با شاخص‌های پایداری (بجز ضریب رگرسیون) از لحاظ آماری معنی‌دار بود. صدیق و همکاران (۲۱) نیز جهت شناسایی ارقام برتر پنبه در شرایط آبیاری نرمال و تنش از تجزیه گرافیکی GGEbiplot استفاده و ژنوتیپ دلتاپاین ۲۵ را به عنوان ژنوتیپ ایده‌آل شناسایی کردند.

پایداری عملکرد ارقام در برنامه‌های به‌نژادی مهم و ضروری بوده و با وجود پرهزینه بودن مطالعات مذکور، نتایج حاصله اطلاعات ارزشمندی در خصوص اثرات محیط روی عملکرد و خصوصیات زراعی ارقام، آگاهی از سهم فاکتورهای ژنتیکی و محیطی در فنوتیپ صفت، انتخاب والدین مناسب جهت شرکت در دورگ‌گیری‌ها و از همه مهم‌تر انتخاب و معرفی ارقام زراعی پرمحصول و سازگار به محیط‌های کشت فراهم می‌سازد (۱۵، ۲۶).

با توجه به معنی‌دار بودن اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط در این پژوهش (جدول ۱)، برای تشخیص ژنوتیپی که در تمام مناطق عملکرد قابل قبولی داشته و سازگاری وسیعی با محیط‌های مختلف دارا باشد، اقدام به بررسی سازگاری ژنوتیپ‌ها و پایداری عملکرد در محیط‌های مختلف بر اساس پارامترهای تک متغیره و چند متغیره (AMMI) گردید. مدل امی روش بسیار مناسب برای تجزیه و تفسیر ماتریس‌های بزرگ ژنوتیپ در محیط است، زیرا با ایجاد بای پلات در این روش، استنباط مناسب در مورد اثر متقابل ژنوتیپ در محیط فراهم می‌شود و انتخاب ژنوتیپ‌هایی با سازگاری مناسب در محیط‌های خاص تسهیل می‌گردد (۶، ۱۶).

که دلالت بر اختلاف بین مناطق آزمایشی از نظر پتانسیل تولید و شرایط آگروکلیمایی بویژه میزان رطوبت (آبیاری)، حاصلخیزی خاک (مواد مغذی) و جمعیت آفات و تاثیر متفاوت آنها بر عملکرد ژنوتیپ‌های پنبه داشت.

اثرات متقابل سال × مکان، ژنوتیپ × سال، ژنوتیپ × مکان و اثر سه گانه ژنوتیپ × سال × مکان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود که دلالت بر واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها نسبت به شرایط متفاوت سال‌ها و مکان‌ها داشته و ضرورت توجه به سازگاری ژنوتیپی در هنگام معرفی ارقام زراعی جدید را تاکید دارد. در این تحقیق ژنوتیپ ANBK با عملکرد ۴۴۴۲.۵ کیلوگرم در هکتار و ANB-414 با عملکرد ۴۳۹۱.۳ کیلوگرم در هکتار با اختلاف ناچیزی از یکدیگر در رتبه نخست قرار گرفتند، و ژنوتیپ‌های Va-1، Va-2 و 93-34 در سرجمع محیط‌های آزمایشی کم‌ترین عملکرد را داشتند.

وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بیانگر رفتار و واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها نسبت به تغییرات محیطی است که این موضوع معمولاً انتخاب ژنوتیپ‌های برتر را در فرآیند به‌نژادی پیچیده می‌سازد و باعث می‌شود که انتخاب ارقام صرفاً بر اساس عملکرد و بدون در نظر گرفتن پایداری عملکرد، معیار مناسب و دقیقی نباشد (۲، ۲۶). ازاین‌رو، ارزیابی سازگاری و

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب عملکرد و ش (کیلوگرم در هکتار) ارقام امیدبخش پنبه در دو سال و هشت مکان  
Table 1. Combined analysis of variance related to seed cotton yield (kg/ha) in promising cotton genotypes for two years and eight locations

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
سال	۱	۶۵۴۵۵۱ <sup>ns</sup>
مکان	۷	۸۴۹۶۴۹۵۳ <sup>**</sup>
سال × مکان	۷	۲۶۶۶۶۹۱۷ <sup>**</sup>
تکرار (سال × مکان)	۴۸	۶۳۱۰۰۴۷
ژنوتیپ	۱۰	۴۴۰۴۵۴۲ <sup>**</sup>
ژنوتیپ × سال	۱۰	۱۶۰۲۵۱۸ <sup>**</sup>
ژنوتیپ × مکان	۷۰	۲۱۲۹۵۲۱ <sup>**</sup>
ژنوتیپ × سال × مکان	۷۰	۹۶۸۷۱۶ <sup>**</sup>
خطای b	۴۸۰	۳۸۱۱۲۶
کل	۷۰۳	

<sup>ns</sup> و <sup>\*\*</sup>: به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪

بالایی برخوردار بودند. این ارقام علاوه بر ضریب تغییرات کم، دارای عملکرد بالایی نیز بودند (جدول ۲). بیکر و لئون (۵) پارامترهای پایداری تیپ اول را در گروه پایداری بیولوژیکی (استاتیک) دسته‌بندی نمودند که بر اساس اثرات ژنوتیپی برآورد می‌شوند و قابلیت هموستازی ژنوتیپ را نشان می‌دهند. از طرف دیگر برخی گزارشات نیز عدم امکان گزینش همزمان رقم‌های پایدار و پرمحصول را به‌عنوان عیب عمده معیارهای پایداری نوع اول برشمردند و اشاره داشتند که از طریق این پارامترها همواره نمی‌توان به پایدارترین و در عین حال ژنوتیپ‌های پرمحصول دست یافت (۱۵، ۲۵).

بر پایه سه معیار ضریب رگرسیون (bi) میانگین عملکرد ژنوتیپ و میانگین عملکرد کل، ارقام Va-2، V10481، 96A3 و 92-34 با ضریب رگرسیون بیشتر از یک و میانگین عملکرد کمتر از میانگین کل ارقام، جزء ارقام دارای پایداری کمتر از متوسط و با سازگاری خصوصی به محیط‌های نامساعد تشخیص داده شدند. رقم ورامین/

نتایج محاسبه آماره‌های پایداری تک متغیره برای عملکرد و ش در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج بدست آمده از واریانس پایداری شوکلا و اکووالانس ریک ( $w_i$ ) (آماره‌های نوع دوم پایداری) ارقام ورامین، 92-34 و 92-48 به‌ترتیب با توجه به دارا بودن مقادیر پایین واریانس به دلیل اینکه سهم کمتری از اثر متقابل را به خود اختصاص داده‌اند به عنوان ارقام پایدار تلقی می‌گردند. ولی عملکرد هر سه رقم از میانگین کل کمتر بود. ژنوتیپ‌های ANB414 و ANBK و V10481 بیش‌ترین میزان واریانس را نشان دادند و ژنوتیپ‌های ANB414 و ANBK عملکرد بالایی داشتند.

از ضریب تغییرات ( $CV_i$ ) (پارامتر نوع اول پایداری) نیز برای تعیین پایدارترین ژنوتیپ‌ها استفاده شد که در این روش ارقام گلستان ANB414 و ANBK به ترتیب کمترین میزان ضریب تغییرات و ارقام Va-2 و V10481 بیش‌ترین میزان ضریب تغییرات را دارا بودند. به این ترتیب ارقام ANB414 و ANBK دارای پایداری بیولوژیکی بوده و از انعطاف‌پذیری

میانگین عملکرد کمتر از میانگین کل ارقام بودند. بنابراین عملکرد این ارقام در محیط مساعد متوسط ولی در محیط‌های نامساعد کم بود (جدول ۲). مقایسه نتایج گزینش ژنوتیپی بر اساس معیارهای مختلف حاکی از مطابقت و مشابهت ژنوتیپ‌های گزینش شده در روش‌های پایداری نوع اول ( $\delta^2E$  و  $CV$ ) و دوم (شوکل و اکووالانس ریک) با روش ابرهات و راسل بود و مشابه چنین نتایجی توسط عالی‌شاه و همکاران (۲) نیز گزارش شده بود.

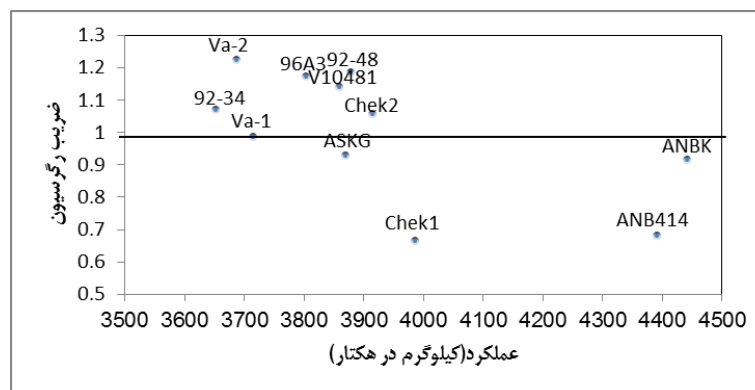
بختگان با ضریب رگرسیون بیشتر از یک و میانگین عملکرد بیشتر از میانگین کل ارقام، جزء ارقام دارای پایداری کمتر از متوسط و با سازگاری خصوصی در محیط‌های مساعد تشخیص داده شد (جدول ۲). ارقام گلستان، ANBK و ANB414 دارای ضریب رگرسیون کمتر از یک و میانگین عملکرد بیشتر از میانگین کل بودند، بنابراین پایداری آنها بیشتر از متوسط ارقام بود. ارقام Va-1 و ASKG دارای ضریب رگرسیون کمتر از یک و

جدول ۲- پارامترهای پایداری عملکرد و ژنوتیپ‌های امیدبخش پنبه در دو سال و هشت مکان  
Table 2. Stability parameters for seed cotton yield of promising cotton genotypes for two years and eight locations

رقم	میانگین عملکرد و ش	واریانس پایداری شوکل ( $\sigma^2$ )	ضریب تغییرات محیطی (CVi)	اکووالانس ( $w_i$ )	شیب خط رگرسیون ( $b_i$ )
(رتبه)	(رتبه)	(رتبه)	(رتبه)	(رتبه)	(رتبه)
92-34	۳۶۵۷/۲۵	۱۰۲۳۸۳/۷	۳۰/۰۶	۷۵۶۳۷۶	۱/۰۷
	(۱۱)	(۲)	(۷)	(۲)	(۵)
92-48	۳۸۷۹/۵۳	۱۲۰۳۸۲/۱	۳۰/۹۲	۸۵۹۴۵۷/۴	۱/۱۸
	(۵)	(۳)	(۸)	(۳)	(۲)
96A3	۳۸۰۴/۱۷	۲۱۸۰۹۳	۳۲/۱۳	۱۴۱۹۰۷۴	۱/۱۷
	(۸)	(۵)	(۱۰)	(۵)	(۳)
ANB414	۴۳۹۱/۳۰	۷۹۹۰۷۹/۶	۲۳/۰۲	۴۷۴۵۴۳	۰/۶۸
	(۲)	(۱۱)	(۲)	(۱۱)	(۱۰)
ANBK	۴۴۴۲/۵۲	۳۶۶۵۹۴/۳	۲۳/۸۳	۲۲۶۹۵۸۲	۰/۹۱
	(۱)	(۱۰)	(۳)	(۱۰)	(۹)
ASKG	۳۸۶۹/۳۳	۲۹۲۸۷۹/۵	۲۶/۹۷	۱۸۴۷۳۹۷	۰/۹۲
	(۶)	(۸)	(۴)	(۸)	(۸)
گلستان (شاهد ۱)	۳۹۸۷/۰۳	۲۲۸۳۵۸/۵	۱۸/۱۹	۱۴۷۷۸۶۸	۰/۶۶
	(۳)	(۶)	(۱)	(۶)	(۱۱)
ورامین (شاهد ۲)	۳۹۱۵/۰۶	۶۵۱۶۹/۶۱	۲۷/۳۵	۵۴۳۲۴۰/۶	۱/۰۵
	(۴)	(۱)	(۵)	(۱)	(۶)
V10481	۳۸۵۹/۷۴	۳۲۰۴۵۸	۳۱/۹۲	۲۰۰۵۳۴۷	۱/۱۳
	(۷)	(۹)	(۹)	(۹)	(۴)
Va-1	۳۷۱۵/۱۹	۱۶۹۲۸۶/۴	۲۸/۱۷	۱۱۳۹۵۴۶	۰/۹۸
	(۹)	(۴)	(۶)	(۴)	(۷)
Va-2	۳۶۸۸/۲۱	۲۵۵۸۲۴/۸	۳۴/۵۸	۱۶۳۵۱۷۵	۱/۲۲
	(۱۰)	(۷)	(۱۱)	(۷)	(۱)

ضمن اینکه ارقام مناسب ارقامی هستند که پایداری بالا و میزان عملکرد بالایی داشته باشند. با توجه به این یافته‌ها، رقم ANBK به‌عنوان ژنوتیپ پرمحصول با پایداری عملکرد مطلوب شناسایی و معرفی می‌شود (شکل ۱).

بر اساس نظر ابرهات و راسل (۷) رقم‌هایی از لحاظ زراعی پایدارترند که شیب خط رگرسیون نزدیک به یک داشته باشند. بر اساس این پیشنهاد ارقام ANBK، Va-1 و 92-34 و ورامین/بختگان به‌عنوان پایدارترین ارقام معرفی می‌گردند.



شکل ۱- پراکنش ارقام امید بخش پنبه بر اساس میانگین عملکرد و ضریب رگرسیون  
Figure 1. Biplot view of promising cotton genotypes by means of yield and regression coefficient

احتمال ۵ درصد معنی‌دار بودند (جدول ۳) و قریب به ۸۱ درصد از مجموع مربعات، توسط دو مؤلفه اصلی اول (IPCA1 و IPCA2) توجیه گردید (شکل ۳). بنابراین مدل دوم امی

نتایج تجزیه واریانس جهت برآورد آثار افزایشی جمع‌پذیر و آثار متقابل ضرب‌پذیر بر مبنای روش AMMI در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، اثرهای اصلی ژنوتیپ و محیط و اثر متقابل ژنوتیپ  $\times$  محیط در سطح

(AMMI<sub>2</sub>) شامل دو مولفه اول اثر افزایشی و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۳- تجزیه AMMI عملکرد وش ارقام امیدبخش پنبه در دو سال و هشت مکان

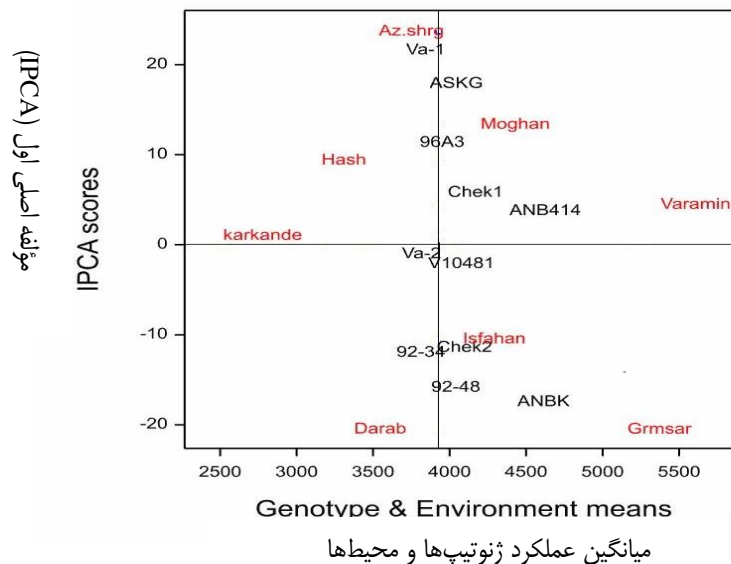
Table 3. AMMI model analysis for seed cotton yield of promising cotton genotypes at eight locations during two years

میانگین مربعات	درجه آزادی	منابع تغییر
۴۵۲۸۱۹۹**	۸۷	ترکیب تیمارها
۵۵۴۳۵۰۷**	۲۴	بلوک
۲۲۰۰۴۵۲**	۱۰	ژنوتیپ
۴۲۴۵۰۰۴۷**	۷	محیط
۱۰۶۸۵۴۹**	۷۰	ژنوتیپ × محیط
۲۹۰۹۵۳۵**	۱۶	IPCA1
۹۲۴۵۳۹**	۱۴	IPCA2
۳۸۲۵۶۱**	۴۰	باقیمانده
۱۷۸۲۱۳	۲۴۰	خطای مرکب
۱۶۲۳۲۷۲	۳۵۱	کل

\*\* : معنی داری در سطح احتمال ۱٪

آذربایجان شرقی، داراب و گرمسار دارای اثر متقابل بزرگ و بیشترین تاثیر را در ایجاد اثر متقابل داشتند. ارقامی که در مرکز بای پلات قرار گرفته‌اند، اثر متقابل نزدیک به صفر دارند و دارای پایداری عمومی بیشتری هستند، لذا برای اکثر محیط‌ها قابل توصیه می‌باشند، ارقامی که دور از مرکز قرار می‌گیرند دارای پایداری خصوصی می‌باشند (۱۴). بر اساس نتایج حاصل، ارقام Va-1، ANB-414، V10481 و گلستان کمترین فاصله را از مرکز بای پلات داشتند و دارای اثر متقابل کم و پایداری عمومی بیشتری بودند. از بین آنها ارقام ANB-414 و گلستان به علت داشتن میانگین عملکرد بالاتر از میانگین کل می‌توانند به عنوان ارقام با پایداری و عملکرد مطلوب مورد توجه قرار گیرند (شکل ۲).

به منظور بررسی روابط ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها از روش گرافیکی بای پلات استفاده شد (شکل ۲). در این بای پلات محور افقی نمایانگر آثار اصلی جمع‌پذیر یا میانگین عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار و محور عمودی آثار متقابل ضرب‌پذیر یا مقادیر اولین مولفه اصلی (IPCA1) یعنی ضرایب عامل برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها به طور جداگانه می‌باشد. در بای پلات مذکور دو جفت از داده‌ها روی محور نمایش داده شده‌اند. اولین جفت مربوط به میانگین عملکرد هر ژنوتیپ (محور افقی) و مقادیر اولین مولفه اصلی هر ژنوتیپ (محور عمودی) و دومین جفت مربوط به میانگین عملکرد هر محیط (محور افقی) و مقادیر اولین مولفه اصلی هر محیط (محور عمودی) می‌باشد. بررسی بای پلات (شکل ۲) نشان می‌دهد که ژنوتیپ Va-1 و همچنین مناطق



شکل ۲- بای پلات میانگین عملکرد وش ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و مقادیر اولین مولفه اصلی در ارقام امید بخش پنبه  
Figure 2. Biplot view for seed cotton yield average of genotypes and environments and PCA1 in promising cotton genotypes

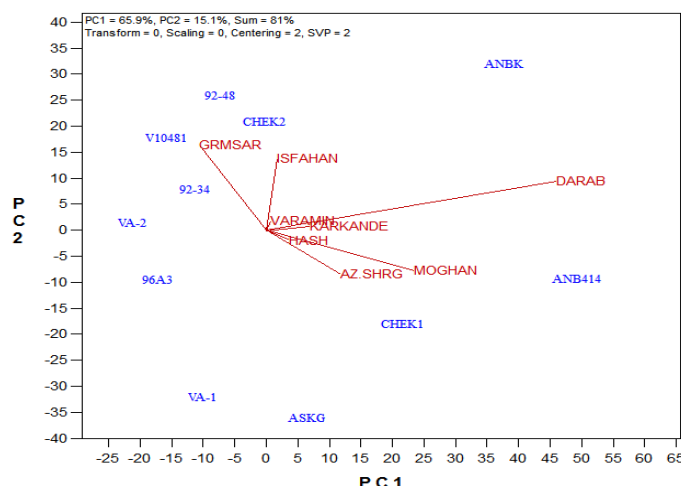
عملکرد و پایداری ارقام و لاین‌ها می‌باشد. ارقام بر اساس مقادیر مولفه‌های اصلی اول و دوم نقطه‌یابی شدند (شکل ۳). این بای پلات ۸۱ درصد تنوع مربوط به اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را توجیه کرد. سهم مؤلفه‌های اصلی اول و دوم در

روش GGE بای پلات مبتنی بر مفهوم پایداری زراعی است و ژنوتیپ‌های انتخابی با این روش علاوه بر پایداری، از عملکرد بالایی هم برخوردار هستند. بدین ترتیب GGE بای پلات روش گرافیکی مناسبی برای گزینش همزمان

ارقام مورد ارزیابی را به خوبی متمایز کنند. هاشم‌آباد، ورامین و کارکنده با کمترین طول بردار محیطی از قابلیت تمایز پایینی برای ارقام برخوردار بودند (شکل ۳). کسینوس زاویه بین بردارهای محیطی برای تقریب رابطه بین آنها به کار می‌رود و زاویه کمتر از ۹۰ درجه بین بردارهای محیطی، نشان‌دهنده همبستگی مثبت بین محیط‌های آزمایشی است (۳۱). بنابراین بین منطقه کارکنده با داراب و منطقه هاشم‌آباد با مغان بیشترین همبستگی مثبت مشاهده شد و این امر بیانگر این موضوع است که ارقام در این محیط‌ها بسته به میزان همبستگی پاسخ‌های یکسان دارند. وجود همبستگی منفی بین منطقه آذربایجان شرقی و گرمسار با توجه به زاویه بیش از ۹۰ درجه بین بردارهای آنها، قابل تشخیص است (شکل ۳). علاوه بر این، بردار محیطی مغان با بردار محیطی اصفهان زاویه حدود ۹۰ درجه داشته که نشان‌دهنده عدم وجود همبستگی یا عدم وجود شباهت بین این دو منطقه است. گدیف و بگزاو (۱۴) و یان راجکان (۳۱) گزارش کردند که وجود رابطه نزدیک بین محیط‌های آزمایشی نشان‌دهنده‌ی اطلاعات مشابه درباره محیط‌ها است، به‌طوری که در صورت اجرای آزمایشات مشابه، می‌توان برای کاهش هزینه‌ها از تکرار آزمایش در محیط‌های مشابه جلوگیری کرد.

تفکیک ارقام و محیط به ترتیب ۶۵/۹ درصد و ۱۵/۱ درصد بود. دماوندی و همکاران (۶) در ارزیابی سازگای و پایداری ارقام پنبه، سهم دو مؤلفه در توجیه اثرات متقابل را ۸۱.۷۵ درصد گزارش کردند. این در حالی است که در گزارشات گائوچ و همکاران (۱۳) و و مالیا و همکاران (۱۶)، سهم دو مؤلفه نخست در توجیه اثرات متقابل از ۵۴.۲ تا ۹۴.۷ درصد متغیر بود ویژگی مهم دیگر در بای‌پلات همبستگی بین محیط‌ها، طول بردار محیطی است. طول بردارهای محیطی، برآوردی از انحراف معیار درون هر محیط بوده و در واقع معیاری از قدرت تمایز محیط‌های آزمایشی است (۲۹). در گزارش یان و همکاران (۳۱) به این نکته اشاره شده است که بردارهای بلندتر نشان دهنده انحراف معیار بیشتر و در نتیجه قابلیت تمایز بیشتر است. قابلیت تمایز یکی از ویژگی‌های مهم هر محیط است، به طوری که محیط‌های فاقد قابلیت تمایز نمی‌توانند اطلاعات مفیدی در مورد ارقام و لاین‌ها ارائه کنند (۱۷، ۲۵، ۳۱).

بردارهای ارزیابی محیطی برای مناطق مورد بررسی نشان داد که داراب، گرمسار و مغان با بلندترین طول بردار محیطی نسبت به سایر مناطق، از قابلیت تمایز بالایی برخوردارند و جزء مناطقی هستند که می‌توانند در آزمایشات بررسی ارقام،



شکل ۳- بای‌پلات نقشه همبستگی بین محیط‌های مورد بررسی در ارقام امیدبخش پنبه  
Figure 3. Biplot view for association among environments in promising cotton genotypes

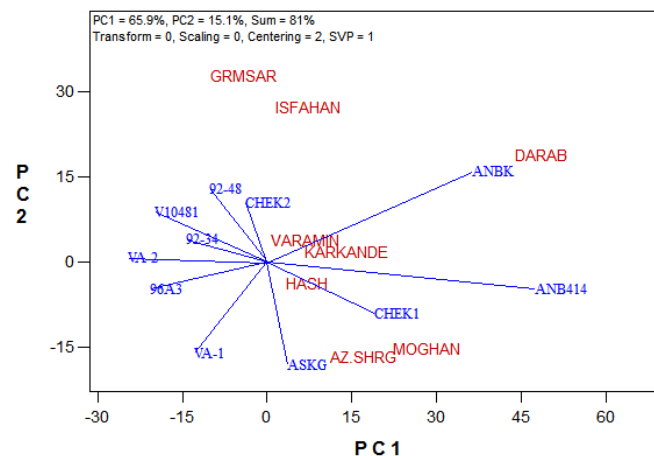
در شکل ۵ پایداری و عملکرد ژنوتیپ‌ها بررسی شده است. در این شکل خط افقی (قرمز) نشان‌دهنده میانگین محیط‌ها و خط عمودی (آبی) نشان‌دهنده میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها است (۲۲). محیط‌هایی که در قسمت پایین خط افقی قرار گرفته‌اند، میانگین عملکرد بالاتری از میانگین کل داشته و محیط‌هایی که در قسمت بالای این خط قرار گرفته‌اند، میانگین عملکرد و ش پایینی داشته‌اند. در شکل ۵ به‌طوری که ملاحظه می‌گردد محیط‌های آذربایجان شرقی و مغان که در قسمت پایین قرار داشته، میانگین عملکرد و ش بالاتری نشان دادند و محیط گرمسار که در قسمت بالای خط افقی قرار دارند، مقادیر عملکرد پائین‌تری نشان دادند. در رابطه با عملکرد و ش نیز ارقامی که در سمت راست خط عمودی

شکل ۴ همبستگی بین ارقام را نشان می‌دهد. ارقامی که در محیط‌های مختلف واکنش یکسانی داشتند، همبستگی بالایی نشان خواهند داد. ارقام V10481 و 92-34 نسبت به سایر ارقام همبستگی بالایی نشان دادند. رقم گلستان با رقم V10481 بیشترین همبستگی منفی را داشتند. ارقام شاهد ورامین/ بختگان با ژنوتیپ ASKG و ANB-414 با VA-2 همبستگی منفی بالایی داشتند (شکل ۴). با توجه به اینکه طول بردار بیشتر نشان‌دهنده نقش بیشتر آن رقم در توجیه تنوع کل می‌باشد، لذا بیشترین تنوع توجیه شده توسط بای‌پلات ناشی از ژنوتیپ‌های ANBK و ANB414 می‌باشد.

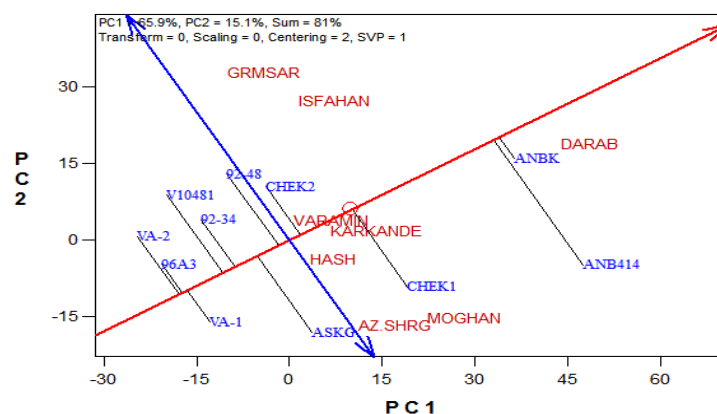
اصلاحی معمولاً ژنوتیپ‌هایی انتخاب می‌شوند که دارای سازگاری عمومی بالایی بوده و برای چند منطقه قابل توصیه باشند (۲۰۱۳، ۲۵). ارقامی با سازگاری عمومی و عملکرد پایدار معمولاً از درجه تحمل بیشتر در مقابل تغییرات محیطی برخوردارند و با این ویژگی در میانگینی از شرایط محیطی، عملکرد قابل قبولی را به نمایش می‌گذارند و برای کشت در شرایط عمومی مناطق پنبه‌کاری کشور مناسبند (۱۰۱۵، ۲۹). تئودورو و همکاران (۲۵) سازگاری عمومی همراه با پایداری عملکرد را برای پنبه مهم دانستند، اما با این وجود، بسیاری از محققان (۵، ۱۶) معرفی ارقامی با سازگاری خصوصی را نیز ضروری دانستند. مالیا و همکاران (۱۶) معرفی ارقامی با سازگاری خصوصی را به‌عنوان یک چالش در برنامه‌های به‌نژادی معرفی کردند و این امر را وابسته به شرایط خاک و اقلیم منطقه دانستند.

(گلستان، ورامین، ANB414 و ANBK) قرار گرفته‌اند، عملکرد بالاتر از میانگین و ارقامی که در سمت چپ خط عمود (Va-1، Va-2 و 96A3) قرار گرفته‌اند، میانگین عملکرد پائین‌تری داشتند. ارقامی که به محور افقی نزدیک‌تر بودند مانند ارقام ANBK و ارقام شاهد ورامین یا بختگان ارقام پایدار بودند و ارقامی که فاصله بیشتری از محور افقی داشته‌اند (ANB414، ASKG و V10481) ارقام ناپایدار شناخته شدند (شکل ۵).

دماوندی و همکاران (۶)، تمسجن و همکاران (۲۶) و نجفی میرک (۱۷) از روش AMMI برای انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار پنبه، باقلا و گندم دروم استفاده کردند. در گزارش آنها به قابلیت و توانمندی روش AMMI در تعیین ژنوتیپ‌های حائز سازگاری عمومی و اختصاصی برای مکان‌های مختلف اشاره گردید. با توجه به اینکه تولید ارقام اصلاح شده و سازگار با ظرفیت بالا برای هر محیط از نظر اقتصادی هزینه سنگین و صرف وقت زیادی را می‌طلبد، از این رو، در برنامه‌های



شکل ۴- بای‌پلات نقشه همبستگی بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در ژنوتیپ‌های امیدبخش پنبه  
Figure 4. Biplot view for association among promising cotton genotypes at environments



شکل ۵- بای‌پلات دو مولفه‌های اول و گزینش همزمان عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌های امیدبخش پنبه در مناطق آزمایشی  
Figure 5. Biplot of PCA1 vs. PCA2 for selection of high yield and stability in promising cotton genotypes at studied locations

فاصله را از مرکز بای‌پلات داشتند و بهترین یا ضعیف‌ترین ارقام در محیط‌های مربوط به خود بودند. بقیه ارقام در داخل چندضلعی قرار گرفتند. خطوطی که از مبدأ مختصات عمود بر اضلاع چندضلعی رسم شده‌اند، گروه‌های محیطی و یا

در شکل ۶ نمایش چندضلعی برای یازده ژنوتیپ پنبه در هشت منطقه نشان داده شده است. در این شکل، ارقام ANBK، ANB414، V10481، 92-48، Va-2، Va-1 و ASKG که رئوس چندضلعی را تشکیل دادند، بیشترین

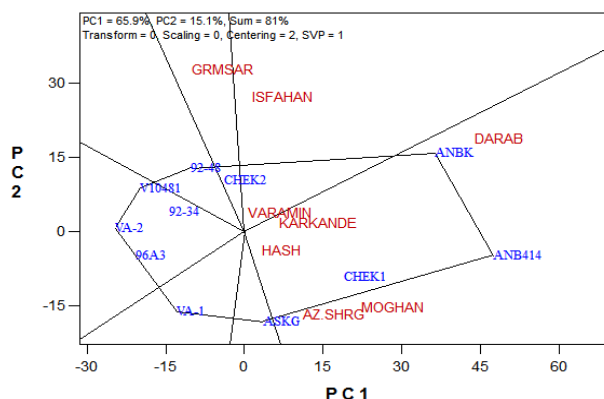


این روش علاوه بر امکان گروه‌بندی محیط‌های آزمایشی، قدرت و قابلیت هر محیط در تمایز ارقام را نیز قابل برآورد است. بر اساس نتایج این تحقیق، بای‌پلات‌های ترسیم شده توانستند ۸۱ درصد تنوعات مربوط به اثرات متقابل GE را توجیه نمایند که دلالت بر قابل اعتماد بودن نتایج داشت. مطابق نظر یانگ و همکاران (۲۲) در صورتی که نمودار بای‌پلات حداقل ۶۰ درصد از واریانس داده‌ها را توجیه نماید، می‌تواند برای استخراج ابرمحیط‌ها از آن استفاده نمود. بر اساس نتایج، ایستگاه‌های داراب، گرمسار و مغان نسبت به سایر ایستگاه‌ها از قابلیت تمایز ژنوتیپی بالاتری برخوردار بودند. نتایج ارزیابی ارقام در ایستگاه‌های هاشم‌آباد و مغان، کارکنده و داراب قابلیت تعمیم به یکدیگر را دارند، ولی نتایج ایستگاه‌های خدفرین (آذ. شرقی)، گرمسار، اصفهان و مغان مستقل از یکدیگر بوده و قابلیت تعمیم به یکدیگر را ندارند. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، ANB-414 و رقم تجاری گلستان از سازگاری بیشتر برای مناطق معتدل و گرم کشور نظیر هاشم‌آباد، مغان، خدفرین (آذ. شرقی)، داراب و کارکنده برخوردار بودند. ژنوتیپ‌های ANBK، رقم تجاری ورامین و 92-48 به‌عنوان ژنوتیپ‌های سازگار و مناسب برای مناطق گرم و خشک کشور نظیر ورامین و اصفهان و ژنوتیپ‌های V10481 و 92-34 برای منطقه گرمسار مناسب تشخیص داده شدند. با توجه به نتایج این تحقیق و بر اساس گزینش همزمان عملکرد و پایداری عملکرد، ژنوتیپ‌های ANBK و ANB-414 به‌عنوان ارقام پرمحصول با سازگاری عمومی و پایداری عملکرد مناسب شناسایی شدند و می‌توانند در دستور کار نامگذاری، معرفی و تجاری سازی ارقام قرار گیرند.

محیط‌های کلان را مشخص می‌کنند. بر اساس نتایج، دو محیط بزرگ و چهار ژنوتیپ برتر (ANBK، ANB414، گلستان و ASKG) شناسایی گردید. ارقام ANB-414 و گلستان در مناطق هاشم‌آباد، کارکنده، داراب، مغان، آذربایجان شرقی و ورامین (محیط بزرگ ۱) و رقم ورامین در مناطق اصفهان و گرمسار (محیط بزرگ ۲) مقادیر عملکرد و شش بالاتری نشان داده‌اند و ارقام 92-48، V10481، 92-34، Va-2، Va-1 و 96A3 در هیچکدام از مناطق عملکرد خوبی نداشته و با توجه به اینکه از نظر مؤلفه اول مقادیر کمتری دارد، بنابراین نشان می‌دهد که میانگین عملکردی پائین‌تری نسبت به سایر ارقام دارد (شکل ۶) و ارقام موجود در هر بخش شباهت زیادی با یکدیگر خواهند داشت. بعضی از ارقام مانند ورامین و 92-34 که در نزدیکی مرکز بای‌پلات قرار داشتند، دارای عملکرد متوسط و سازگاری عمومی در تمام مناطق آزمایشی بودند. در مجموع بر اساس نتایج حاصل از روش‌های مختلف پارامتری و بای‌پلات، ژنوتیپ‌های ANBK و ANB414 که دارای عملکرد بالاتر از میانگین کل بودند، به‌عنوان سازگارترین و پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند که می‌توانند به‌عنوان ارقام جدید در برنامه معرفی و توسعه کشت قرار گیرند.

### نتیجه‌گیری کلی

در این آزمایش، اثر متقابل ژنوتیپ و محیط (GE) در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. ایستگاه‌های داراب، خدفرین (آذربایجان شرقی) و گرمسار دارای اثر متقابل بزرگ و بیشترین تاثیر را در ایجاد اثر متقابل داشتند. روش GGE بای پلات روشی مناسب و مؤثر برای گزینش همزمان عملکرد و پایداری عملکرد در ژنوتیپ‌های پنبه تشخیص داده شد. در



شکل ۶- بای‌پلات مؤلفه‌های اول و دوم و الگوی چندضلعی جهت شناسایی محیط‌های بزرگ و ژنوتیپ‌های برتر  
Figure 6. Biplot of PCA1 vs. PCA2 and polygonal method for selecting of mega-environment and superior genotypes

### منابع

1. Akcura, M., Y. Kaya, S. Taner and R. Ayranci. 2006. Parametric stability analyses for grain yield of durum wheat. *Plant Soil Environ*, 52(6): 254-261.
2. Alishah, O., H.M. Janloo, M.H. Hekmat, A.N. Arefi, S.Y. Sidmasoomi and Y. Talat. 2019. Genotype  $\times$  Environment Interaction and Yield Stability of Hopeful Cotton (*G. hirsutum* L.) Genotypes. *Journal of Crop Breeding*, 11(31): 226-236.
3. Arshad, M., M. Hanif, I. Noor and S.M. Shah. 1993. Correlation studies on some commercial cotton varieties of *G. hirsutum* L. *Sarhad Journal of Agriculture*, 9: 23-39.
4. Baloch, M., A.W. Baloch, U.A. Ansari, M. Baloch, S. Abro, N. Gandahi, G. Hussain, A.M. Baloch, M. Ali and I. Ahmed. 2016. Interrelationship analysis of yield and fiber traits in promising genotypes of upland cotton. *Pure Applied Biology*, 5: 263-269.



5. Becker, H.C. and J. Léon. 1988. Stability Analysis in Plant Breeding. Plant Breeding, 101: 1-23.
6. Damavandi, K.S., N.J. Babaeian and O. Alishah. 2011. Adaptability and yield stability of cotton varieties by parametric and non-parametric methods and AMMI model. Journal of Iranian Crop Science, 42(2): 397-407 (In Persian).
7. Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, 6: 36-40.
8. Eskandari, M., H. Najjar, M.R. RamezaniMoghadam, M. Taherian. 2020. Study of Yield Stability of Promising Diploid Cotton Lines using Parametric Methods. Journal of Crop Breeding, 12(36): 47-56 (In Persian).
9. Faryadras, V.A., A.H. Chyzari and E. Moradi. 2002. Measure and compare the performance of cotton growers. Journal of Agricultural Economics and Development, 10: 89-102 (In Persian).
10. Finlay, K. and G. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. Crop and Pasture Science, 14: 742-754.
11. Francis, T.R. and L.W. Kanenberg. 1978. Yield stability studies in short season maize. Plant Science, 58: 1029-1039.
12. Gauch, J.H.G., H.P. Piepho and P. Annicchiarico. 2008. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE: Further considerations. Crop Science, 48: 866-889
13. Gauch, H.G. and R.W. Zobel. 1996. AMMI analysis of yield trials. 85-122 p. In: Kang, M.S., Gauch, H.G. (eds.) Genotype by environment interaction, CRC press. Boca Raton, 1-14 pp.
14. Gedif, M. and D. Yigzaw. 2014. Genotype by environment interaction analysis for tuber yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) using a GGE Biplot method in Amhara region. Ethiopian Journal of Agricultural Sciences, 5: 239-249.
15. Iqbal, M.Z., S. Nazir and M. Younas. 2018. Stability analysis of candidate bollgard bt cotton (*Gossypium hirsutum* L.) genotypes for yield traits. International Journal of Bioscience, 13: 55-63.
16. Maleia, M.P., A. Raimundo, L.D. Moiana, J.O. Teca, F. Chale, E. Jamal, J.N. Dentor and B.A. Adamugy. 2017. Stability and adaptability of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) genotypes based on AMMI analysis. Australian Journal of Crop Science, 11: 367-372.
17. Najafi Mirak, T., M. Dastfal, H. Farzadi, M. Sayahfar and B. Andarzian. 2020. Study of Durum Wheat Yield Stability in Warm Zone of Iran under Normal and Drought Stress. Journal of Crop Breeding, 12(35): 80-90 (In Persian).
18. Pezeshkpour, P., R. Karimizadeh, A. Mirzaei and M. Barzali. 2019. Yield Stability of Chickpea Promising Genotypes in Autumn Planting of Using GGE biplot Method. Journal of Agronomy and Plant Breeding, 15(1): 29-43.
19. Riaz, M. Farooq, J. Ahmed, S. Amin, M. Chattha, W.S. Ayouub and R.A. Kainth. 2019. Analysis of different cotton genotypes under normal and water-deficit conditions. Journal of Integrative Agriculture, 18(6): 1257-1265.
20. Riaz, M., M. Naveed, M. Farooq, J. Farooq, A. Mahmood, Ch. Rafiq, M. Nadeem and A. Sadiq. (2013). AMMI Analysis for Stability, Adaptability and GE Interaction Studies in Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). The Journal of Animal and Plant Sciences, 23(3): 865-871.
21. Sedigh, S., M.G. Zabet and A.R. Samadzadeh. 2016. Identification of Superior varieties of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under Drought Stress and normal Conditions using GGE-Biplot and GT-Biplot method in Birjand. Journal of Crop Breeding, 8: 134-144 (In Persian).
22. Shukla, G.K. 1972. Some statistical aspect of partitioning genotype environment components of variability. Heredity, 29: 237-245.
23. Suadric, A., D. Simic and M. Vratric. 2006. Characterization of genotype by environment interactions in soybean breeding program of Southeast Europe. Plant Breeding, 125: 125-191.
24. Taherian, M., M.R. Bihamta, S.A. Peyghambari, H. Alizadeh and A. Rasoulnia. 2019. Stability Analysis and Selection of Salinity Tolerant barley Genotypes. Journal of Crop Breeding, 11(29): 93-103 (In Persian).
25. Teodoro, P.E., F.J.C. Farias, L.P. de Carvalho, L.P. Ribeiro, M. Nascimento, C.F. Azevedo, C.D. Cruz and L.L. Bhering. 2019. Adaptability and Stability of Cotton Genotypes Regarding Fiber Yield and Quality Traits. Crop Science.
26. Temesgen, T., G. Keneni, T. Sefera and M. Jarso. 2015. Yield stability and relationships among stability parameters in faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. The Crop Journal, 3: 258-268.
27. Wrick, G. 1962. Über eine methode zur erfassung der ökologischen streubreite in feldresuchen. Z. Pflanzuecht, 47(1): 92-96
28. Yan, W., M.S. Kang, S. Woods and P.L. Cornelius. 2007. GGE Biplot vs AMMI analysis of genotype by environment data. Crop Science, 47: 643-655.
29. Yan, W. and N.A. Tinker. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. Canadian Journal of Plant Science, 86: 623-645.
30. Yan, W. and I. Rajcan. 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. Crop Science, 42: 11-20.
31. Yang, R., J. Crossa, P. Cornelius and J. Bugueno. 2009. Biplot analysis of genotype × environment interaction: Proceed with caution. Crop Science, 49: 1564-1576.

## Genotype by Environment Interaction and yield Stability Assessment in new promising Cotton Genotypes by Parametric, AMMI and GGE Biplot Analysis Methods

**Omran Alishah<sup>1</sup>, Mitra Vanda<sup>2</sup>, Mohamad Reza Rahemi<sup>3</sup>, Mohamad Hasan Hekmat<sup>4</sup>, Mohsen Fathi<sup>5</sup>, Mousaalreza Vafaei<sup>6</sup>, Ali Naderi Arefi<sup>6</sup>, Seyed Yaghob Masoumi<sup>7</sup>, Majid JafarAghaei<sup>8</sup> and Mohhamad Bagher Khorshidi<sup>9</sup>**

1- Associate Professor of Cotton Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran, (Corresponding Author: Omran\_alishah@yahoo.com)

2 and 4- Assistant Professor and Instructor, Fars Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran, Darab.

3- Faculty member of Nuclear Agriculture Research Institute, Karaj

5- Assistant Professor, National Cotton Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Gorgan, Iran

6, 7, 8 and 9 - Scientific member of Agricultural Research and Education Center of Fars (Darab), Tehran (Varamin), Ardebil (Moghan), Isfahan and East Azarbaijan (Tabriz), respectively. Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran

Received: 5 May, 2021

Accepted: 18 September, 2021

### Extended Abstract

**Introduction and Objective:** Study of genotype (G) × environment (E) interaction and identifying of stable and high yielding cultivars are important and essential component of cotton breeding programs dedicated for cultivar development.

**Materials and Methods:** Nine new promising cotton genotypes (*Gossypium hirsutum* L.) along with two commercial cultivars (control) were evaluated in a randomized complete block design (RCBD) with four replications at eight locations including Hashemabad, Karkandeh, Darab, Khodafarin, Garmsar, Varamin, Isfahan and Moghan during two crop seasons (2018-2019).

**Results:** Combined analysis of variance (ANOVA) across environments indicated significant variation among genotypes and G × E interaction for seed cotton yield. Significant G×E variation allowed for subsequent analysis of genotype stability statistics and AMMI analysis. Regarding AMMI analysis, two principle components contributed for 81.0 % of the variation among the G×E interaction. The Varamin and 92-34 genotypes have shown general adaptability with average yield across environments. The Golestan, ANBK and ANB414 were identified as high yielding and the most stable genotypes based on parametric models (Cvi, bi and Xi), AMMI and GGE Biplot models. It was concluded that AMMI biplot clearly facilitate identification of mega-environments and cultivars for specific recommendations.

**Conclusion:** The results of study indicated that ANB414, ANBK and Golestan could be suited for cultivation across the test environments.

**Keywords:** AMMI, Genotype by environment interaction, Seed cotton yield, Stability analysis