

ارزیابی شاخص‌های تحمل به شوری در ژنوتیپ‌های پنبه با استفاده از روش GGE biplot

محسن فتحی سعدآبادی^{۱*}، سیدجلال میرقاسمی^۲

^۱ عضو هیات علمی (استادیار) موسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
^۲ محقق موسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۸/۱۱

چکیده

به‌منظور ارزیابی و مقایسه از ژنوتیپ‌ها و دورگ‌های جدید پنبه که طی آزمایش‌های متعدد مورد
گزینش قرار گرفته و از نظر صفات کمی و کیفی ویژگی‌های ممتازی بودند، این پروژه در قالب طرح
بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در دو منطقه هاشم‌آباد (بدون تنش) و انبارالوم (تنش شوری) طی دو
سال ۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. ۳۸ ژنوتیپ به همراه دو رقم تجاری گلستان و سپید (به‌عنوان شاهد) مورد
مقایسه قرار گرفتند. صفات اندازه‌گیری شده شامل: عملکرد (چین اول، چین دوم و عملکرد کل)، اجزای
عملکرد (وزن غوزه، تعداد غوزه، طول و تعداد شاخه‌های زایا)، ارتفاع بوته و زودرسی (نسبت چین اول به
عملکرد کل) بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در سال‌ها و مکان‌های
انجام آزمایش از نظر اکثر صفات مورد بررسی تفاوت آماری معنی‌داری در سطح ۵٪ یا ۱٪ وجود دارد.
بیشترین میزان عملکرد را در شرایط بدون تنش ژنوتیپ‌های Er26، Tj82، Tj135 و DB24 از خود نشان
دادند. اما رتبه‌بندی تیمارها در شرایط تنش متفاوت بود و ژنوتیپ‌های Er34، Tj174 و Tj135 بیشترین
عملکرد را در شرایط تنش شوری تولید کردند. از نظر شاخص تحمل ژنوتیپ‌های Er26، Er29، Tj82 برتر
از بقیه ژنوتیپ‌ها بودند. اما بر اساس شاخص حساسیت به تنش (SSI) ژنوتیپ‌های Er29، Tj185 و Er26
حساس‌تر بودند. در نمودار رسم شده توسط نرم‌افزار GGE biplot دو مؤلفه تعیین شده در مجموع ۹۴
درصد از تغییرات را توجیه کرد. سرانجام از نظر تحمل شوری ژنوتیپ‌های Tj135، Er38 و Tj82 بعنوان
برترین و متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها انتخاب و معرفی شدند.

واژه‌های کلیدی: پنبه، ژنوتیپ، شاخص، تحمل به شوری

مقدمه

پنبه به‌عنوان یک گیاه گرمسیری و نیمه گرمسیری تقریباً در پنج قاره جهان کشت می‌شود. بخش اعظم محصول پنبه در قاره آسیا تولید می‌شود، بطوریکه چهار کشور آسیایی مانند چین، هندوستان، پاکستان و ازبکستان حدود ۶۸ درصد پنبه جهان را تولید می‌کنند و کشور آمریکا نیز به تنهایی حدود ۱۲ درصد از پنبه جهان را تولید می‌کند. نقش پنبه در تولید ناخالص ملی (GDP) پاکستان ۱/۶ درصد و در سوریه ۲/۵ درصد است. میانگین عملکرد و ش در کشورهای چین، هندوستان، ازبکستان و پاکستان به ترتیب ۳۹۶۳، ۱۵۶۹، ۲۱۱۵ و ۱۹۵۹ کیلوگرم در هکتار (در سال زراعی ۲۰۰۸-۲۰۰۹) گزارش شده است (سینگ، ۲۰۱۱).

پنبه به لحاظ تامین مواد اولیه صنایع وابسته (ریسندگی، نساجی، روغن‌کشی، نظامی و شیمیایی) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و ضرورت حفظ جایگاه و سطح تولید این محصول بر کسی پوشیده نیست. اما متأسفانه با توجه به کاهش سطح کشت پنبه در ایران و تغییر الگوی کشت این محصول در مناطق مختلف کشور، بدیهی است حفظ سطح تولید و تامین نیاز صنایع مستلزم معرفی و کاشت ارقام پرمحصول با خواص کیفی مناسب می‌باشد. از این‌رو، ارزیابی و کشف ژنوتیپ‌های برتر با ویژگی‌های مناسب برای شرایط زراعی خاص، در اولویت کار به‌نژادی پنبه خواهد بود (عالیشاه و همکاران، ۲۰۱۴).

بر اساس آمار موجود سطح کشت پنبه در ایران در سال ۱۳۹۵ حدود ۷۰ هزار هکتار گزارش گردید که در مقایسه با دهه گذشته تقریباً ۴۰ تا ۵۰ درصد از سطح کشت آن کاسته شده است. کاهش سطح زیر کشت پنبه در استان گلستان و عدم مزیت نسبی این محصول نسبت به محصولات رقیب، باعث شده که کشت پنبه به اراضی حاشیه‌ای، شور و کم بازده محدود گردد. لذا ضرورت دارد تا ژنوتیپ‌های مختلف پنبه از نظر تحمل به شوری مورد ارزیابی قرار گرفته تا بتوان نسبت به معرفی ارقامی که در شرایط تنش نیز عملکرد مطلوب و قابل قبول داشته باشند، اقدام کرد (فتحی سعدآبادی، ۲۰۱۸).

در این تحقیق گروهی از ژنوتیپ‌های برتر و دورگ‌های جدید پنبه که طی آزمایش‌های متعدد مورد گزینش قرار گرفته‌اند و از نظر خصوصیات کمی و کیفی بخصوص عملکرد و کیفیت الیاف دارای ویژگی‌های ممتاز بوده‌اند، برای اولین بار در شرایط مختلف (تنش شور و غیر شور) مورد ارزیابی قرار می‌گیرند تا ضمن مطالعه این خصوصیات در مراحل مختلف رشد و نمو پنبه، پایدارترین دورگ جهت کاشت در نواحی مختلف استان گلستان معرفی و توصیه گردد.

شوری خاک یکی از عوامل مهم کاهش رشد و تولید محصولات زراعی است. سطح خاک‌های متاثر از نمک در کشور ما بسیار قابل توجه بوده و در اکثر این اراضی فقط کشت محصولات متحمل به شوری مثل پنبه مقدور می‌باشد. با این که پنبه از گیاهان نسبتاً متحمل به شوری محسوب می‌شود، اما همانند سایر گیاهان با وجود تحمل نسبی در برابر شوری، تاثیر سوء شوری در ارقام و ژنوتیپ‌های

مختلف یکسان نبوده و اختلاف در صفات رشدی و عملکرد مشاهده می‌شود (روشنی و همکاران، ۲۰۱۴).

عالیشاه و همکاران (۲۰۱۱) ویژگی‌های زراعی ۹ رقم جدید پنبه را در مقایسه با ارقام تجارتي (ورامین، ساحل و بختگان) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار و در ۹ منطقه کشور طی سال‌های ۸۸-۱۳۸۷ مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از کار آنها نشان داد که اثر متقابل سال \times مکان برای تمامی صفات کیفی و همچنین برای زودرسی، عملکرد و وزن غوزه در سطح آماری ۱٪ معنی‌دار شده، اما اثر متقابل سال \times ژنوتیپ برای صفات کیفی الیاف و وزن غوزه از نظر آماری معنی‌دار نشد. از لحاظ زودرسی، رقم جدید NNC، از لحاظ عملکرد ارقام Sp732، NNB و NNC و از لحاظ طول و کشش الیاف دورگ SKSC نسبت به سایر ارقام برتر بودند. کلیه ارقام مورد بررسی دارای پایداری متوسط نسبت به محیط‌های مختلف بودند و در بین آنها ارقام SP732، SP731 و NNB دارای سازگاری عمومی خوبی بودند که همراه با دورگ NNC به‌عنوان ارقام جدید قابل توصیه برای مناطق پنبه‌کاری کشور، معرفی شدند.

دماوندی و همکاران (۲۰۱۱) اثرات متقابل ژنوتیپ \times محیط و پایداری عملکرد ۱۰ رقم پنبه را در ۶ منطقه از طریق روش‌های تک‌متغیره پارامتری و ناپارامتری و مدل AMMI مورد بررسی قرار دادند که ۸۱٪ از تغییرات توسط دو مولفه اصلی اول و دوم (IPC1,2) تبیین گردید. بر مبنای نمودار بای‌پلات اجزای ژنوتیپی و محیطی و میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف، ارقام چکورو، سپید و تابلا دیلا پایدارترین بودند و ارقام ۴۳۲۰۰، خرداد و ساحل بیشترین اثر متقابل را از خود نشان دادند. اشرف و همکاران (۲۰۰۰) در بررسی ژنتیکی صفات مرفولوژیکی، کمی و کیفی پنبه تحت شرایط شوری اثرات معنی‌دار ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) را برای تمام صفات کیفی مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه زایا، تعداد غوزه و عملکرد گزارش کرده‌اند و در مورد تعداد شاخه رویا نیز فقط به معنی‌دار شدن اثر ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) اشاره کرده‌اند. در ادامه بیان داشتند که سیستم ژنتیکی مقاومت به شوری در پنبه در مقایسه با دیگر گیاهان از جمله برنج، سورگوم دانه‌ای و نخود اندکی پیچیده‌تر به نظر می‌رسد. دارا بودن حجم ریشه بیشتر و به دنبال آن جذب آب و مواد غذایی از فضای بیشتری از خاک یکی از ویژگی‌هایی است که در ایجاد تحمل به تنش شوری مؤثر است (گارات و همکاران، ۲۰۰۲).

در بررسی‌های متعدد تأخیر جوانه‌زنی رشد گیاهچه در شوری بالا گزارش شده است. اگرچه گونه‌های مختلف گیاهان در حساسیت یا مقاومت به شوری باهم اختلاف دارند (مجیب‌الرحمان و همکاران، ۲۰۰۸).

لین و همکاران (۱۹۹۷) مطالعاتی را بر روی برخی گیاهچه‌های پنبه در شرایط تنش شوری انجام دادند و مشاهده کردند طول ریشه، وزن تر ریشه و طول هیپوکوتیل در شوری ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم در مقایسه با شاهد (بدون نمک) کاهش یافت. بطوریکه وزن تر ریشه گیاهچه‌های پنبه ۴۰-۵۰ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. با افزایش شدت شوری، درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور طول ریشه و قسمت هوایی و قدرت گیاهچه پنبه کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش شوری وزن خشک و تر ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش می‌یابد (خان و همکاران، ۱۹۹۵).

تحقیقات انجام شده توسط کرامر و همکاران (۱۹۸۷) و ژانگ و لائوچیلی (۱۹۹۳) نشان داد که شوری آب باعث کاهش جوانه‌زنی در پنبه می‌گردد و اثر شوری در جوانه‌زنی به دلیل پائین بودن پتانسیل آب موجود در خاک و در نتیجه بالا بودن غلظت نمک‌های محلول در ناحیه ریشه می‌باشد.

زنگی (۲۰۰۲) با ارزیابی تحمل به شوری در ژنوتیپهای تتراپلوئید پنبه در استان‌های گلستان و خراسان گزارش کرد ارقام ایرما ۳۲۳، سوپر اکرا و سای اکرا در دو منطقه شور و غیر شور به ترتیب میانگین عملکرد ۳۷۵۶، ۳۷۳۱ و ۳۶۱۷ کیلوگرم در هکتار داشتند. همچنین ارقام جکورا و زودرس موتازنز با شاخص تحمل به تنش شوری ۰/۷ و ۰/۸۲ متحمل ترین ارقام نسبت به شوری در بین ۴۰ رقم مورد بررسی بودند. محاسبه و تعیین شاخص انتخاب برای بررسی تحمل به شوری در ارقام مختلف پنبه در منطقه انبار الوم نشان داد ارقام ۴۳۲۰۰ و جکورا بالاترین عملکرد را داشتند.

میرقاسمی و همکاران (۲۰۱۳) به منظور بررسی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه پنبه و مشخص نمودن ژنوتیپ‌های متحملدر استان گلستاندر شرایط شور (ایستگاه تحقیقات انبارالوم) و در شرایط غیر شور (ایستگاه تحقیقات پنبه کارکنده کردکوی) تحقیقی را انجام دادند. نتایج سه ساله تجزیه واریانس مرکب نشان داد که رقم Coker*349 در شرایط شور با تولید ۱۶۲۳ کیلوگرم و زودرسی ۷۷ درصد و در شرایط غیر شور با تولید ۳۶۱۶ کیلوگرم و زودرسی ۸۹ درصد در رتبه اول قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این پروژه ۳۸ ژنوتیپ جدید پنبه به همراه دو رقم تجاری گلستان و سپید (به‌عنوان شاهد) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در دو منطقه هاشم‌آباد و انبارالوم در استان گلستان طی دو سال ۹۴-۱۳۹۳ مورد ارزیابی قرار گرفتند. آماده سازی زمین و کلیه عملیات زراعی بر اساس دستورالعمل‌های فنی زراعت پنبه انجام گردید. بذور توسط کارگر در ۴ خط ۶ متری با الگوی ۲۰ × ۸۰ سانتی‌متر در نیمه دوم اردیبهشت کشت شد که هنگام برداشت از خطوط ۱ و ۴ و نیم متر ابتدا و

انتهای هر ردیف بعنوان حاشیه صرفنظر شد. در طی فصل رشد جهت تأمین سطح سبز کافی عملیات تنک و وجین انجام شد. کودهای اوره و فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم در این آزمایش بر اساس نتایج تجزیه نمونه خاک مصرف گردید.

مشخصات ایستگاه تحقیقات پنبه هاشم‌آباد (شرایط بدون تنش)

ایستگاه تحقیقات پنبه هاشم‌آباد در شمال غربی گرگان به فاصله ۸ کیلومتری عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۱ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۶ دقیقه قرار گرفته است. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳/۳ متر و متوسط حداکثر دما ۲۲/۶ و متوسط حداقل دما ۱۲/۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. گرم‌ترین ماه سال مرداد ماه با میانگین ۳۲/۶ درجه و میانگین بارندگی سالانه ۵۲۷/۴ میلی‌متر است (جدول ۱).

ایستگاه تحقیقات شوری مزرعه نمونه منطقه انبارالوم (شرایط تنش شوری)

در فاصله ۲۲ کیلومتری شمال گرگان عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۸ دقیقه واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا ۵ متر است (جدول ۱).

جدول ۱- مشخصات خاک مناطق اجرای آزمایش

منطقه	عمق نمونه‌گیری (cm)	Ec (ds.m ⁻¹)	PH	نیترژن کل (%)	کربن آلی (%)	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	یافت خاک
هاشم‌آباد	۰-۳۰	۰/۸۸	۷/۸	۰/۱۵	۱/۱۸	۱۴/۴	۵۲۶	Si-C-L
انبار الوم	۰-۳۰	۱۳/۵	۷/۷	-	۱/۱۰	۱۲	۴۲۰	SiL

صفات اندازه‌گیری شده شامل: عملکرد وش (چین یک، چین دو و عملکرد کل)، اجزای عملکرد (میانگین وزن غوزه، تعداد غوزه در بوته، طول و تعدادشاخه‌های زایا)، ارتفاع بوته و زودرسی محصول (نسبت محصول چین ۱ به عملکرد کل) بود. همچنین صفات کیفی الیاف از قبیل درصدکیل، طول الیاف، میکرونری، استحکام، یکنواختی و درصدکشش الیاف با ارسال نمونه به آزمایشگاه تجزیه کیفی بخش تحقیقات پنبه ورامین مورد بررسی قرار گرفت. به‌منظور اندازه‌گیری صفات در هر تیمار، ۵ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و علامت‌گذاری شدند و کلیه یادداشت‌برداری‌ها روی بوته‌های انتخابی انجام پذیرفت. برداشت محصول از دو خط وسط پس از حذف نیم متر ابتدا و انتها صورت گرفت.

جدول ۲- ژنوتیپ‌های مورد بررسی و منشأ آنها

ژنوتیپ‌های حاصل از	ردیف	ژنوتیپ‌های انتخابی از	ردیف	ژنوتیپ‌های حاصل از	ردیف
ER26	۲۹	TJ8	۱۵	DB19	۱
ER8	۳۰	TJ20	۱۶	TB18	۲
ER22	۳۱	TJ57	۱۷	DB22	۳
ER38	۳۲	TJ82	۱۸	DB30	۴
ER36	۳۳	TJ124	۱۹	DB21	۵
ER7	۳۴	TJ135	۲۰	DB17	۶
ER9	۳۵	TJ139	۲۱	DB25	۷
ER34	۳۶	TJ168	۲۲	DB16	۸
ER29	۳۷	TJ169	۲۳	DB23	۹
Sepid (شاهد ۱)	۳۸	TJ174	۲۴	DB29	۱۰
ER33	۳۹	TJ178	۲۵	DB20	۱۱
Golestan (شاهد ۲)	۴۰	TJ183	۲۶	DB24	۱۲
		TJ185	۲۷	DB27	۱۳
		TJ189	۲۸	DB28	۱۴

به منظور بررسی روند تغییرات عملکرد ژنوتیپ‌ها نسبت به تنش شوری شاخص‌های تحمل تنش^۱ (STI)، حساسیت به تنش (SSI)، شدت تنش (SI)، شاخص تحمل (TOL)، شاخص بهره‌وری متوسط (MP) و میانگین هندسی تولی (GMP) با استفاده از فرمول‌های ذیل محاسبه و ارزیابی شد:

$$STI = \frac{(Y_n)(Y_s)}{(Y_n)^2} \quad (۱) \text{ شاخص تحمل تنش}$$

$$SSI = \frac{[1 - (Y_s/Y_n)]}{SI} \quad (۲) \text{ شاخص حساسیت به تنش}$$

$$SI = 1 + Y_s/Y_n \quad (۳) \text{ شدت تنش}$$

$$Tol = Y_n - Y_s \quad (۴) \text{ تحمل تنش}$$

$$MP = \left(\frac{Y_s + Y_n}{2} \right) \quad (۵) \text{ شاخص بهره‌وری متوسط}$$

(۶) شاخص میانگین هندسی بهره‌وری

$$GMP = \sqrt{(Y_n)(Y_s)}$$

در فرمول‌های فوق Y_s عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط تنش (انبارالوم) و Y_n عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش (هاشم‌آباد) در نظر گرفته شد. برای آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار SAS (9.1) و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار GGE biplot استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج منطقه هاشم‌آباد (شرایط بدون تنش)

تجزیه واریانس صفات در منطقه هاشم‌آباد طی سال‌های ۹۴-۱۳۹۳ نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از نظر تمام صفات مورد بررسی تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ یا ۵٪ وجود دارد. مقایسه میانگین صفات در منطقه هاشم‌آباد نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته مختص ژنوتیپ شماره ۲۵ (TJ178) با ۱۲۹ سانتی‌متر و کوتاه‌ترین بوته‌ها مربوط به ژنوتیپ شماره ۳۳ (Er36) با ارتفاع ۷۵ سانتی‌متر بوده است. از لحاظ طول (۳۲/۲) و تعداد شاخه‌های زایا (۱۷/۶) ژنوتیپ‌های ۱۰ (DB29) و ۲۱ (TJ139) از بقیه ژنوتیپ‌ها برتر بوده‌اند. شاخه‌های زایا از این نظر که غوزه‌های پنبه مستقیماً روی آن‌ها تشکیل می‌شوند در عملکرد پنبه نقش داشته و اهمیت دارند. بهترین رتبه از نظر تعداد غوزه در بوته را ژنوتیپ شماره ۲۹ (Er26) با میانگین ۱۸ غوزه در بوته کسب کرد. به نظر می‌رسد این ویژگی در معرفی ژنوتیپ به عنوان برترین ژنوتیپ از لحاظ عملکرد و ش در منطقه هاشم‌آباد نقش داشته است. از این رو می‌توان به نقش و اهمیت تعداد غوزه در بوته به‌عنوان یکی از اجزای عملکرد در پنبه اشاره کرد. این نتیجه با نتایج وانگو همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارد. آن‌ها در بررسی روی عملکرد و اجزای عملکرد هیبرید لاین‌های نوترکیب در پنبه دریافتند تعداد غوزه در بوته بیشترین سهم را در عملکرد الیاف پنبه دارد. خان و همکاران (۲۰۰۴) و عالی‌شاه (۲۰۱۴) نیز در آزمایش‌های خود به تاثیر مثبت صفت تعداد غوزه در بوته در بالا بردن میزان عملکرد پنبه تاکید داشتند. این در حالی است که ژنوتیپ شماره ۱۲ (DB24) درشت‌ترین و سنگین‌ترین غوزه‌ها را با میانگین ۵/۷۴ گرم تولید کرده است. در منطقه هاشم‌آباد ژنوتیپ شماره ۲۹ (Er26) که در چین اول بیشترین عملکرد را داشت، از لحاظ عملکرد کل (۳۴۸۳ کیلوگرم در هکتار) نیز رتبه اول را کسب کرد و حتی نسبت به ژنوتیپ شاهد گلستان (۲۸۷۵ کیلوگرم در هکتار) حدود ۲۰ درصد برتری نشان داده است. البته ژنوتیپ‌های شماره ۱۸، ۲۰ و ۳۷ نیز جزء ژنوتیپ‌های پرمحصول بودند که عملکرد بالای ۳ تن در هکتار داشتند. در مقابل کمترین عملکرد مربوط به رقم تجاری سپید بوده است که فقط ۱۸۱۸ کیلوگرم در هکتار و ش تولیدی این رقم بوده است. از نظر زودرسی ژنوتیپ شماره ۳۵ (Er9) با ۹۱/۲ درصد از بقیه ژنوتیپ‌ها در هاشم‌آباد برتر بوده است (جدول ۵).

نتایج منطقه انبارالوم (شرایط تنش شوری)

تجزیه واریانس صفات در منطقه انبارالوم نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از نظر اکثر صفات مورد بررسی به جز طول شاخه رویا و تعداد غوزه تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ یا ۵٪ وجود دارد اما اثر متقابل سال \times ژنوتیپ فقط در مورد عملکرد چین اول و زودرسی معنی‌دار شده است که نشان دهنده عکس‌العمل متفاوت ژنوتیپ‌ها در سال‌های اجرای پروژه تحت شرایط این منطقه است.

بیشترین ارتفاع بوته مختص ژنوتیپ شماره ۲۵ (TJ178) با ۸۹ سانتیمتر بود. ژنوتیپ شماره ۱۸ (TJ82) در این منطقه بیشترین طول (۱۸/۱) و تعداد شاخه زایا (۱۳/۳) را داشته است اما در مقابل ژنوتیپ شماره ۱۰ (DB29) در این منطقه عملکرد ضعیفی داشت. بطوریکه از لحاظ صفاتی از جمله ارتفاع بوته، طول زایا، تعداد زایا، تعداد غوزه، وزن غوزه و زودرسی در پایین‌ترین رتبه قرار گرفته است.

بیشترین عملکرد در منطقه انبارالوم هم در چین اول هم در عملکرد کل مربوط به ژنوتیپ شماره ۲۴ (TJ174) بود که عملکردی معادل ۱۲۷۳ کیلوگرم درهکتار داشت. پس از آن ژنوتیپ‌های شماره ۳۶، ۴۰ و ۲۰ در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند که در این شرایط شور عملکرد مناسبی داشتند. اما ژنوتیپ‌های شماره ۱۳، ۱۰ و ۱۱ کمترین عملکرد را در این منطقه داشتند. طبیعی است که شوری خاک در حدود $13 \text{ ds} \cdot \text{m}^{-1}$ عملکرد ژنوتیپ‌ها را در این منطقه تحت تأثیر قرار داده و میانگین عملکرد نسبت به منطقه هاشم آباد کمتر بود. ژنوتیپ شماره ۳۹ (Er33) به‌عنوان زودرس‌ترین رقم در این منطقه بود که ۸۱ درصد از محصول خود را در چین اول تولید کرده است (جدول ۶).

تجزیه واریانس مرکب

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین سال‌ها و مکان‌های انجام آزمایش از نظر تمام صفات مورد بررسی تفاوت آماری معنی‌داری در سطح ۵٪ یا ۱٪ وجود دارد. بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیز از نظر ارتفاع بوته، طول زایا، تعداد زایا، وزن غوزه و عملکرد وش، تفاوت‌ها معنی‌دار شده اما از لحاظ تعداد غوزه، چین اول و زودرسی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. این در حالی است که اثر متقابل مکان \times ژنوتیپ در مورد صفات طول زایا، وزن غوزه و چین اول معنی‌دار شده که حاکی از روند متفاوت تغییرات این صفات در مکان‌های مختلف و تأثیر محیط آزمایش بر روی آن‌هاست (جدول ۳).

بررسی اثر سال و مکان و همچنین اثرات متقابل آن‌ها بر صفات مختلف ژنوتیپ‌های پنبه نشان داد میانگین صفات در سال اول نسبت به سال دوم برتر بوده و به‌طور کلی ژنوتیپ‌های پنبه در سال اول وضعیت رشد و عملکرد بهتری داشته‌اند. بین مناطق اجرا نیز منطقه هاشم‌آباد نسبت به انبارالوم از لحاظ تمام صفات مورد بررسی برتری محسوس داشت (جدول ۴).

جدول ۳- تجزیه مرکب واریانس صفات ژنوتیپ‌های پنبه در منطقه هاشم‌آباد و انبارالوم (۹۴-۱۳۹۳)

عملکرد و ش	زودرسی	وزن غوزه	تعداد غوزه	تعداد شاخه		طول شاخه		ارتفاع بوته	درجه آزادی	منابع تغییرات
				زایا	زایا	زایا	زایا			
میانگین مربعات										
۱۲۲۱۵۵۴۰۲/۸**	۱۵۲/۵ NS	۱۳۷/۳**	۶۵۹/۷**	۱۰۰/۶**	۱۰۳۶/۶**	۲۸۲۶۵/۴**	۱		۱	سال
۳۹۳۳۹۲۸۷۶/۷**	۱۱۱۲۴۷/۱**	۵۷۰/۱**	۸۴۹۴/۳**	۵۱۴/۳**	۱۶۸۳۸/۳**	۲۳۷۶۳۰/۹**	۱		۱	منطقه
۶۱۳۱۱/۲ NS	۲۵۵۲۵/۴**	۳۹/۹**	۰/۱۲۳ NS	۱۰۰/۶**	۲۰۳۶/۶**	۲۷۵۱۵/۷**	۱		۱	سال×منطقه
۳۶۹۹۰۲۶/۷**	۴۰۱۱/۸**	۷/۸۵**	۶۴/۱**	۶/۱۳**	۲۷۴/۳**	۲۹۰۵/۷**	۸		۸	تکرار(سال×منطقه)
۸۶۱۶۳۸/۱**	۱۴۴۶/۴**	۱/۹۸**	۱۸/۲ NS	۲۲/۳**	۶۲/۳**	۱۴۳۱/۸**	۳۹		۳۹	ژنوتیپ
۴۲۲۳۵۸/۶ NS	۷۴۸/۱ NS	۱/۵۶ *	۱۴/۱ NS	۱۲/۹ NS	۴۸/۹ NS	۴۰۲/۱ NS	۳۹		۳۹	سال×ژنوتیپ
۴۶۶۷۰۳/۹ NS	۵۹۱/۶ NS	۲/۷۷**	۱۶/۳ NS	۱۵/۲ *	۷۷/۲ **	۵۷۳/۸ NS	۳۹		۳۹	منطقه×ژنوتیپ
۳۳۳۱۳۸/۶ NS	۹۶۵/۴ NS	۱/۱۳ NS	۱۳/۶ NS	۷/۰۱ NS	۲۹/۱ NS	۳۳۶/۱ NS	۳۹		۳۹	سال×منطقه×ژنوتیپ
۳۵۰۹۹۶/۷	۵۵۲/۸	۱/۰۲	۱۵/۱	۱۰/۲	۳۴/۲	۴۷۰/۶	۳۱۲		۳۱۲	خطای آزمایش
۲۷/۱	۲۶/۳	۱۶/۹	۲۴/۶	۲۷/۴	۲۳/۴	۲۱/۹				ضریب تغییرات

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد، NS غیرمعنی‌دار

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات ژنوتیپ‌های پنبه در سال‌ها و مناطق مختلف

عملکرد	زودرسی	وزن	تعداد	تعداد شاخه	طول شاخه	ارتفاع		
۲۱۲۲a	۶۹/۱a	۴/۴۴a	۸/۸a	۱۲/۱a	۱۹/۴a	۸۲/۷a	۲۰۱۴	سال
۱۷۰۵b	۶۹/۸a	۳/۴۱b	۶/۳b	۱۰/۶b	۱۶/۸b	۷۱/۷b	۲۰۱۵	
۲۴۹۸a	۷۹/۷a	۴/۸۳a	۱۲/۹a	۱۵/۲a	۲۳/۵a	۹۷/۲a	هاشم‌آباد	
۱۰۸۹c	۴۹/۲b	۲/۶۵b	۴/۵b	۸/۶b	۱۱/۷b	۵۲/۷b	انبارالوم	منطقه
۳۰۱۴a	۸۶/۴a	۵/۰۸a	۱۴/۱a	۱۴/۲b	۲۳/۰a	۹۷/۳a	Y1*L1	
۱۱۸۳c	۴۱/۴d	۳/۴۸c	۵/۷c	۱۰/۵c	۱۵/۳b	۶۷/۰b	Y1*L2	سال ×
۱۹۸۲b	۷۳/۰b	۴/۵۹b	۱۱/۸b	۱۶/۲a	۲۴/۲a	۹۷/۱a	Y2*L1	منطقه
۱۱۹۷c	۵۷/۱c	۲/۸۳d	۳/۴d	۶/۷d	۸/۲c	۳۷/۵c	Y2*L2	

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات ژنوتیپ‌های پنبه در هاشم‌آباد ۹۴-۱۳۹۳

عملکرد وش (kg/ha)	زودرسی (%)	وزن غوزه (g)	تعداد غوزه	تعداد شاخه‌زایا	طول شاخه‌زایا (cm)	ارتفاع بوته (cm)	ژنوتیپ	تیمار							
۱۸۷۰	e-i	۷۲/۱	d-f	۵/۳۹	a-c	۱۱/۷	a-d	۱۵/۶	a-d	۲۵/۸	a-e	۱۰۷/۳	a-e	DB19	۱
۲۴۰۳	b-i	۸۰/۶	a-e	۴/۹۶	a-h	۱۴/۸	a-d	۱۶/۲	a-d	۲۱/۸	d-f	۱۰۹/۰	a-e	TB18	۲
۱۹۲۸	f-i	۸۰/۴	a-e	۵/۱	a-g	۱۱/۳	a-d	۱۳/۱	cd	۲۰/۶	d-f	۷۸/۷	e-g	DB22	۳
۱۸۳۴	hi	۷۹/۹	a-e	۵/۵۷	ab	۱۰/۶	b-d	۱۵/۷	a-d	۲۱/۴	d-f	۸۴/۴	b-g	DB30	۴
۲۵۷۱	a-g	۷۶/۳	a-f	۵/۳۷	a-c	۱۵/۵	a-d	۱۵/۹	a-d	۲۹/۳	a-c	۹۵/۸	b-g	DB21	۵
۲۵۸۴	a-h	۸۵/۴	ab	۵/۴	a-g	۱۴/۴	a-d	۱۳/۲	cd	۲۴/۷	a-f	۸۷/۱	b-g	DB17	۶
۱۸۴۹	g-i	۶۵/۱	d-f	۵/۱۰	a-f	۱۱/۳	a-d	۱۳/۷	a-d	۲۱/۱	d-f	۸۰/۴	d-f	DB25	۷
۲۶۲۳	a-g	۷۸/۴	a-e	۵/۳۶	a-c	۱۲/۸	a-d	۱۴/۰	a-d	۲۲/۷	b-f	۱۰۷/۶	a-e	DB16	۸
۲۱۲۷	d-i	۷۹/۵	a-e	۵/۳۲	a-e	۱۴/۰	a-d	۱۵/۱	a-d	۲۴/۹	a-e	۹۳/۲	b-g	DB23	۹
۲۳۴۶	c-i	۵۹/۵	f	۵/۳۸	a-c	۱۵/۴	a-d	۱۵/۶	a-d	۳۲/۲	a	۱۱۱/۵	a-c	DB29	۱۰
۱۸۶۵	g-i	۶۷/۳	d-f	۴/۶۶	c-i	۱۳/۵	a-d	۱۴/۷	a-d	۲۴/۲	a-f	۹۵/۰	b-g	DB20	۱۱
۲۸۶۲	a-d	۸۰/۸	a-e	۵/۷۴	a	۱۲/۳	a-d	۱۵/۹	a-d	۳۱/۲	ab	۱۰۹/۹	a-d	DB24	۱۲
۲۱۱۲	d-i	۷۵/۴	a-e	۵/۲۹	a-e	۸/۹	d	۱۴/۲	a-d	۲۶/۰	a-e	۹۲/۴	b-g	DB27	۱۳
۲۰۶۲	c-i	۶۴/۵	ef	۵/۳۷	a-c	۱۲/۱	a-d	۱۴/۹	a-d	۲۷/۷	a-d	۱۱۱/۶	a-c	DB28	۱۴
۲۵۱۰	b-i	۷۹/۸	a-e	۴/۴۹	e-j	۱۰/۴	cd	۱۲/۷	d	۱۸/۹	de	۸۵/۴	b-g	TJ8	۱۵
۲۵۱۴	c-i	۸۴/۹	a-c	۴/۶۶	c-i	۱۴/۰	a-d	۱۴/۷	a-d	۲۵/۰	a-e	۸۹/۷	b-g	TJ20	۱۶
۲۵۶۹	b-i	۷۹/۶	a-e	۴/۸۸	b-h	۱۲/۱	a-d	۱۶/۰	a-d	۲۶/۰	a-e	۹۸/۵	a-g	TJ57	۱۷
۳۱۹۴	ab	۷۴/۳	a-f	۵/۱۰	a-f	۱۶/۳	a-c	۱۶/۷	a-d	۲۴/۸	a-e	۱۱۰/۸	a-d	TJ82	۱۸
۲۶۳۹	a-i	۸۱/۸	a-e	۴/۲۷	f-i	۱۲/۸	a-d	۱۶/۱	a-d	۲۰/۰	de	۱۰۳/۴	a-g	TJ124	۱۹
۳۱۸۵	a-c	۸۲/۷	a-d	۴/۶۶	c-i	۱۷/۹	ab	۱۵/۶	a-d	۳۱/۴	ab	۱۰۳/۶	a-g	TJ135	۲۰
۲۵۶۲	b-i	۸۴/۵	a-c	۴/۵۲	d-j	۱۳/۲	a-d	۱۷/۶	a	۲۴/۶	a-e	۱۰۹/۸	a-d	TJ139	۲۱
۲۶۳۶	a-h	۷۴/۲	a-f	۵/۳۱	a-e	۱۳/۷	a-d	۱۶/۱	a-d	۲۲/۳	b-e	۱۰۵/۷	a-g	TJ168	۲۲
۲۶۶۶	b-i	۸۵/۰	a-c	۴/۶۰	c-j	۱۱/۹	a-d	۱۵/۷	a-d	۲۲/۷	b-e	۱۰۶/۷	a-f	TJ169	۲۳
۲۷۸۵	a-h	۸۲/۳	a-d	۴/۹۸	a-g	۱۱/۵	a-d	۱۶/۴	a-d	۱۹/۱	de	۱۱۴/۹	ab	TJ174	۲۴
۲۹۱۰	a-e	۷۹/۹	a-e	۴/۹۳	a-h	۱۴/۷	a-d	۱۷/۴	ab	۲۱/۶	d-f	۱۲۹/۲	a	TJ178	۲۵

ادامه جدول ۵

۲۴۱۴	d-i	۷۹/۸	a-e	۴/۶۰	c-j	۱۱/۴	a-d	۱۵/۰	a-d	۲۷/۳	a-e	۱۰۴/۴	a-g	TJ183	۲۶
۲۶۲۶	a-i	۷۱/۷	b-f	۴/۵۱	d-j	۱۴/۴	a-d	۱۵/۴	a-d	۲۴/۸	a-f	۹۸/۸	a-g	TJ185	۲۷
۲۵۹۱	a-h	۸۱/۸	a-e	۵/۳۳	a-d	۹/۶	cd	۱۳/۶	b-d	۲۱/۳	d-f	۸۴/۸	b-g	TJ189	۲۸
۳۴۸۳	a	۸۸/۶	ab	۳/۹۶	ij	۱۸/۰	a	۱۴/۶	a-d	۲۱/۳	d-f	۹۹/۵	a-g	ER26	۲۹
۲۲۰۵	d-i	۸۳/۵	a-c	۴/۸۶	b-h	۱۱/۵	a-d	۱۴/۸	a-d	۲۴/۵	a-f	۹۸/۰	b-g	ER8	۳۰
۲۶۷۵	b-i	۸۹/۲	ab	۴/۶۲	c-j	۱۰/۶	b-d	۱۴/۶	a-d	۱۹/۶	d-f	۹۳/۴	b-g	ER22	۳۱
۲۸۹۴	a-f	۸۸/۰	ab	۴/۲۴	g-i	۱۱/۳	a-d	۱۴/۵	a-d	۲۳/۷	a-f	۹۰/۷	b-g	ER38	۳۲
۱۸۳۸	i	۸۱/۴	a-e	۳/۸۰	j	۱۳/۷	a-d	۱۴/۴	a-c	۲۳/۶	a-f	۷۵/۳	g	ER36	۳۳
۲۵۷۶	b-i	۸۴/۸	a-c	۴/۳۳	f-j	۱۲/۱	a-d	۱۷/۰	ab	۱۸/۵	def	۹۴/۱	b-g	ER7	۳۴
۲۹۲۱	a-e	۹۱/۲	a	۵/۶	a-g	۱۳/۴	a-d	۱۷/۴	ab	۱۹/۴	d-f	۱۰۵/۸	a-g	ER9	۳۵
۲۲۴۳	d-i	۷۹/۵	a-e	۴/۳۰	g-j	۱۴/۶	a-d	۱۶/۲	a-d	۲۶/۷	a-e	۸۴/۳	b-g	ER34	۳۶
۳۰۵۰	a-e	۸۲/۲	a-e	۴/۱۳	h-j	۱۴/۲	a-d	۱۵/۵	a-d	۲۷/۷	a-d	۹۰/۸	b-g	ER29	۳۷
۱۸۱۸	i	۸۱/۵	a-e	۴/۳۹	g-j	۹/۷	cd	۱۳/۳	cd	۲۰/۷	d-f	۸۸/۱	b-g	Sepid	۳۸
۲۵۱۷	c-i	۸۶/۶	ab	۴/۶۶	c-i	۱۱/۱	a-d	۱۳/۹	a-d	۱۹/۲	d-f	۸۳/۷	d-g	ER33	۳۹
۲۸۷۵	a-g	۸۴/۸	a-c	۴/۶۵	c-i	۱۵/۳	a-d	۱۴/۰	a-d	۱۵/۸	f	۷۶/۰	g	Golestan	۴۰

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات ژنوتیپ‌های پنبه در انبارالوم ۹۴-۱۳۹۳

تیمار	ژنوتیپ	ارتفاع بوته (cm)	طول شاخه‌زایا (cm)	تعداد شاخه‌زایا	تعداد غوزه	وزن غوزه (g)	زودرسی (%)	عملکرد وش (kg/ha)					
۱	DB19	۳۰/۵	۷/۵	ef	۴/۳	a-d	۳/۴	e-d	۱/۳۹	d-f	۲۰/۰	b-e	۵۷۰
۲	TB18	۶۷/۰	۱۶/۷	ab	۱۰/۶	a-d	۶/۵	ab	۶/۵	a-d	۲/۴۲	a-f	۵۱۷
۳	DB22	۴۲/۸	۹/۵	c-e	۷/۶	a-d	۴/۹	a-d	۴/۹	a-d	۲/۹۹	a-f	۶۹۶
۴	DB30	۵۱/۴	۱۲/۷	a-e	۹/۰	a-e	۴/۴	a-d	۴/۴	a-d	۳/۸۴	a	۶۱۶
۵	DB21	۴۱/۶	۱۰/۲	a-e	۷/۷	a-d	۴/۴	a-d	۴/۴	a-d	۱/۵۳	d-f	۴۲۱
۶	DB17	۳۲/۲	۸/۲	c-e	۶/۱	c-f	۲/۸	b-d	۲/۸	b-d	۲/۰	a-e	۵۰۱
۷	DB25	۴۲/۷	۱۱/۶	a-e	۶/۶	d-f	۵/۷	a-c	۵/۷	a-c	۲/۸۷	b-f	۴۴۸
۸	DB16	۶۳/۸	۱۴/۳	a-e	۱۱/۳	a-c	۵/۲	a-d	۵/۲	a-d	۲/۴۳	b-f	۷۳۴
۹	DB23	۴۳/۹	۱۰/۸	a-e	۶/۶	c-f	۲/۸	b-d	۲/۸	b-d	۳/۵	a-e	۸۰۵
۱۰	DB29	۲۰/۰	۶/۰	e	۲/۰	f	۱/۷	d	۱/۷	d	۱/۲	f	۳۵۵
۱۱	DB20	۵۲/۴	۱۱/۴	a-e	۹/۳	a-e	۴/۸	a-d	۴/۸	a-d	۳/۲۲	a-f	۳۵۹
۱۲	DB24	۷۰/۴	۱۵/۴	a-d	۱۱/۲	a-c	۳/۶	a-d	۳/۶	a-d	۲/۷۸	a-e	۴۹۶
۱۳	DB27	۳۳/۶	۶/۹	de	۵/۴	d-f	۱/۹	cd	۵/۴	d-f	۲/۱۴	a-e	۳۱۳
۱۴	DB28	۵۱/۱	۱۳/۵	a-e	۸/۴	a-e	۵/۳	a-d	۵/۳	a-d	۱/۳۲	ef	۵۲۲
۱۵	TJ8	۵۵/۹	۱۲/۶	a-e	۹/۱	a-e	۴/۹	a-d	۴/۹	a-d	۳/۹	a-e	۵۹۰
۱۶	TJ20	۵۲/۱	۹/۱	b-e	۸/۱	a-e	۳/۶	a-d	۳/۶	a-d	۱/۷۶	b-f	۷۸۶
۱۷	TJ57	۲۶/۷	۹/۸	a-e	۶/۶	c-f	۴/۲	a-d	۴/۲	a-d	۲/۱۴	a-e	۵۷۹
۱۸	TJ82	۷۶/۹	۱۸/۱	a	۱۳/۳	a	۶/۰	ab	۶/۰	ab	۳/۲۴	a-e	۸۳۵
۱۹	TJ124	۶۲/۰	۱۲/۹	a-e	۹/۶	a-e	۴/۸	a-d	۴/۸	a-d	۳/۱۹	a-e	۷۶۲
۲۰	TJ135	۶۵/۸	۱۵/۸	a-c	۹/۷	a-e	۴/۲	a-d	۴/۲	a-d	۳/۸	a-e	۱۰۲۰

ادامه جدول ۶

۶۶۴	a-e	۵۶/۸	a-e	۳/۲۳	a-e	۴/۰	a-d	۹/۷	a-e	۱۶/۱	ab	۷۰/۲	a-c	TJ139	۲۱
۷۳۵	a-e	۴۶/۴	a-f	۲/۴۲	a-e	۳/۹	a-d	۶/۵	c-f	۹/۰	c-e	۴۱/۹	c-g	TJ168	۲۲
۹۳۴	a-d	۵۲/۸	a-f	۲/۴۹	a-e	۴/۱	a-d	۱۱/۴	a-c	۱۲/۶	a-e	۶۷/۷	a-d	TJ169	۲۳
۱۲۷۳	a	۵۶/۹	a-e	۲/۶۰	a-e	۴/۳	a-d	۹/۴	a-e	۱۴/۴	a-e	۶۲/۵	a-f	TJ174	۲۴
۸۰۹	a-e	۵۷/۸	a-e	۳/۵۸	ab	۶/۵	ab	۱۲/۵	ab	۱۵/۲	a-d	۸۹/۵	a	TJ178	۲۵
۷۱۴	a-e	۵۲/۷	a-f	۲/۵۱	a-e	۴/۸	a-d	۸/۴	a-e	۱۲/۰	a-e	۵۳/۰	b-g	TJ183	۲۶
۵۸۷	b-e	۵۵/۵	a-e	۳/۱۰	a-e	۴/۷	a-d	۸/۴	a-e	۱۲/۵	a-e	۵۷/۵	a-f	TJ185	۲۷
۷۱۹	a-e	۶۶/۲	a-c	۳/۵۲	ab	۴/۶	a-d	۸/۸	a-e	۱۴/۹	a-d	۵۵/۱	b-f	TJ189	۲۸
۷۳۲	a-e	۵۴/۸	a-f	۲/۵۶	a-e	۴/۶	a-d	۸/۶	a-e	۸/۹	b-e	۵۹/۸	a-f	ER26	۲۹
۹۴۴	a-d	۴۲/۳	a-f	۳/۱۸	a-e	۴/۳	a-d	۸/۹	a-e	۱۰/۰	a-e	۵۱/۹	b-g	ER8	۳۰
۸۶۵	a-e	۴۶/۲	a-f	۱/۹۴	a-f	۴/۲	a-d	۶/۹	c-f	۷/۲	de	۳۶/۲	c-g	ER22	۳۱
۷۹۳	a-e	۷۵/۲	ab	۳/۷	a-e	۷/۱	a	۱۰/۸	a-d	۱۴/۲	a-e	۶۰/۳	a-f	ER38	۳۲
۵۸۵	b-e	۵۶/۲	a-e	۲/۴۵	a-e	۴/۵	a-d	۷/۵	b-f	۹/۹	a-e	۴۳/۹	b-g	ER36	۳۳
۶۳۸	b-e	۷۲/۵	a-c	۳/۵	a-e	۴/۷	a-d	۷/۶	b-f	۹/۰	b-e	۴۳/۸	b-g	ER7	۳۴
۶۶۸	a-e	۵۷/۸	a-e	۳/۵۸	ab	۴/۵	a-d	۱۰/۱	a-d	۱۱/۶	a-e	۵۷/۵	a-f	ER9	۳۵
۱۱۳۶	ab	۴۹/۱	a-e	۲/۶۳	a-e	۴/۸	a-d	۷/۸	a-e	۱۱/۳	a-e	۴۵/۷	b-g	ER34	۳۶
۴۲۶	c-e	۴۷/۲	a-e	۲/۱	a-e	۳/۶	a-d	۹/۶	a-e	۱۰/۵	a-e	۵۰/۵	b-g	ER29	۳۷
۵۳۵	b-e	۶۲/۰	a-e	۲/۹۴	a-e	۴/۹	a-d	۹/۳	a-e	۱۲/۳	a-e	۵۷/۰	a-f	Sepid	۳۸
۸۷۹	a-e	۸۱/۹	a	۳/۳۴	a-d	۵/۰	a-d	۹/۸	a-e	۱۳/۸	a-e	۵۸/۹	a-f	ER33	۳۹
۱۰۳۷	a-c	۷۱/۷	a-c	۳/۴۷	a-c	۷/۱	a	۱۰/۶	a-d	۱۲/۰	a-e	۵۳/۳	b-g	Golestan	۴۰

از نظر شاخص تحمل (TOL) ژنوتیپ‌های ER26، ER29 و TJ82 برتر از بقیه ژنوتیپ‌ها بودند. از آنجایی که ژنوتیپ‌های ER26 و TJ82 جزء ارقام پر محصول در شرایط بدون تنش بودند، لذا شاخص تحمل در شناسایی ارقام مناسب برای شرایط مطلوب مناسب است و بهتر از بقیه شاخص‌ها می‌تواند برای گزینش ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا مورد استفاده قرار بگیرد.

انتخاب بر مبنای شاخص بهره‌وری متوسط (MP) که مقادیر بالای عددی آن نشان دهنده تحمل نسبی به تنش است و اغلب منجر به گزینش ارقام با عملکرد بالا در شرایط مطلوب ولی با تحمل کمتر به شرایط تنش می‌گردد، نشان داد که ژنوتیپ‌های ER26، TJ135 و TJ82 و TJ174 برتر از بقیه تیمارها بوده و تیمار شاهد سپید در انتهای جدول قرار گرفت.

در انتخاب بر مبنای شاخص میانگین هندسی بهره‌وری متوسط (GMP) نتایج تا حدودی مشابه بود چرا که این شاخص نیز تیمارهای TJ135، TJ174، TJ82 و SB26 را برتر از بقیه تشخیص داد و تیمار شاهد سپید پایین‌تر از بقیه قرار گرفت.

شاخص تحمل تنش (STI) ژنوتیپ‌های TJ135، TJ174، TJ82 و ER26 را به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به شوری مشخص کرد و تیمار شاهد سپید در انتهای جدول قرار گرفت (جدول ۷).

درنهایت از شاخص حساسیت (SSI) به تنش برای رتبه‌بندی تیمارها استفاده شد که بر این اساس تیمارهای ER29، ER26 و TJ185 حساس‌تر از بقیه بودند. نکته قابل توجه اینکه تیمار ER26 قبلاً به‌عنوان رقم پرمحصول در شرایط مطلوب معرفی شده بود. اما ژنوتیپ‌های ER34 و TJ174 که در شرایط تنش عملکرد مطلوبی داشتند از نظر شاخص حساسیت به شوری وضعیت خوبی داشته یعنی حساسیت کمتری داشتند (جدول ۷). هر قدر مقدار شاخص حساسیت کوچک‌تر باشد میزان مقاومت به تنش بیشتر است اما این شاخص قادر به تفکیک گروه A از C نیست. اختلاف کم بین عملکرد در شرایط تنش و غیر تنش سبب کاهش شاخص حساسیت به تنش می‌شود لذا در استفاده از این شاخص دقت باید کرد چون ژنوتیپ‌های خاص با پایین‌ترین مقدار این شاخص گاهی جزو ارقام با پتانسیل عملکرد پایین طبقه‌بندی می‌شوند. مناسب‌ترین شاخص آن است که در هر دو محیط تنش و غیر تنش همبستگی بالایی با عملکرد داشته باشد. از این رو شاخص تحمل بهتر از سایر شاخص‌ها می‌تواند در گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا نقش داشته باشد (سلیمانی فرد و همکاران، ۲۰۱۲).

یونسی و همکاران (۲۰۱۰) تعداد ۱۰ ژنوتیپ پنبه را در دو مرحله جوانه‌زنی در آزمایشگاه (ژرمیناتور) و گیاهچه‌ای در داخل اتاقک رشد (فیتوترون) در پنج سطح شوری بررسی کردند و شاخص تحمل به تنش شوری (STI) و میانگین ریاضی تولید (MP) را مورد ارزیابی قرار دادند و نتیجه گرفتند که هیبریدهای بین‌گونه‌ای باربادنس × هیرستوم در صفت سرعت جوانه‌زنی و شاخص تحمل به شوری بهترین ترکیب شونده‌های خصوصی در محیط شور بودند. زنگی (۲۰۰۵) با بررسی شاخص‌های TOL، MP، GMP، SSI، STI و HMR در ارقام پنبه مشاهده کرد در بیشتر شاخص‌های مورد بررسی به جز شاخص تحمل TOL ارقام ساحل، سای‌اکرا و نارابرای بهتر از سایر ارقام بودند و در مورد شاخص تحمل به تنش مشاهده کرد ارقام بختگان، کرما، HAR، B-557 و رقم ورامین مطلوب هستند. همچنین مشاهده کرد بین عملکرد در محیط بدون تنش با همه شاخص‌ها همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد اما در محیط تنش عملکرد فقط با شاخص هارمونیک HMR همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. همچنین عالی‌شاه و احمدی‌خواه (۲۰۰۹) در بررسی اثر تنش بر ارقام بهبود یافته پنبه مشاهده کردند که بر اساس شاخص STI ارقام سای‌اکرا-۳۲۴ و تابلا دیلا مقاوم‌تر و پایدارتر از سایر ارقام بودند. صدیق و همکاران (۲۰۱۵) نیز نشان دادند که بین ژنوتیپ‌های پنبه از نظر عملکرد و شرایط تنش و مطلوب اختلاف معنی‌داری وجود دارد و درنهایت سه شاخص میانگین حسابی (MP)، تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) به‌عنوان بهترین شاخص‌ها برای انتخاب ژنوتیپ‌های پرمحصول و مقاوم به تنش هستند.

جدول ۷- مقایسه شاخص‌های تحمل به شوری در ژنوتیپ‌های پنبه

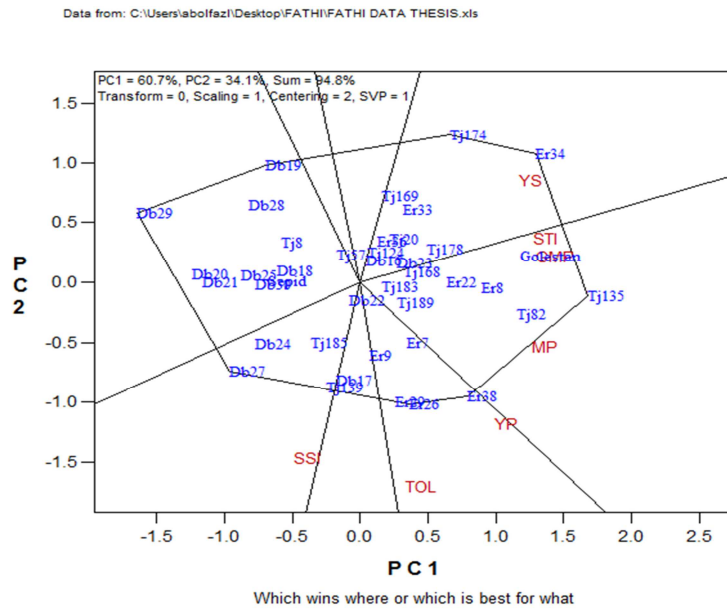
شماره تیمار	ژنوتیپ	عملکرد در شرایط بدون تنش	عملکرد در شرایط تنش	شاخص تحمل	شاخص تحمل به شوری متوسط بهره‌وری	میانگین هندسی بهره‌وری متوسط	شاخص تحمل تنش	شاخص حساسیت به تنش
۱	DB19	e-i	۲۰۳۱	a-d	۱۵۱۹	fg	۵۱۲	a-c
۲	TB18	b-i	۲۳۷۴	a-f	۱۴۱۹	a-g	۹۵۶	a-c
۳	DB22	f-i	۱۹۰۷	a-f	۱۴۷۱	fg	۴۳۷	bc
۴	DB30	hi	۱۷۹۷	a-f	۱۴۲۳	fg	۳۷۵	bc
۵	DB21	a-g	۲۵۸۲	c-f	۱۲۸۳	a-f	۱۲۹۹	a-c
۶	DB17	a-h	۲۵۳۹	d-f	۱۲۳۷	a-f	۱۳۰۳	a-c
۷	DB25	g-i	۱۸۶۸	b-f	۱۳۵۷	fg	۵۱۱	bc
۸	DB16	a-g	۲۶۲۶	c-f	۱۳۱۹	a-f	۱۳۰۷	a-c
۹	DB23	d-i	۲۱۷۰	a-d	۱۵۲۵	c-g	۶۴۵	a-c
۱۰	DB29	c-i	۲۲۸۵	b-f	۱۳۵۲	a-g	۹۳۴	a-c
۱۱	DB20	g-i	۱۸۷۶	d-f	۱۲۲۹	c-g	۶۴۸	a-c
۱۲	DB24	a-d	۲۸۲۳	c-f	۱۳۰۲	a-d	۱۵۲۱	a-c
۱۳	DB27	d-i	۲۱۱۵	c-f	۱۲۷۸	b-g	۸۳۷	a-c
۱۴	DB28	c-i	۲۲۵۵	a-f	۱۴۷۱	c-g	۸۸۴	a-c
۱۵	TJ8	b-i	۲۴۱۹	c-f	۱۲۸۶	a-g	۱۱۳۲	a-c
۱۶	TJ20	c-i	۲۳۰۳	a-f	۱۴۷۴	b-g	۸۲۹	a-c
۱۷	TJ57	b-i	۲۴۴۵	a-f	۱۴۶۵	a-g	۹۸۰	a-c
۱۸	TJ82	ab	۳۰۸۶	a-e	۱۵۰۷	a-c	۱۵۷۹	a
۱۹	TJ124	a-i	۲۵۱۶	b-f	۱۳۴۷	b-f	۱۱۶۹	a-c
۲۰	TJ135	a-c	۲۹۷۵	a-c	۱۷۰۷	a-f	۱۲۶۷	a
۲۱	TJ139	b-i	۲۳۵۲	d-f	۱۱۳۱	a-g	۱۲۲۱	a-c
۲۲	TJ168	a-h	۲۵۶۰	a-f	۱۴۳۱	a-f	۱۱۱۹	a-c
۲۳	TJ169	b-i	۲۳۶۸	a-f	۱۴۳۹	a-g	۹۲۹	a-c
۲۴	TJ174	a-h	۲۵۵۱	a	۱۸۳۴	c-g	۷۱۷	ab
۲۵	TJ178	a-e	۲۷۷۱	a-e	۱۵۰۵	a-g	۱۲۶۶	a-c
۲۶	TJ183	d-i	۲۱۸۸	a-f	۱۴۲۶	c-g	۷۶۲	a-c
۲۷	TJ185	a-i	۲۵۱۹	ef	۱۰۶۱	a-e	۱۴۵۸	a-c
۲۸	TJ189	a-h	۲۵۳۸	c-f	۱۳۲۰	a-g	۱۲۱۹	a-c
۲۹	ER26	a	۳۲۴۸	a	۱۳۸۸	a-f	۱۸۶۰	a
۳۰	ER8	d-i	۲۰۸۱	d-i	۱۴۷۳	d-g	۶۰۸	a-c
۳۱	ER22	b-i	۲۳۶۹	a-e	۱۵۰۶	b-g	۸۶۴	a-c
۳۲	ER38	a-f	۲۶۷۵	d-f	۱۲۱۹	a-e	۱۴۵۶	a-c
۳۳	ER36	i	۱۷۴۶	d-f	۱۲۵۷	fg	۴۸۹	c
۳۴	ER7	b-i	۲۳۴۲	d-f	۱۱۸۳	a-g	۱۱۵۹	a-c
۳۵	ER9	a-e	۲۷۲۷	a-e	۱۱۷۴	d-f	۱۱۵۳	a-c
۳۶	ER34	d-i	۲۱۱۱	d-i	۱۷۸۴	ab	۳۲۷	g
۳۷	ER29	a-e	۲۸۰۰	a-e	۱۰۳۵	f	۱۷۶۵	ab
۳۸	Sepid	i	۱۷۵۷	d-f	۱۱۸۳	e-g	۵۷۴	c
۳۹	ER33	c-i	۲۲۳۵	d-f	۱۱۷۱	a-g	۱۰۶۴	a-c
۴۰	Golestan	a-g	۲۶۳۳	a-g	۱۴۹۵	a-e	۱۱۲۸	a-c

تجزیه بای پلات

روش‌های زیادی برای مشخص کردن اثر متقابل $G \times E$ وجود دارد. نمودارهایی که به‌طور هم‌زمان واکنش ژنوتیپ‌ها را در محیط‌های مختلف نشان می‌دهند (بای پلات) از اهمیت و کاربرد وسیع‌تری برخوردار هستند. روش GGE biplot ابزاری برای تجسم داده‌ها است، چون اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را در یک نمودار دوطرفه نشان می‌دهد. از این روش برای تعیین پایداری محصولات مختلف مثل برنج (سامونته و همکاران، ۲۰۰۵)، جو (دهقانی و همکاران، ۲۰۰۶)، گندم (کایا و همکاران، ۲۰۰۶) و عدس (صباغ‌نیا و همکاران، ۲۰۰۸) استفاده شده است.

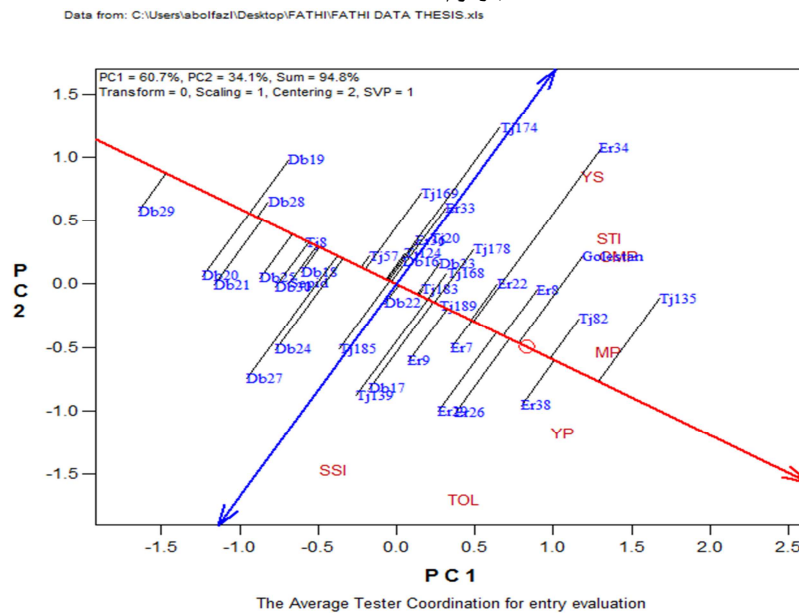
برای شناسایی شاخص‌ها و ژنوتیپ‌های برتر نمودار چند ضلعی توسط نرم‌افزار GGE biplot رسم شد. چندضلعی مربوطه از اتصال ژنوتیپ‌هایی که حداکثر فاصله را از مبدأ دارند به‌دست می‌آید. بر این اساس ژنوتیپ‌های برتر شامل DB19, Er26, Er38, Tj135, Er34, Tj174, DB27, DB29 بودند که در رأس چندضلعی قرار گرفتند. با رسم خطوط عمود بر وسط اضلاع این چندضلعی ابر محیطی شاخص‌های مربوطه مشخص شدند. با توجه به شکل ۱ ژنوتیپ‌های Er34, Tj174 که در محیط تنش عملکرد بیشتری از سایر ژنوتیپ‌ها داشتند از نظر شاخص Ys در یک گروه قرار گرفتند. همچنین ژنوتیپ Tj135 از نظر شاخص‌های GMP, Mp برتر بوده و ژنوتیپ Er38 که در محیط غیر تنش عملکرد بهتری داشته نزدیک به شاخص YP قرار گرفت. به همین ترتیب ژنوتیپ Er38 از نظر شاخص تحمل TOL و ژنوتیپ Tj139 از نظر شاخص SSI نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتر بودند. سایر ژنوتیپ‌ها نظیر DB29 که در ابر محیطی شاخص‌های مورد ارزیابی قرار نگرفتند بر اساس این شاخص‌ها امتیاز برتری نداشتند. البته دو مؤلفه تعیین شده در مجموع ۹۴ درصد از تغییرات را توجیه کرد (شکل ۱).

در شکل ۲ میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها و میزان تحمل آن‌ها به شوری به‌طور هم‌زمان مورد مطالعه قرار گرفته است. در نمودار مذکور ژنوتیپ Tj135 که در جهت مثبت محور X قرار گرفته، بالاترین عملکرد و در نقطه مقابل ژنوتیپ DB29 که در سمت چپ محور X قرار گرفته کمترین عملکرد را داشته است. ژنوتیپ‌هایی نظیر Er34, Tj174 عملکرد متوسط اما ناپایداری داشتند. هرچه طول خط عمود بر محور افقی بیشتر باشد بیانگر ناپایداری آن ژنوتیپ است. لذا از لحاظ تحمل به شوری ژنوتیپ‌های Er38, Tj135 و Tj82 به‌عنوان برترین و پایدارترین ژنوتیپ‌ها انتخاب شدند که نسبت به رقم شاهد گلستان برتری داشتند (شکل ۲).



شکل ۱- نمایش گرافیکی انطباق ژنوتیپ‌های پنبه با شاخص‌های تحمل تنش در هاشم آباد و

انبارالوم ۹۴-۱۳۹۳



شکل ۲- ارزیابی ژنوتیپ‌های پنبه و شاخص‌های تحمل تنش به‌طور هم‌زمان در هاشم‌آباد و انبارالوم ۹۴-۱۳۹۳

منابع

1. Alishah, O. 2014. Study on adaptability and quantitative and qualitative characteristics of hopeful cotton cultivars in mild and cold regions of Iran. Final Report Cotton Research Institute of Iran, 34 p. (In Persian).
2. Alishah, O., and Ahmadikhah, A. 2009. The effects of drought stress on improved cotton varieties in Golestan province of Iran. *International Journal of Plant Production*, 3(1): 1-10.
3. Ashraf, M., and Sagir, A. 2000. Genetic effects for yield components and fiber characteristics in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L) cultivated under salinities (NaCl) conditions, *Agronomie*, 20(8): 917-929.
4. Ashraf, M. 2002. Salt tolerance of cotton: Some new advances. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 21(1):1-30.
5. Lin, C.C., and Kao, C.H. 1995. NaCl stress in rice seedlings: starch mobilization and the influence of gibberlic acid on seedling growth. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 36: 169-173.
6. Colmer, T. 2000. Salt tolerance in plant, *Plant Science University of Western Australia*, V(2,5).
7. Cramer, G.R. 1993. Crop stress. pp. 451-455. *In*: M. Pessarakli (ed.), *Hand book of plant and crop stress*, Marcel Decker Inc. New York.
8. Dalton, R.G., Eddiep, P.M., and Carn Lucas, M. 1994. Antioxidant response to NaCl stress in salt tolerance and salt sensitive cultivars of cotton. *Crop Science*, 34: 706-714.
9. Damavandi Kamali, S., Babaeian Jelodar, N., and Alishah, O. 2011. The Assessment of Adaptability and Stability of Yield on Cotton Cultivars by Using Uniparametric, Non-Parametric Methods and AMMI Mode. *Iranian Journal of Field Crop Science*. 42(2): 397-407 (in Persian with English Abstract).
10. Dehghani, H., Ebadi, A., and Yousefi, A. 2006. Biplot analysis of genotype by environment interaction for Barley yield in Iran. *Agronomy Journal*, 98: 388-393.
11. Fan, X.M., Kang, M.S., Chen, H., Zhang, Y., Tan, J., and Xu, C. 2007. Yield Stability of Maize Hybrids Evaluated in Multi-Environment Trials in Yunnan, China, Published in *Agronomy Journal*, 99: 220-228.
12. Fathi Sadabadi, M. 2018. Evaluation of value for cultivation and use (VCU) hybrid salt tolerance of cotton. Final Report of Project Cotton Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). Gorgan, Iran. (In Persian with English Abstract).
13. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Pp. 257-270. *In*: Proceeding of an International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperate and Water Stress, 13-18 Aug., Taiwan.

14. Garratt, L.C., Janagoudr, B.S., Lowe, K.C., Anthony, P., Power, J.B., and Davey, M.R. 2002. Salinity tolerance and antioxidant status in cotton cultures. *Free Radical Biology and Medicine*, 33(4): 502-511.
15. Kaya, Y., Akcura, M. and Taner, S. 2006. GGE biplot analysis of multi-environment yield trials in bread wheat. *Turkish Journal Agriculture Forestry*, 30: 325-337.
16. Khan, A.N., and Qureshi, R.H. 1995. Responses of cotton cultivars to salinity at various growth development stages. *Sarhad Journal of Agriculture*, 11(6): 729-731.
17. Leidi, E.O., and Saiz, J.F. 1997. Is Salinity tolerance related to Na⁺ accumulation in upland cotton (*Gossypium hirsutum*) seedling?. *Plant and Soil*, 190: 65- 67.
18. Lin, H., Salus, S. and Schumaker, S. 1997. Salt sensitivity and the activity of the H⁺ -ATPase in cotton seedling. *Crop Science*, 37: 190-197.
19. Mirghasemi, S.J., Ghajari, A., Gharanjiki, A., and Alishah, O. 2013. Study on some physiological and morphological characteristics of several cotton cultivars in saline and nonsaline conditions. Final Report Cotton Research Institute of Iran. 48 p. (In Persian).
20. Mujeeb-ur-Rahman, U., Soomro, A., Zahoor, M., and Shereen, G. 2008. Effect of NaCl salinity on wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *World Journal of Agricultural Sciences*, 4: 398-403.
21. Patil, B.C. 1995. Performance of hybrid cotton in saline soils, In B. M. Khadi. Training course for hybrid cotton seed. Publication of Institute for Cotton Research of Iran.
22. Roshani, Gh., Gharanjiki, A., and Mirghasemi, S.J. 2014. Evaluation and Comparison of salinity Tolerance of Several Cotton Genotypes in a Saline Soil. *Iranian Journal of Cotton Researches*, 2(2):13-26. (In Persian with English Abstract).
23. Samonte, S.O.P.B., Wilson, L.T., McClung, A.M., and Medley, J.C. 2005. Targeting cultivars onto rice growing environments using AMMI and GGE biplot analysis. *Crop Science*, 45: 2414-2424.
24. Sedigh, S., Zabet, M., Ghaderi, M.Gh., and Samadzadeh, A.R. 2015. Determination of the suitable indices for drought tolerance in cotton genotypes. *Iranian Journal of Cotton Researches*, 3(2): 41-53. (In Persian with English Abstract).
25. Singh, J. 2011. Final report of Impact Assessment IPM Cotton project for boosting diversification process in Punjab. <https://www.researchgate.net/publication/266082386>.
26. Soleymanifard, A., Naseri, R., and Moradi, M. 2012. The study genetic variation and factor analysis for agronomic traits of Durum wheat genotypes

- using cluster analysis and path analysis under drought stress condition in western of Iran. *Journal of Applied Basic Science*, 3: 479-485
27. Wang, B., Guo, W., Zhu, X., Wu, Y., Huang, N., and Zhang, T. 2007. QTL mapping of yield components for Elite Hybrid derived-RILs in upland cotton. *Elsevier Boulton*, 34:35-45.
28. Younes, I.M., Rashidi, V., and Zangi, M.R. 2010. Genetic analysis of salt tolerance in intera and inter hybrid of cotton by using diallel method. Thesis for M.Sc. Agriculture Faculty– Department Agronomy and Plant Breeding, Islamic Azad University Tabriz Branch. (In Persian).
29. Zangi, M.R. 2005. Correlation between drought resistance indices and cotton yield in stress and non-stress conditions. *Asian Journal of Plant Sciences*, 4(2): 106-108.
30. Zhong, H. and Laucheli, A. 1993. Spatial and temporal aspects of growth in the primary root cotton seedlings, Effects of NaCl and CaCl₂. *Journal of Experimental Botany*, 44: 763-771.

