"مجله علوم زراعی ایران"
جلد یازدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۸۸

ارزیابی واکنش لاین‌های خالص ذرت (*Zea mays* L.) به تنش گرما در شرایط خوزستان با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش

Evaluation of response of maize (*Zea mays* L.) inbred lines to heat stress under Khuzestan conditions -using stress tolerance indices

زهرا خدارحم‌پور[۱]، رجب چوکان[۲]، محمدرضا بی‌همتا[۳] و اسلام مجیدی هروان[۴]

چکیده

خدارحم‌پور، ز.، ر. چوکان، م. ر. بی‌همتا و ا. مجیدی هروان. ۱۳۸۸. ارزیابی واکنش لاین‌های خالص ذرت (*Zea mays* L.) به تنش گرما در شرایط خوزستان با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش. **مجله علوم زراعی ایران: ۱۱ (۱): ٥٤-٤٠.**

به منظور بررسی شاخص‌های تحمل به تنش گرما در ذرت، ۱۵ لاین خالص ذرت در دو آزمایش جداگانه با تاریخ‌های کاشت متفاوت (به منظور اعمال تنش گرما) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۸٦ در شهرستان شوشتر مورد مقایسه قرار گرفتند. کاشت بذرها در دو تاریخ ۱۵ تیرماه (شرایط تنش گرما) و ۵ مرداد ماه (شرایط بدون تنش) انجام شد. در این آزمایش شاخص‌های کمی تحمل شامل شاخص بهره‌وری متوسط (MP)، شاخص تحمل (TOL)، شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص تحمل به تنش (STI) و شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) محاسبه شدند. نتایج نشان داد که سه شاخص SSI، STI و GMP در شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به گرما و عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش گرما و بدون تنش، مؤثرتر بودند. با توجه به اینکه شاخص GMP در هر دو شرایط تنش و بدون تنش همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با عملکرد داشت، مناسب‌ترین شاخص در ارزیابی واکنش لاین‌های خالص ذرت نسبت به تنش گرما بود و به نظر می‌رسد که می‌توان از آن برای شناسایی ارقام دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش استفاده نمود. نتایج نشان داد که لاین‌های شماره ۱۰ و ۸ بیشترین مقدار عملکرد و بیشترین مقدار را برای شاخص‌های GMP و STI داشتند و لذا به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها با عملکرد بالا شناسایی شدند. در روش ترسیمی بای پلات، لاین‌های خالص به گروه‌های متحمل و غیرمتحمل تقسیم بندی شدند. لاین‌های شماره ۱۰، ۸، ٤ و ١٤ در ناحیه‌ای با پتانسیل تولید بالا و حساسیت پایین به گرما (در ناحیه‌ای با مؤلفه یک در بالا و مؤلفه دو در پایین) قرار گرفتند. پراکندگی ژنوتیپ‌ها در نمودار بای پلات نشان دهنده وجود تنوع ژنتیکی بین آنها نسبت به تنش گرما بود. تجزیه خوشه‌ای بر اساس شاخص‌های تحمل (GMP و STI) نشان داد که لاین‌های خالص شماره ۱۰ و ۸ دارای بیشترین تحمل نسبت به گرما بوده و بیشترین فاصله ژنتیکی را با سایر لاین‌ها داشتند. بعد از آن لاین‌های شماره ٤، ١٤، ۱۳، ۱۵ و ۵ نسبت به بقیه لاین‌ها از تحمل بیشتری نسبت به تنش گرما برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه خوشه‌ای، تنش گرما، ذرت، شاخص‌های تحمل به تنش و لاین خالص.

تاریخ دریافت:۱۳۸۷/۲/۲۴

۱- دانشجوی دکتری اصلاح نباتات واحد علوم و تحقیقات تهران (مکاتبه کننده)
۲- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر
۳- عضو هیأت علمی دانشگاه تهران
۴- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-18]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.1.4.4]

مقدمه

تنش‌های محیطی بزرگترین عامل محدود کننده عملکرد قابل برداشت نسبت به پتانسیل عملکرد در گیاهان زراعی می‌باشند (Boyer, 1982). تنش پیوسته گرما که به صورت میانگین دمای بالاتر از ۱۷/۵ درجه سانتیگراد در سردترین ماه سال تعریف می‌شود (Fischer, 1986)، در بیش از ۵۰ کشور جهان بروز می‌نماید (Robinson and Harris, 1999). تنش گرما باعث کاهش عملکرد و کیفیت دانه ذرت می‌شود. اگر گرما و خشکی در هنگام گلدهی بروز کنند، باعث کاهش تعداد دانه‌های تشکیل شده در هر بلال و کچلی بلال‌ها می شوند و به همین لحاظ، میزان خسارت شدیدتر خواهد بود. تنش دمای بالا (بالاتر از ۳۸ درجه سانتیگراد) باعث کاهش قابلیت حیات دانه گرده می‌شود (Arzani, 2001). در کشور ما نیز تنش گرما که معمولاً در زمان گرده افشانی و پرشدن دانه بروز می کند در بسیاری از استان‌ها به ویژه استان‌های جنوبی باعث کاهش عملکرد ذرت می‌شود (Barzegari and Ghasemi Ranjbar, 2001). اصلاح برای تحمل به گرما از طریق گزینش لاین‌های خالصی که تحمل بیشتری به تنش گرما دارند، صورت می گیرد. گزینش ژنوتیپ‌هایی که هم به شرایط تنش و هم بدون تنش سازگاری داشته باشند، هدف اصلی آزمایش‌های آزمون عملکرد است (Fernandez, 1992). برای گزینش ژنوتیپ‌ها براساس واکنش آنها در محیط‌های واجد یا فاقد تنش، معیارهای مختلفی پیشنهاد شده است. روزیل و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981) شاخص تحمل (TOL= Tolerance Index) و شاخص بهره‌وری متوسط (MP= Mean Productivity) ، فیشر و مائورر (Fischer and Muarer, 1978) شاخص حساسیت به تنش (SSI= Stress Susceptility Index) و فرناندز (Fernandez, 1992) شاخص تحمل به تنش (STI= Stress Tolerance Index) را برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها نسبت به تنش‌های محیطی پیشنهاد کرده‌اند. ژنوتیپ‌ها براساس واکنش آنها در محیط‌های تنش و بدون تنش به چهار گروه دسته‌بندی می‌شوند: گروه (**A**) ژنوتیپ‌هایی هستند که هم در محیط تنش و هم بدون تنش عملکرد خوبی دارند. گروه (**B**) ژنوتیپ‌هایی هستند که فقط در محیط بدون تنش عملکرد مطلوب دارند. ژنوتیپ‌های گروه (**C**) در محیط تنش نسبتاً بهتر از محیط بدون تنش، هستند و گروه (**D**) در محیط تنش و بدون تنش مطلوب نیستند. در همین رابطه بهترین معیار گزینش معیاری است که قادر به تفکیک گروه (A) از سه گروه دیگر باشد (Fernadez, 1992). احمدزاده (Ahmadzadeh, 1997) در آزمایشی با استفاده از روش بای پلات (Biplot)، شاخص‌های SSI، TOL، STI، (Geometrec Mean Productivity) GMP و MP را در شرایط تنش و بدون تنش برای سه گروه رسیدگی دیررس، متوسط رس و زودرس ذرت محاسبه کرد. در گروه دیررس، سه شاخص STI، GMP و MP قادر به شناسایی لاین‌های پرمحصول و متحمل به خشکی بوده ولی دو شاخص SSI و TOL کارایی خوبی نداشتند. از آنجا که همبستگی دو شاخص GMP و MP با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش، بالا می‌باشد (Ahmadzadeh, 1997)، این شاخص‌ها به عنوان شاخص برتر شناخته شدند. در گروه زودرس شاخص‌های MP، GMP و STI در شناسایی لاین‌های مورد نظر موفق بوده و کارایی دو شاخص SSI و TOL نیز به علت وجود همبستگی مثبت بین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش، افزایش یافت. در آزمایش مقدم و هادی زاده (Moghadam and Hadizadeh, 2000 and 2002) مشخص گردید که شاخص تحمل به تنش (STI) نسبت به شاخص حساسیت به تنش (SSI) از کارایی بیشتری در گزینش ژنوتیپ‌های ذرت متحمل به تنش برخوردار است و شاخص تحمل به تنش (STI) از مزایای بیشتری جهت گزینش ارقام مطلوب در شرایط تنش و بدون تنش، برخوردار است. خلیلی و همکاران (Khalili *et a.l,* 2004) گزارش کردند که شاخص‌های

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-18]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.1.4.4]

STI و GMP قابلیت بیشتری برای گزینش هیبریدهای ذرت با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش خشکی و بدون تنش دارند. سوری و همکاران (Souri *et al.*, 2005) گزارش کردند که شاخص‌های STI، GMP و MP مناسب‌ترین شاخص‌های عکس العمل ژنوتیپ‌های نخود در برابر خشکی می‌باشند. نمودار ترسیمی بای پلات نشان داد که سه شاخص مذکور نسبت به یکدیگر دارای بالاترین ضریب همبستگی بودند. تجزیه خوشه‌ای براساس شاخص‌های تحمل نشان داد که ژنوتیپ FLIP97-102 دارای بیشترین تحمل نسبت به خشکی بوده و بیشترین فاصله ژنتیکی را با سایر ژنوتیپ‌ها داشت. کرمی و همکاران (Karami *et al.*, 2006) گزارش کردند که مناسب ترین شاخص‌ها برای غربال کردن ژنوتیپ‌های جو MP، GMP و STI می‌باشند. نمودار چند متغیره بای پلات نیز نشان داد که ژنوتیپ‌های متحمل در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های تحمل به خشکی یعنی MP، GMP و STI قرار داشتند. تجزیه کلاستر، ژنوتیپ‌ها را در هر دو شرایط تنش و بدون تنش، در سه کلاستر جداگانه دسته بندی کرد. رضایی زاد (Rezaeizad, 2007) گزارش کرد که شاخص‌های GMP و STI مناسب‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌ها در آفتابگردان می باشند. در آزمایش جهان بین و همکاران (Jahan Bin *et al.*, 2007) بر روی واکنش ژنوتیپ‌های جو لخت تحت شرایط تنش گرمای انتهای فصل، ژنوتیپ FICC0963 براساس شاخص STI (Fernandez, 1992) بعنوان بهترین ژنوتیپ از نظر عملکرد، در هر دو شرایط مطلوب و تأخیر در کاشت و مواجه شدن با شرایط تنش گرما، ارزیابی شد. براساس شاخص SSI نیز ژنوتیپ مزبور دارای تحمل بیشتری به تنش گرما بود.

تنش گرما از رایج‌ترین انواع تنش‌های محیطی در استان‌های جنوبی کشور است. در استان خوزستان کاشت ذرت پاییزه در تاریخ توصیه شده در ۲۵ تیر ماه لغایت ۱۰ مرداد ماه (Barzegari and Ghasemi Ranjbar, 2001) منجر به مصادف شدن زمان برداشت با بارندگی‌های پائیزه و کاهش دما و کاهش عملکرد می‌شود (Barzegari and Ghasemi Ranjbar, 2001). کشت زودتر از تاریخ توصیه شده ذرت باعث تقارن مرحله گرده‌افشانی و لقاح با گرمای شدید تابستان می‌شود. تنش گرما باعث مرگ دانه‌های گرده (Janson, 2000) شده و همزمانی بین ریزش گرده و ظهور ابریشم را از بین می‌برد (Lauer, 2006) و عملکرد دانه کاهش چشمگیری می‌یابد. این آزمایش به منظور شناسایی لاین‌های مناسب ذرت برای کشت در شرایط تنش گرما با استفاده از شاخص‌های تحمل، شناسایی لاین‌های مناسب جهت دورگ‌گیری در برنامه‌های اصلاحی و همچنین تعیین بهترین شاخص تحمل نسبت به تنش گرما اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در طی سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ در شهرستان شوشتر (یک منطقه گرمسیری واقع در استان خوزستان) با مشخصات جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی با ۱۵۰ متر ارتفاع از سطح دریا به اجرا گذاشته شد. بافت خاک محل آزمایش از نوع لومی رسی، اسیدیته خاک حدود ۷/۶ و هدایت الکتریکی آن ۰/۵ میلی‌موس بر سانتیمتر بود. در تابستان ۱۳۸۶، بذرهای ۱۵ لاین خالص برگزیده ذرت (که از آزمایشات مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شده بودند) در دو آزمایش مستقل، تاریخ کاشت زود (۱۵ تیر ماه، شرایط تنش) و تاریخ کاشت عرف منطقه (۵ مرداد ماه، شرایط بدون تنش) کشت شدند. در تاریخ کاشت ۱۵ تیرماه گرده‌افشانی و لقاح ذرت معمولاً با تنش گرما مصادف می‌شود. هر دو آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شدند. هر لاین (کرت) شامل سه خط

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-18]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.1.4.4]

کاشت ۹ متری به فاصله ۷۵ سانتی‌متر بود. بذرها به صورت کپه‌ای و با دست در عمق ۴ سانتی‌متری کاشته شده و بعد از سبز شدن در مرحله ۴ برگی تنک و تراکم نهایی به ۶۵ بوته در متر مربع رسانده شد. کلیه عملیات زراعی طبق عرف منطقه انجام شد. میانگین حداقل و حداکثر دمای مطلق هوای محل اجرای آزمایش در زمان گرده‌افشانی تاریخ کاشت، ۱۵ تیرماه (تنش) به ترتیب ۲۹ و ۴۵ درجه سانتیگراد و ۵ مرداد ماه (بدون تنش) به ترتیب ۲۴ و ۳۸ درجه سانتیگراد بود (جدول ۱). پس از رسیدگی فیزیولوژیک، محصول هر کرت پس از حذف نیم متر از بالا و پایین خطوط کاشت وسط، برداشت و عملکرد دانه با رطوبت ۱۴ درصد اندازه‌گیری و ثبت شد. شاخص‌های ارزیابی تحمل به تنش شامل، شاخص بهره‌وری متوسط (MP) و شاخص تحمل (TOL) (Rosielle and Hamblin, 1981)، شاخص تحمل به تنش (STI) و شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) (Fernandez, 1992) و شاخص حساسیت به تنش (SSI) (Fischer and Muarer, 1978) محاسبه شدند.

مقدار TOL، MP و GMP از روابط زیر محاسبه شدند:

$$TOL = Yp - Ys \quad (۱)$$

$$MP = Yp + Ys/2 \quad (۲)$$

$$GMP = \sqrt{Ys * Yp} \quad (۳)$$

مقدار SSI از رابطه زیر محاسبه شد:

$$SSI = (1-(Ys/Yp))/SI \quad (۴)$$

در محاسبه شاخص حساسیت به تنش، یک جزء بنام SI وجود دارد که به عنوان سختی محیط نامیده می‌شود. بزرگ‌تر بودن مقدار SI نشان‌دهنده سختی شرایط محیطی است. مقدار عددی SI بین صفر و یک تغییر می‌کند.

$$SI = 1 - [\bar{Y}s / \bar{Y}p] \quad (۵)$$

مقدار STI از رابطه زیر محاسبه شد:

$$STI = (\bar{Y}p/\bar{Y}p)(\bar{Y}s/\bar{Y}s)(\bar{Y}s/\bar{Y}p) = (Yp)(Ys)/\bar{Y}p)2 \quad (۶)$$

در روابط فوق Ys و Yp به ترتیب عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش، $\bar{Y}s$ و $\bar{Y}p$ به ترتیب متوسط عملکرد کلیه ژنوتیپ‌های در شرایط تنش و بدون تنش هستند.

تجزیه واریانس داده‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد و مقایسه میانگین شاخص‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای تعیین لاین‌های خالص متحمل به گرما با عملکرد بالا در هر دو محیط، از نمودار سه بعدی استفاده شد که در آن عملکرد در محیط بدون تنش (Yp) بر روی محور Xها، عملکرد در شرایط تنش (Ys) بر روی محور Zها و یکی از شاخص‌های انتخاب شده بر روی محور Yها نمایش داده شدند (Fernandez, 1992). برای مطالعه همزمان شاخص‌های تحمل و عملکرد در شرایط تنش گرما و بدون تنش، نمودار ترسیمی بای پلات بر مبنای تجزیه‌های چند متغیره، رسم شد. همچنین به منظور گروه‌بندی لاین‌های خالص مورد بررسی از نظر تحمل به گرما از تجزیه کلاستر و از روش واریانس حداقل وارد (Souri *et al.*, 2005; Karami *et al.*, 2006) با استفاده از نرم افزار SPSS استفاده شد.

نتایج و بحث

شاخص بهره‌وری متوسط (MP)

نتایج آزمایش نشان داد که لاین ۱۰ و پس از آن لاین ۵ بر اساس شاخص MP، از تحمل نسبی بیشتری به تنش گرما برخوردار بودند (جدول ۲). لاین ۱۰ از بالاترین عملکرد در شرایط تنش و رتبه دوم عملکرد در شرایط بدون تنش برخوردار بود، در حالیکه لاین ۵ از بالاترین عملکرد در شرایط بدون تنش و عملکرد متوسط در شرایط تنش برخوردار بود (جدول ۲). با توجه به اینکه یک شاخص مناسب بایستی امکان گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش را فراهم کند (Moghadam and Hadizadeh, 2000)، شاخص MP،

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-18]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.1.4.4]

چندان مناسب به نظر نمی رسد. بنابراین به نظر می‌رسد که اگر چه گزینش بر اساس شاخص MP اساساً منجر به بهبود میانگین عملکرد در محیط تنش و بدون تنش شده ولی قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های گروه A از B نیست. آزمایش‌های مقدم و هادی‌زاده (Moghadam and Hadizadeh, 2002) و خلیلی و همکاران (Khalili *et a.l,* 2004) بر روی ذرت نیز حاکی از عدم امکان تفکیک ژنوتیپ‌های گروه A از B توسط شاخص MP است. در آزمایش حاضر همبستگی بین شاخص MP با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش بالا بوده است (به ترتیب r=۰/۸۱** و r=۰/۹۳**) (جدول ۳). در آزمایش احمدزاده (Ahmadzadeh, 1997) بر روی ذرت، سنجری (Sanjari, 1998) و قاجار سپانلو و همکاران (Ghajar Sepanlo *et al.,* 2000) بر روی گندم نیز همبستگی بالا و مثبت میان شاخص MP و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش گزارش شده است.

جدول ۱- میانگین حداقل و حداکثر درجه حرارت هوای محل اجرای آزمایش در شرایط تنش گرما و بدون تنش در سال ۱۳۸۶

Table 1– Average minimum and maximum temperature of experimental area farm in heat stress and normal condition in 2007

Month	ماه	درجه حرارت (Temperature) (C°) حداقل (Min.)	حداکثر (Max.)
July	۱۰ تیر الی ۹ مرداد	30	46
August	۱۰ مرداد الی ۹ شهریور	32	47
September	۱۰ شهریور الی ۸ مهر	29	45
October	۹ مهر الی ۹ آبان	24	38
November	۱۰ آبان الی ۹ آذر	19	32
December	۱۰ آذر الی ۱۰ دی	13	21

شاخص تحمل (TOL)

براساس شاخص TOL، ژنوتیپ‌هایی که از مقدار عددی کوچکتری برخوردار باشند، تحمل نسبی بیشتری به تنش دارند. لاین شماره یک و پس از آن لاین‌های شماره ۸ و ۴ از تحمل بیشتری به تنش گرما برخوردار بودند. با توجه به اینکه لاین شماره یک در هر دو شرایط تنش و بدون تنش از کمترین عملکرد برخوردار بود (جدول ۲)، این شاخص، شاخص مناسبی جهت تعیین ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش محسوب نمی شود (Moghadam and Hadizadeh, 2000). شاخص TOL نشان دهنده تغییرات عملکرد در شرایط عادی و تنش است و به عبارت دیگر، لاین‌هایی که دارای شاخص TOL کمتر می‌باشند، تغییرات عملکرد کمتر یا ثبات بیشتری در تغییر شرایط عدم تنش به تنش و بالعکس دارند. پایین بودن شاخص TOL (کم بودن تغییرات عملکرد) لزوماً بر بالا بودن عملکرد در شرایط عادی یا تنش دلالت ندارد. پایین بودن عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط عادی و افت اندک آن در شرایط تنش، ممکن است باعث کوچک شدن شاخص TOL شود. در آزمایش احمدزاده (Ahmadzadeh, 1997) که بر روی ذرت در شرایط تنش خشکی انجام گرفت نیز نتیجه مشابهی بدست آمد. بنابراین استناد به شاخص TOL هنگامی قابل اطمینان است که با مقدار عملکرد در نظر گرفته شود. همبستگی بین شاخص TOL با عملکرد در شرایط تنش r=-۰/۱۴^{ns} و در شرایط بدون تنش r=۰/۷۷** بودند (جدول ۳).

شاخص حساسیت به تنش (SSI)

براساس شاخص حساسیت به تنش (SSI)، ژنوتیپ‌هایی که از مقدار عددی کوچکتری برخوردار باشند، حساسیت کمتری به تنش دارند.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-18]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.1.4.4]

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه لاین‌های خالص ذرت در شرایط بدون تنش (Yp)، عملکرد در شرایط تنش گرما (Ys)، شاخص بهره‌وری متوسط (MP)، شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص تحمل (TOL)، شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص تحمل به تنش (STI)

Table 2. Mean comparison of grain yield of corn inbred lines in control condition (Yp), grain yield in heat stress condition (Ys), Mean Productivity (MP), Geometric Mean Productivity (GMP), Tolerance Index (TOL), Stress Susceptibility Index (SSI), Stress Tolerance Index (STI)

شماره لاین‌ها Number of lines	نام لاین‌ها Name of lines	عملکرد در شرایط بدون تنش (کیلوگرم در هکتار) Yp (kg.ha^{-1})	عملکرد در شرایط تنش گرما (کیلوگرم در هکتار) Yp (kg.ha^{-1})	شاخص بهره‌وری متوسط MP	میانگین هندسی بهره‌وری GMP	شاخص تحمل TOL	شاخص حساسیت به تنش SSI	شاخص تحمل به تنش STI
1	MO17	642.5^{f}	65^{e}	282.8^{g}	159.6^{f}	461.7^{d}	1.24^{a}	0.113^{d}
2	B73	2104^{cde}	301^{de}	962.3^{cdef}	583.8^{def}	1442.2^{bcd}	1.16^{ab}	0.15^{d}
3	K74/1	1625^{def}	160^{de}	713.9^{efg}	376.9^{f}	1172.3^{bcd}	1.23^{a}	0.113^{d}
4	K18	2125^{cde}	1095^{bc}	1288.1^{bcde}	1215.6^{bc}	823.8^{d}	0.65^{cd}	0.52^{ab}
5	K3651/2	3771^{a}	419^{cde}	1675.7^{ab}	996.8^{bcde}	2682^{a}	1.24^{a}	0.103^{d}
6	K3651/1	1834^{cdef}	90^{de}	769.1^{efg}	311.1^{f}	1395^{bcd}	1.3^{a}	0.057^{d}
7	A679	2041^{cdef}	203^{de}	897.5^{defg}	430.7^{ef}	1471.6^{bcd}	1.22^{a}	0.117^{d}
8	K166A	2375^{bcd}	1638^{ab}	1605.1^{bc}	1570.3^{ab}	589.9^{d}	0.33^{d}	0.74^{a}
9	K3544/1	1938^{cdef}	400^{de}	935.2^{def}	688.8^{cdef}	1229.6^{bcd}	1.06^{ab}	0.227^{cd}
10	K166B	3521^{ab}	2038^{a}	2223.3^{a}	2050.8^{a}	1186.7^{bcd}	0.51^{cd}	0.617^{ab}
11	K3640/5	854^{ef}	30^{e}	353.5^{fg}	120.5^{f}	659.7^{d}	1.34^{a}	0.036^{d}
12	K47/2-2-1-21-2-1-1-1	1916^{cdef}	373^{de}	915.7^{defg}	673.4^{cdef}	1235.3^{bcd}	1.09^{ab}	0.21^{cd}
13	K47/2-2-1-3-3-1-1-1	3209^{abc}	588^{cde}	1518.2^{bcd}	1023^{bcde}	2097^{abc}	1.02^{ab}	0.25^{cd}
14	K19	3271^{abc}	585^{cde}	1542.4^{bcd}	1064^{bcd}	2148.5^{ab}	1.09^{ab}	0.2^{cd}
15	K19/1	1916^{cdef}	785^{cd}	1080.7^{bcde}	979.4^{cde}	905.2^{cd}	0.82^{bc}	0.41^{bc}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند

Means followed by same letter(s) in each column are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-18]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.1.4.4]

جدول ۳- ضرایب همبستگی فنوتیپی بین عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل لاین‌های خالص ذرت در شرایط تنش گرما و بدون تنش

Table 3. Phenotypic correlation coefficient between grain yield of corn inbred lines and heat tolerance indices in heat stress and control condition

		عملکرد در شرایط بدون تنش Yp	عملکرد در شرایط تنش گرما Ys	شاخص تحمل TOL	شاخص تحمل به تنش STI	شاخص حساسیت به تنش SSI	شاخص بهره‌وری متوسط MP
Ys	عملکرد در شرایط تنش گرما	0.53*					
TOL	شاخص تحمل	0.76**	-0.14^{ns}				
STI	شاخص تحمل به تنش	0.34^{ns}	0.95**	-0.33^{ns}			
SSI	شاخص حساسیت به تنش	-0.35^{ns}	-0.95**	0.31^{ns}	-0.99**		
MP	بهره‌وری متوسط	0.93**	0.81**	0.46^{ns}	0.66**	-0.67**	
GMP	میانگین هندسی بهره‌وری	0.74**	0.96**	0.13^{ns}	0.87**	-0.87**	0.94**

ns: غیر معنی دار

* و **: معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

ns: Non-significant

*, **: Significant at 5% and 1% propability levels, respectively

Yp: عملکرد در شرایط بدون تنش; Ys: عملکرد در شرایط تنش گرما; TOL: شاخص تحمل; STI: شاخص تحمل تنش; SSI: شاخص حساسیت به تنش; MP: شاخص بهره‌وری متوسط و GMP: شاخص میانگین هندسی بهره‌وری.

Yp: Yield in control condition, Ys: Yield in heat stress condition, MP: Mean Productivity, GMP: Geometric Mean Productivity, TOL: Tolerance Index, SSI: Stress susceptibility Index, STI: Stress Tolerance Index

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-18]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.1.4.4]

براساس شاخص SSI لاین شماره ۸ و بعد از آن لاین‌های شماره ۱۰ و ۴ رتبه بندی شدند (جدول ۲) براساس نتایج مندرج در نمودار شماره یک، این ۳ لاین خالص در گروه A قرار گرفتند بنابراین به نظر می‌رسد که این شاخص، معیار مناسبی جهت تعیین گروه A است. نتایج حاصل از آزمایش مقدم و هادی‌زاده (Moghadam and Hadizadeh, 2000) بر روی ذرت نیز نشان‌دهنده مناسب بودن شاخص SSI جهت تعیین گروه A است. همبستگی بین شاخص SSI با عملکرد دانه در شرایط تنش گرما $r=-۰/۹۴^{**}$ و در شرایط بدون تنش $r=-۰/۳۵^{ns}$ بود (جدول ۳)

شاخص تحمل به تنش STI

بالاتر بودن مقدار عددی شاخص STI نشان دهنده تحمل بیشتر ژنوتیپ به تنش است. در آزمایش حاضر بالاترین مقدار شاخص STI مربوط به لاین شماره ۸ و بعد از آن لاین‌های شماره ۱۰ و ۴ قرار داشتند (جدول ۲) این لاین‌ها بر اساس نمودار سه بعدی شماره ۲ در گروه A قرار گرفتند. بنابراین به نظر می‌رسد که شاخص STI، معیار مناسبی جهت تعیین گروه A است. نتایج حاصل از آزمایش احمدزاده (Ahmadzadeh, 1998)، مقدم و هادی‌زاده (Moghadam and Hadizadeh, 2000 and 2002) و خلیلی و همکاران (Khalili *et al.,* 2004) بر روی ذرت نیز نتیجه آزمایش حاضر را تأیید می‌کنند. همبستگی بین شاخص STI با عملکرد در شرایط تنش $r=۰/۹۵^{**}$ و در شرایط بدون تنش $r=۰/۳۴^{ns}$ بود (جدول ۳).

شاخص (GMP)

بر اساس شاخص GMP متحمل‌ترین لاین شماره ۱۰ و پس از آن لاین‌های ۸ و ۴ قرار داشتند (جدول ۲). در بررسی نمودارهای سه بعدی یک، ۲ و ۳ مشاهده شد که لاین‌های شماره ۱۰، ۸ و ۴ در گروه A قرار داشتند و به عبارت دیگر، دارای تحمل به گرما و عملکرد بالا در هر دو محیط بودند (Moghadam and Hadizadeh, 2002). به نظر می رسد که شاخص GMP نیز معیار مناسبی جهت تفکیک گروه A است. نتایج آزمایش‌های احمدزاده (Ahmadzadeh, 1998) و خلیلی و همکاران (Khalili *et al.,* 2004) بر روی ذرت، سوری و همکاران (Souri *et al.,* 2005) بر روی نخود، کرمی و همکاران (Karami *et al.,* 2006) بر روی جو و رضایی‌زاد (Rezaeizad, 2007) بر روی آفتابگردان نتیجه آزمایش حاضر را تأیید می‌کنند. لاین‌های شماره ۵، ۱۳، ۱۴ و ۲ که در ناحیه B قرار داشتند، لاین‌هایی بودند که در محیط بدون تنش عملکرد بسیار بالایی داشتند. در این گروه، لاین خالص شماره ۵ دارای بالاترین عملکرد در بین لاین‌های مورد ارزیابی در شرایط عدم تنش بود، در حالیکه از لحاظ مقدار شاخص GMP، رتبه ششم را احراز نمود. با این وجود این لاین را می‌توان برای کشت در محیط بدون تنش گرما معرفی کرد. در این تقسیم‌بندی هیچکدام از ژنوتیپ‌ها در گروه C قرار نگرفتند، بدین معنی که ژنوتیپ‌هایی که سازگاری بالایی با محیط تنش و داشته عملکرد بالاتری نسبت به شرایط بدون تنش تولید کند، بین لاین‌های مورد ارزیابی وجود نداشت. بیش از ۵۰ درصد از لاین‌های مورد ارزیابی در ناحیه D قرار داشتند که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش، عملکرد پایینی داشتند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که پایداری این ژنوتیپ‌ها زیاد بوده و برای اصلاح در جهت تحمل به گرما و تولید عملکرد بالا در شرایط گرما مناسب نیستند. استفاده از نمودار سه بعدی برای تشخیص گروه A از سایر گروه‌ها در ذرت توسط مقدم و هادی‌زاده (Moghadam and Hadizadeh, 2002)، در لوبیا توسط فرناندز (Fernandez, 1992) و در نخود توسط سوری و همکاران (Souri *et al.,* 2005) مورد استفاده و تأیید قرار گرفته است. همبستگی بین شاخص GMP با عملکرد در شرایط تنش $r=۰/۹۶^{**}$ در شرایط بدون تنش $r=۰/۷۴^{**}$ بود (جدول ۳). با توجه به اینکه همبستگی بین عملکرد در هر دو شرایط با شاخص GMP مثبت و بسیار معنی‌دار بود، می‌توان نتیجه گرفت که از بین سه

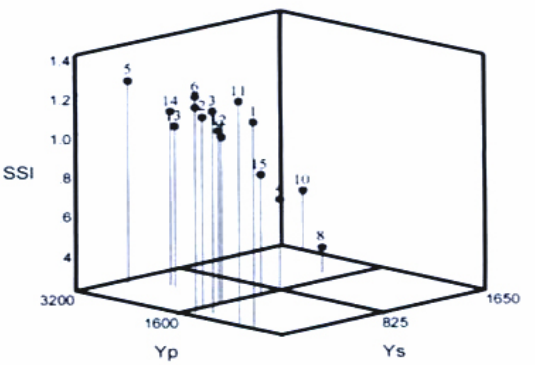
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-18]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.1.4.4]

شاخص SSI، STI و GMP که قادر به تفکیک گروه A از سایر گروه‌ها هستند، شاخص GMP از کارایی بیشتری برخوردار است.

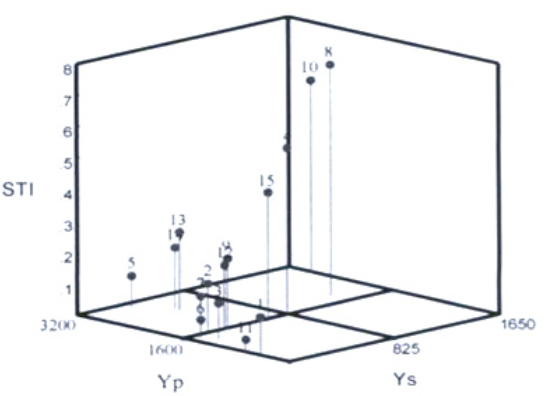
تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با استفاده از ماتریس داده‌های حاصل از ۱۵ لاین خالص و هفت شاخص، سهم مؤلفه‌ها، سهم تجمعی و بردارهای مشخصه متناظر با هر ریشه مشخصه بدست آمد (جدول ۴). ۹۹/۰۳ درصد از کل تغییرات داده‌ها به وسیله دو مؤلفه اصلی اول توجیه شده و بای پلات بر اساس دو مؤلفهٔ اول رسم شد (شکل ۴). در این آزمایش اولین مؤلفه اصلی ۷۰/۲۱ درصد از تغییرات کل داده‌ها و مؤلفه دوم ۲۸/۸۲ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند. مؤلفه اول را می‌توان به عنوان مؤلفه پتانسیل عملکرد و تحمل به گرما نامگذاری کرد و مؤلفه دوم را می‌توان به عنوان مؤلفه حساسیت به تنش که ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین در شرایط تنش را جدا می‌کند، نامگذاری کرد.



شکل ۱- مقایسه لاین‌های خالص ذرت از نظر شاخص حساسیت به تنش (SSI) در شرایط تنش گرما (Yp: عملکرد در شرایط بدون تنش، Ys: عملکرد در شرایط تنش گرما، SSI: شاخص حساسیت به تنش)

Fig.1. Comparison of corn inbred lines for stress susceptibility index (SSI) in heat stress condition (Yp: yield in control condition, Ys: yield in heat stress condition, SSI: Stress Susceptibility Index)

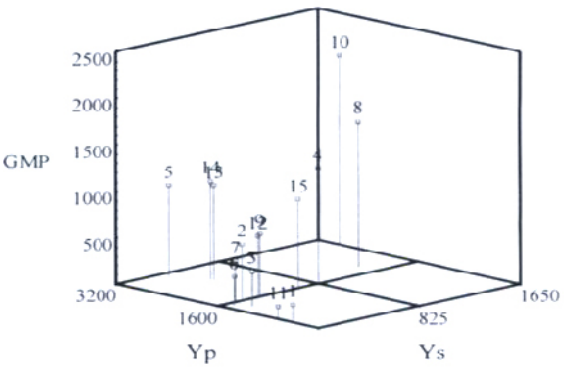


شکل ۲- مقایسه لاین‌های خالص ذرت از نظر شاخص تحمل به تنش (STI) در شرایط تنش گرما (Yp: عملکرد در شرایط بدون تنش، Ys: عملکرد در شرایط تنش گرما، STI: شاخص تحمل به تنش)

Fig.2. Comparison of corn inbred lines for stress tolerance index (STI) in heat stress condition (Yp: yield in control condition, Ys: yield in heat stress condition, STI: Stress Tolerance Index)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-18]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.1.4.4]



شکل ۳- مقایسه لاین‌های خالص ذرت از نظر شاخص (GMP) در شرایط تنش گرما (Yp: عملکرد در شرایط بدون تنش، Ys: عملکرد در شرایط تنش گرما، GMP: شاخص بهره‌وری هندسی)

Fig 3. Comparison of corn inbred lines for index (GMP) in heat stress condition (Yp: yield in control condition, Ys: yield in heat stress condition, GMP: Geometric Mean Productivity)

بر اساس بای پلات ترسیم شده بر مبنای مؤلفه‌های اصلی اول و دوم (شکل ۴)، لاین‌های ذرت به گروه‌هایی تقسیم شدند که مرتبط با میانگین عملکرد و تحمل به تنش لاین‌های خالص بود. این نمودار نشان داد که لاین‌های ۱۰، ۸، ۴ و ۱۴ در ناحیه‌ای با پتانسیل تولید بالا و حساسیت پایین به گرما قرار داشتند و لاین‌های شماره ۵، ۱۳ و ۱۵ در ناحیه ای با عملکرد پایین در شرایط تنش و حساسیت بالا به گرما قرار داشتند. در واقع می‌توان گفت که این لاین‌ها دارای سازگاری خصوصی به محیط بدون تنش هستند. بطور کلی این نوع توزیع را می‌توان بیان کننده تنوع ژنتیکی موجود در لاین‌های خالص نسبت به شرایط تنش دانست. با توجه به زوایای بین بردارهای شاخص‌ها، ملاحظه می‌شود که شاخص GMP، همبستگی مثبت و بالایی با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش داشته و شاخص STI همبستگی مثبت و بسیار بالایی با عملکرد در شرایط تنش دارد. نتایج بدست آمده از نمودار ۴، نتایج حاصله از نمودارهای سه بعدی ۱، ۲ و ۳ را تأیید می‌کند. به استثنای لاین شماره ۱۴ که بر اساس مدل‌های سه بعدی، به علت دارا بودن مقادیر متوسطی برای شاخص‌های تحمل (GMP، SSI و STI) و عملکرد در شرایط تنش و بالا بودن عملکرد در شرایط بدون تنش، در گروه B قرار گرفت، بر اساس نمودار بای پلات (با توجه به استفاده از شاخص‌های TOL و MP) و مطلوب بودن مقادیر این دو شاخص در لاین مذکور، در گروه لاین‌های متحمل قرار گرفت. استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و نمودار بای پلات برای انتخاب ارقام متحمل در ذرت توسط احمدزاده (Ahmadzadeh, 1997)، در لوبیا توسط فرناندز (Fernandez, 1992)، در نخود توسط سوری و همکاران (Souri *et al.*, 2005) و در جو توسط کرمی و همکاران (Karami *et al.*, 2006) مورد تاکید قرار گرفته است.

تجزیه خوشه‌ای

نمودار درختی گروه‌بندی لاین‌های ذرت در شکل ۵ نشان داده شده است. لاین‌های شماره ۱۰ و ۸ با توجه به اینکه دارای بالاترین مقادیر برای شاخص‌های فوق الذکر بودند در یک گروه قرار گرفتند و لاین‌های شماره ۴، ۱۴، ۱۳، ۱۵ و ۵ در گروه بعدی قرار گرفتند. این لاین‌ها بعد از لاین‌های شماره ۱۰ و ۸ تحمل بیشتری نسبت به گرما از خود نشان دادند و عملکرد بالاتری در دو شرایط محیطی داشتند. کلاستر سوم

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-18]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.1.4.4]

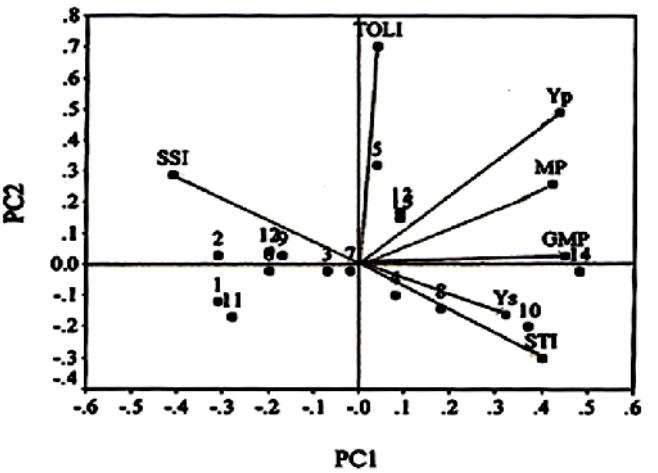
جدول ۴- مقادیر ویژه، سهم تجمعی و بردارهای ویژه شاخص‌های تحمل و عملکرد در دو شرایط محیطی در لاین‌های خالص ذرت

Table 4. Eigen values, cumulative proportion and Eigen vectors of tolerance indices and yield in two environmental condition in corn inbred lines

مؤلفه Component	مقادیر ویژه Eigen values	سهم تجمعی Cumulative proportion	عملکرد در شرایط بدون تنش Yp	عملکرد در شرایط تنش گرما Ys	شاخص متوسط بهره‌وری MP	میانگین هندسی بهره‌وری GMP	شاخص تحمل TOL	شاخص حساسیت به تنش SSI	شاخص تحمل به تنش STI
1	4.914	%70.21	0.435	0.322	0.418	0.449	0.048	-0.406	0.403
2	2.018	%99.03	0.491	-0.163	0.259	0.028	0.697	0.294	-0.304
3	0.061	%99.90	-0.111	0.507	0.235	0.225	-0.391	0.501	-0.482
4	0.005	%99.97	-0.413	-0.424	0.026	0.790	-0.096	0.128	-0.001
5	0.002	%99.99	0.503	0.098	-0.778	0.334	-0.082	0.108	0.046
6	0.000	1.000	-0.013	0.020	0.083	-0.111	0.01	0.685	0.715
7	0.000	1.000	-0.480	0.580	-0.299	-0.002	0.586	0.001	0.001

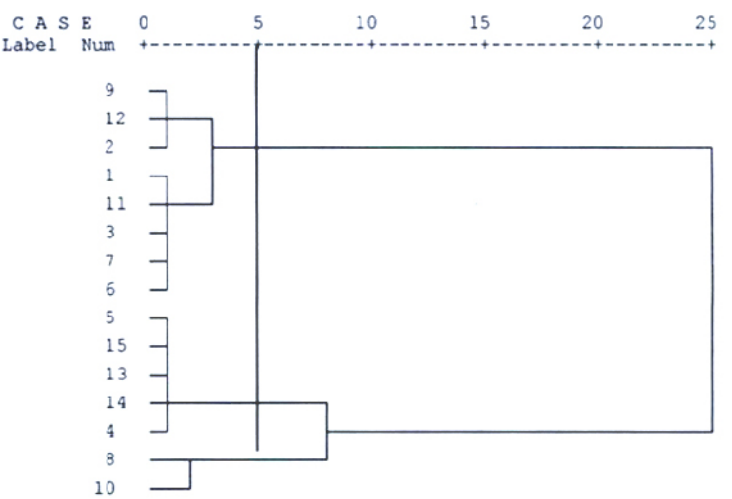
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-18]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.1.4.4]



شکل ۴- نمودار بای پلات عملکرد لاین‌های خالص ذرت در هفت شاخص تحمل به گرما بر اساس مؤلفه‌های اصلی اول و دوم

Fig. 4. The biplot display of corn inbred lines yield in seven heat tolerance indices based on the first and second main components



شکل ۵- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ۱۵ لاین خالص ذرت بر اساس شاخص‌های SSI، STI و GMP با استفاده از روش واریانس حداقل وارد (اعداد شماره هر لاین خالص می‌باشد)

Fig.5. Cluster analysis 15 corn inbred line performed with SSI, STI and GMP indices according to the Ward,s minimum variance (data are number of inbred lines)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-18]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.1.4.4]

شامل بقیه لاین‌هایی که کمترین مقادیر برای شاخص‌های تحمل را داشتند، بود. تجزیه کلاستر به طور گسترده‌ای برای تشریح تنوع ژنتیکی و گروه‌بندی جوامع بر اساس صفات مشابه مورد استفاده قرار گرفته است (Souri *et al.,* 2005; Karami *et al.,* 2006).

بطور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که از شاخص‌های SSI، STI و GMP می‌توان برای شناسایی لاین‌های خالص ذرت متحمل به تنش گرما استفاده کرد. بدلیل همبستگی مثبت و بسیار بالای شاخص GMP با عملکرد در هر دو شرایط، این شاخص مناسب‌ترین شاخص ارزیابی شد. بنابراین لاین‌های ۱۰، ۸ و ۴ متحمل به گرما و دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط محیطی بودند. نتایج بدست آمده از روش ترسیمی سه بعدی و روش بای پلات برای گزینش لاین‌های خالص با عملکرد بالا و متحمل به گرما با استفاده از شاخص‌ها، مؤید یکدیگر بود. کاربرد نمودار سه بعدی به لحاظ سادگی کار در مقایسه با روش بای پلات که از طریق تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صورت می‌گیرد، بیشتر است. اما استفاده از روش بای پلات وقتی که سهم مؤلفه‌های اول و دوم در توجیه تغییرات زیاد باشد، اطلاعات مفیدی را ارائه می‌دهد. نمودار درختی حاصل از تجزیه خوشه‌ای لاین‌های خالص شماره ۱۰ و ۸ را به عنوان متحمل‌ترین لاین ها نسبت به گرما نشان داد. با توجه به نتایج بدست آمده از روش ترسیمی سه بعدی، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه خوشه‌ای به نظر می‌رسد که لاین‌های خالص شماره ۱۰ و ۸ برای کشت در استان خوزستان مناسب تر هستند.

منابع مورد استفاده

References

Ahmadzadeh, A. 1997. Determination of the best drought tolerance index in selected maize (*Zea mays* L.) lines. M.Sc. Thesis. Tehran. Univ. pp. 238. (In Persian with English abstract).

Arzani, A. 2001. Breeding field crops. Isfahan University of Technology Publication. pp. 606. (In Persian).

Barzegari, M. and J. Ghasemi Ranjbar. 2001. Study and selection in corn different germplasms for tolerance to heat stress. Research Report. Safiabad Research Center Publication. pp. 30. (In Persian).

Blum, A. 1979. Genetic improvement of drought resistance in crop plants: A case of sorghum. Pp. 429-445. In: Mussell, H., and Staples, R. C.(eds). Stress Physiology in Crop Plants, Wiley Inter. Sci. New York.

Boyer, J. S. 1982. Plant productivity and the environment. Science. 218: 443-448.

Fernandez, G. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Pp. 257-270. In: Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops In Temperature and Water Stress. Taiwan.

Fischer, R. A. 1986. Physiological limitations to producing wheat in semitropical and tropical environments and possible selection criteria. Proc. Inter. Symp. Wheat for Tropical Environments. pp.209-230. CIMMYT/UNDP, Mexico.

Fischer, R. A. and Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yeild response. Aust. J. of Agric. Res. 29: 897-912.

Ghagar Sepanlo, M., H. Siyadat, M. Mirlatifi and S. Kh. Mirnia. 2000. Effect of cutting of irrigation in different growth stages on yield and water use efficiency and comparison some drought tolerance indices in

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-18]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.1.4.4]

four wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. J. of Soil and Water. 12(10): 64-75. (In Persian with English abstract).

Jahan Bin, Sh., Z. A. Tahmasebi Sarvestani and S. A. Modares Sanavi. 2002. Study of some quantitative traits and response hull-less barely genotypes (*Hordeum vulgare* L.) under condition apical heat stress. Iranian J. of Agric. Sci. 4 (4): 265-276. (In Persian with English abstract).

Johnson, C. 2000. Ag answers: post-pollination period critical to corn yeilds. Agricultural Communication Service, Purdue University. pp. 43.

Karami, A. A., M. R. Ghanadha, M. R. Naghavi, and M. Mardi. 2006. Identification drought tolerant varieties in barely (*Hordeum vulgare* L.). Irainian J. of Crop Sci. 37(2): 371-379. (In Persian with English abstract).

Khalili, M., H. Kazemi and M. R. Shakiba. 2004. Evaluation of drought tolerance indices in different growth stages of maize genotypes. The 8th Iranian Crop Protection and Breeding Congress. Aug. 25-27, 2004., Guilan University. Rasht, Iran. pp. 41. (In Persian).

Lauer, J. 2006. Concerns about drought as corn pollination begins. Wiscosin Crop Manager.pp. 21.

Moghadam, A. and M. H. Hadizadeh. 2000. Study on use of compression stress in selection of drought stress tolerance varieties selection in maize (*Zea mays* L.). J. of crop Sci. 2(3): 25-38. (In Persian with English abstract).

Moghadam, A. and M. H. Hadizadeh. 2002. Response of maize (*Zea mays* L.) hybrids and their parental lines to drought using different stress tolerance indices. Seed and Plant. 18(3): 255-272. (In Persian with English abstract).

Rezaeizad, A. 2007. Response of some sunflower genotypes to drought stress using different stress tolerance indices. Seed and Plant. 23(1): 43-58. (In Persian with English abstract).

Robinson, J. P. and S. A. Harris. 1999. Amplified fragment length polymorphisms and microsatellites a phenotic prespective. Crop Sci. 44:677-685.

Rosielle, A. A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci. 21:943-946.

Sanjeri, A. Gh. 1998. Evaluation of drought stress tolerance indices in wheat (*Triticum aestivum* L.) lines and varieties yield stability in semi drought region of country. Proceeding of the 7th Iranian Congress of crop Production and Plant Breeding 24-26 Aug. 2002. Seed and Plant Improvement Institue, Karaj, Iran. pp. 243. (In Persian).

Souri, J., H. Dehghani and S. H. Sabaghpour. 2005. Study on pea (*Pisum sativum* L.) genotypes in moisture stress condition. Irainian J. of Agric. Sci. 36(6): 1517-1527. (In Persian with English abstract).

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-18]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.1.4.4]

Evaluation of response of maize (*Zea mays* L.) inbred lines to heat stress under Khuzestan conditions -using stress tolerance indices

Z. Khodarahmpour[1], R. Choukan[2], M. R. Bihamta[3] and E. Majidi Hervan[4]

ABSTRACT

Khodarahmpour, Z, R. Choukan, M. R. Bihamta and E. Majidi Hervan. 2009. Evaluation of response of maize (*Zea mays* L.) inbred lines to heat stress under Khuzestan conditions-using stress tolerance indices**. Iranian Journal of Crop Sciences. 11 (1):40-54 (In Persian).**

Response of maize (*Zea mays* L.) inbred lines to heat stress was evaluated under Khuzestan conditions-using stress tolerance indices. Fifteen maize inbred lines were evaluated in two separate experiments, in two sowing dates, using randomized complete block design (RCBD) with three replications in Shushtar region in the southern part of Iran in 2007 cropping season. Sowing dates were on 06 July 2007 (simulating heat stress condition) and 27 July (non-stress condition). Tolerance indices including; Mean Productivity (MP), Tolerance Index (TOL), Stress Susceptibility Index (SSI), Stress Tolerance Index (STI) and Geometric Mean Productivity (GMP) were calculated. Results showed that theree indices; SSI, STI and GMP were more efficient in identifying the heat tolerant inbred lines. However, based on the results and correlation studies performed GMP was the most suitable index for evaluation of response of maize inbred lines to heat stress. Therefore, this index could be used for identifying of inbred lines with high grain yield in either conditions. According to GMP and STI indices inbred lines No. 10 and 8 were the higher yielding and tolerant to heat.stress. Biplot study clearly divided inbred lines into tolerant and non-tolerant groups. Inbred lines No. 10, 8, 4 and 14 with high grain yield potential and low sensitivity to heat stress were identified as suitable inbred lines for hybrid development in the Khuzestan region. Distrubution of inbred lines in biplot also implies genetic variation among the inbred lines for heat tolerance. Cluster analysis, using tolerance indices; GMP and STI, showed that inbred lines No. 10 and 8 were the most heat tolerant with highest genetic distance from the other inbred lines. In addition, inbred lines No. 4, 14, 13, 15 and 5 also showed greater level of heat tolerance as compared to the other inbred lines.

Key words: Cluster analysis, Heat stress, Inbred lines ,Maize and Tolerance indices.

Received: May, 2008

1- Ph. D. student, Sciences and Research Unit, Islamic Azad University, Trehran, Iran (Corresponding author)
2- Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran
3- Professor, The university of Tehran, Karaj, Iran
4- Professor, Sciences and Research Unit, Islamic Azad University, Trehran, Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-18]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.1.4.4]