"مجله علوم زراعي ايران"

جلد هشتم، شماره ۱، بهار ۱۳۸۵

ارزيابي تحمل به خشكي در لاين‌هاي ذرت دانه‌اي با استفاده از شاخص‌هاي تحمل به تنش خشكي

Evaluation of drought tolerance in grain maize inbred lines using drought tolerance indices

رجب چوكان[۱]، توفيق طاهرخانی[۲]، محمدرضا قنادها[۳] و منوچهر خدارحمی[۴]

چكيده

چوکان، ر.، ت. طاهرخانی، م. ر. قنادها، م. خدارحمی. ۱۳۸۵. ارزیابی تحمل به خشکی در لاین‌های ذرت دانه‌ای با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش خشکی. مجله علوم زراعی ایران. جلد هشتم، شماره ۱، صفحه: ۷۹ تا ۸۹.

شناسايي لاين‌هاي متحمل به خشكي در توليد ارقام هيبريد ذرت كه در شرايط محدوديت آب بتوانند عملكرد قابل قبولي توليد كنند از اهميت خاصي برخوردار است. به اين منظور۲۰ لاين ذرت در سه شرايط آبياري كامل، تنش درمرحله رويشي و تنش درمرحله زايشي در سه آزمايش جداگانه در قالب طرح بلوک هاي كامل تصادفي در سه تكرار در سال ۱۳۸٤ در مزرعه مؤسسه تحقيقات، اصلاح و بذر و نهال مورد بررسي قرار گرفتند. نتايج بررسي با استفاده از شاخص‌هاي مختلف تحمل به خشكي نشان داد كه بر اساس شاخص‌هاي SSI و TOL لاين K3651/1 به عنوان متحمل‌ترين لاين در شرايط تنش درمرحله زايشي و لاين K3615/1 به عنوان متحمل‌ترين لاين در شرايط تنش درمرحله رويشي شناخته شدند. اين دو شاخص ژنوتيپ‌هايي با عملكرد پايين در شرايط عادي و عملكرد بالا در محيط تنش را تعيين می‌كنند. شاخص‌هاي MP، STI، GMP و HarM كه مقادير بالاي آن‌ها نشان‌دهنده تحمل به تنش در ژنوتيپ‌هاي مورد بررسي است، لاين‌هاي K3615/2 (به ترتيب با عملكرد ٤/٧٧، ۲/۷ و ۲/٤۳ تن در هكتار) و K19/1 (به ترتيب با عملكرد ٤/۲۰، ۲/۸۳ و ۲/۵۱ تن در هكتار) را به عنوان لاين‌هاي با عملكرد بالا در هر سه شرايط بهينه، تنش در مراحل رويشي و زايشي تعيين كردند. بابررسي همه شاخص‌ها و با توجه به اينكه بهترين لاين‌ها، لاين‌هايي با عملكرد بالا در شرايط بهينه و حداقل كاهش عملكرد در شرايط تنش است، می‌توان لاين‌هاي K3615/2 (به ترتيب با عملكرد ٤/٧٧ ، ۲/۷۰ و ۲/٤۳ تن در هكتار)، K3640/6 (به ترتيب با عملكرد ٤/٤۰ ،۲/۹۳، ۲/۲۰ تن در هكتار) و K19/1 (به ترتيب با عملكرد ٤/۲۰، ۲/۵۱ و ۲/۸۳ تن در هكتار) را به عنوان مناسب‌ترين لاين‌ها به ترتيب در شرايط بهينه، تنش درمراحل رويشي و زايشي در توليد ارقام هيبريد متحمل به تنش خشكي معرفي كرد.

واژه‌هاي كليدي: ذرت، تنش خشكي، شاخص‌هاي تحمل به تنش خشكي.

تاريخ دريافت: ۸۵/۲/۳۱

۱ـ (مكاتبه كننده) عضو هيأت علمی مؤسسه تحقيقات اصلاح و تهيه نهال و بذر. كرج.

۲ـ دانشجوی كارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد كرج.

۳ـ عضو هيأت علمی دانشكده كشاورزی دانشگاه تهران، كرج.

۴ـ عضو هيأت علمی مؤسسه تحقيقات اصلاح و تهيه نهال و بذر. كرج.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-21]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.1.7.6]

مقدمه

میانگین بارندگی سالیانه ۲۴۰ میلیمتر، ایران را در زمره کشورهای خشک جهان قرار داده است. آب از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و تولیدگیاهان به خصوص در مناطق خشک است. هر سال خسارت زیادی از طریق خشکی در مناطق کشت ذرت به این گیاه وارد می‌شود که بر این اساس تحقیقات زیادی انجام شده است. امام و رنجبر (۱۳۷۹) در بررسی تأثیر تراکم بوته و تنش خشکی در مرحله رشد رویشی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارآیی استفاده از آب در ذرت دانه‌ای نتیجه گرفتند که تنش خشکی وزن ماده خشک، پوشش بلال و قطر بلال را به صورت معنی‌داری کاهش داد و باعث کاهش عملکرد نهایی دانه در واحد سطح شد.

احمدی و همکاران (۱۳۷۹) در بررسی مقاومت به خشکی در هیبریدهای دیررس تجارتی ذرت دانه‌ای در سه رژیم آبیاری نشان دادند که بین هیبریدها از نظر صفات رویشی، مراحل نمو، عملکرد و اجزای آن تنوع قابل ملاحظه‌ای وجود دارد. در این بررسی اکثر صفات مورد بررسی نسبت به شرایط تنش واکنش منفی نشان دادند و بیشترین اثر تنش بر عملکرد دانه بود که ناشی از کاهش تعداد دانه در ردیف، طول بلال و وزن ۵۰۰ دانه بوده است. خلیلی و همکاران (۱۳۸۳) نیز در بررسی و ارزیابی اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجرای عملکرد دانه در هشت ژنوتیپ ذرت دیررس در شرایط بدون تنش و تنش در مرحله زایشی و رویشی نشان دادند که بر اساس شاخص‌های GMP[1]، STI[2] هیبریدهایی با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش، و با استفاده از شاخص SSI[3] هیبریدهایی با میانگین عملکرد بالا در شرایط تنش انتخاب می‌گردند.

مقدم و هادی‌زاده (۱۳۸۱) واکنش هیبریدهای ذرت و لاین‌های والدی آن‌ها به خشکی را با استفاده از شاخص‌های مختلف تحمل به تنش بررسی کردند که نتایج نشان داد از میان چهار شاخص محاسبه شده STI، SSI، TOL[4] و MP[5]، شاخص STI از مزایای بیشتری برای گزینش ارقام مطلوب در شرایط تنش و بدون تنش برخوردار بود. همچنین از میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی، هیبرید SC704 با پتانسیل عملکرد بالا، مناسب شرایط بدون تنش و هیبرید SC704M مناسب شرایط تنش بود. تغییر شرایط محیطی بر هیبرید اخیر تأثیر کمتری نسبت به SC704 داشت. هیبرید SC711 وضعیت بینابین دو هیبرید دیگر در آزمایش را داشت. همبستگی میان هیبریدها و لاین‌های والدی در شرایط عادی منفی و ضعیف بود که با تغییر شرایط به حالت تنش، همبستگی‌ها مثبت و قوی‌تر شد.

در خصوص تأثیر تنش رطوبتی بر سایر گیاهان نیز تحقیقات گسترده‌ای انجام گرفته است. خدام‌بخش و همکاران (۱۳۶۶) در بررسی اثر تنش رطوبتی خاک بر عملکرد و اجزای آن در ارقام سویا نشان دادند که تنش اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه و اجزای آن داشت. در تمام تیمارهای تنش تعدادگره در بوته کاهش یافت و در مرحله رسیدگی تنش باعث کاهش وزن دانه‌ها گردید.

فتح باهری و همکاران (۱۳۷۹) با ارزیابی برخی از شاخص‌های تحمل به خشکی در چند ژنوتیپ جو بهاره همبستگی معنی‌دار بین شاخص STI با شاخص‌های میانگین هارمونیک، MP و GMP در شرایط تنش و بدون تنش گزارش کردند.

شفازاده و همکاران (۱۳۸۳) به منظور بررسی تحمل به تنش خشکی آخر فصل در ژنوتیپ‌های امیدبخش گندم زمستانه و بینابین با استفاده از شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش آزمایشی را به مورد اجرا

1- Geometrical mean productivity
2- Stress tolerance index
3- Stress susceptibility index
4- Tolerance index
5- Mean productivity.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-21]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.1.7.6]

گذاشتند که نتایج نشان داد که رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها برای میانگین حسابی MP، میانگین هندسی GMP و شاخص تحمل به خشکی STI یکسان بود و از طرفی همبستگی مثبت و معنی داری بین این شاخص ها با عملکرد دانه در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی وجود داشت. بنابراین نتیجه‌گیری کردند که سه شاخص مذکور برای ارزیابی تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌های مناسب‌ترند.

قدسی و همکاران (۱۳۸۲) به منظور تعیین حساسیت مراحل نمو گندم نان به تنش رطوبتی و تأثیر آن بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد آزمایشی را در قالب طرح کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال زراعی به اجرا درآوردند. نتایج نشان داد اعمال تنش در هر مرحله از نمو گندم باعث کاهش عملکرد شده و مراحل پرشدن دانه و رشد سریع گندم نسبت به کمبود رطوبت بسیار حساس هستند، هر چند اثر سوء تنش بر عملکرد نزدیک مرحله گرده‌افشانی و در مرحله پنجه‌زنی بیشتر قابل توجه بود.

نادری و همکاران (۱۳۷۷) در بررسی اثر زمان قطع آبیاری و تاریخ برداشت بر عملکرد کمی و کیفی نیشکر واریته CP-57 در خوزستان نشان دادند که در همه تیمارهای قطع آبیاری، خلوص شربت با پیشرفت زمان به شکل بسیار معنی‌دار افزایش یافت. درصد ساکاروز با اندک تفاوتی از روند تغییرات خلوص شربت تبعیت کرد. تفاوت میانگین عملکرد ساقه در تیمارهای آزمایشی معنی‌داری نبود و عملکرد ساکاروز در اثر تأخیر در برداشت محصول به شکل بسیار معنی‌دار افزایش نشان داد. بالاترین میانگین عملکرد ساکاروز به میزان ۱۶/۲۸ تن در هکتار مربوط به تیمار قطع آبیاری سوم یعنی هفتم مهرماه و برداشت محصول ششم یعنی سوم آذرماه بود.

حسین‌پور و همکاران (۱۳۸۲)در بررسی برخی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک مؤثر بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های گندم در شرایط کم آبیاری نتیجه گرفتند که بیشترین سرعت رشد محصول در مرحله گرده‌افشانی مربوط به ژنوتیپ‌های Dovin-1 و Desconcido-7 و کمترین سرعت رشد محصول در مرحله گرده‌افشانی مربوط به ژنوتیپ‌های "Mays 74"s ، "Kvz/Bjy"s بود.

پلات (Plaut, 1995) گزارش کرد که عدم آبیاری در مرحله گلدهی و تشکیل بلال در ذرت تأثیر بیشتری بر کاهش عملکرد در مقایسه با سایر مراحل دارد. با این وجود، کاهش کم و یکنواخت آب در طی تمام مراحل رشد به طور معنی‌داری باعث خسارت کم در تولید دانه می‌شود ولو اینکه مقدار کل آب مصرفی مشابه مرحله عدم آبیاری کامل باشد.

چپمن و همکاران (Chapman *et al.*, 1997) نتیجه گرفتند که در مناطق گرمسیری عملکرد ذرت یکساله در نتیجه خشکی به طور متوسط در حدود ۱۷٪ کاهش می‌یابد، اما بسته به شدت و زمان وقوع خشکی این کاهش عملکرد به ۸۰٪ هم می‌رسد. اگر خشکی در آخر فصل اتفاق افتد، ممکن است ژنوتیپ‌های زودرس از خسارت خشکی اجتناب کنند. از آنجا که عملکرد ذرت عمدتاً یک هفته قبل و بعد از گل‌دهی به تنش خشکی حساس‌تر است، صفاتی نظیر فاصله گرده‌افشانی-کاکل‌دهی کوتاه (ASI[1] کوتاه) و تعداد بیشتر بلال در هر گیاه (EPP[2]) می‌توانند در گزینش برای تحمل به این شرایط مفید باشد.

ادمیدز و همکاران (Edmeads *et al.*, 1990) در بررسی اثر خشکی روی ذرت نتیجه گرفتند که تنش آبی قبل از ظهور کاکل باعث کاهش اندازه بلال‌ها می‌شود و این تنش در مرحله گلدهی موجب کاهش دانه‌بندی در بلال می‌شود. تنش آبی روی قابلیت زیستی دانه‌های گرده اثر چندانی نداشته بلکه بیشتر باعث کاهش تعداد دانه‌های گرده‌ای می‌شود که توسط گل تاجی تولید می‌شوند. در این شرایط گل‌های تاجی قادر به پخش

1- Anthesis- silking interval

2- Ear per plant

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-21]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.1.7.6]

دانه‌های گرده نبوده و ظهور گل تاجی نیز ممکن است به طور کامل انجام نگیرد. تنش آبی در مرحله گلدهی باعث تأخیر بیشتر در ظهور کاکل نسبت به ظهور گل‌تاجی و نهایتاً افزایش ASI می‌شود. در تنش‌های شدید ظهور کاکل ممکن است حتی تا بعد از پخش دانه‌های گرده به تعویق بیفتد که منجر به عدم باروری گلچه‌ها و کاهش محصول می‌شود. تأخیر در ظهور کاکل‌ها به علت کافی نبودن آب مورد نیاز جهت طویل شدن سریع سلول‌های تارهای ابریشمی است.

نظر به اهمیت زراعت ذرت در کشور و روند رو به افزایش سطح زیر کشت آن و محدودیت منابع آبی در کشور و اجرای برنامهٔ افزایش تولید ذرت دانه‌ای، این مطالعه جهت بررسی امکان دست‌یابی به لاین‌های متحمل به خشکی به عنوان والدین هیبریدهای پرمحصول و متحمل به خشکی و در نتیجه امکان توسعه کشت این محصول به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج در سال ۱۳۸٤ اجرا گردید. تعداد ۲۰ لاین ذرت در سه آزمایش جداگانه در شرایط آبیاری نرمال، تنش در مرحله رویشی و تنش در مرحله زایشی مورد بررسی قرار گرفتند. هر آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار کشت گردید. زمین مورد نظر در سال قبل آیش بوده و در فصل پاییز شخم نیمه عمیق زده شد. در اوایل فصل بهار یک دیسک سنگین زده شد و سپس توسط ماله تسطیح گردید. کودهای فسفات آمونیوم به مقدار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و اوره به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت مصرف شدند. همزمان با کودپاشی، سم ارادیکان به مقدار ٦ لیتر در هکتار برای کنترل علف‌های هرز استفاده شد. سپس یک دیسک سبک به عمق ۵ الی ۱۰ سانتی‌متر برای مخلوط کردن کود و سم با خاک زده شد. هر لاین در هر کرت در یک ردیف ۲۰ کپه‌ای به فاصله‌ی کپه ۲۰ سانتی‌متر کشت گردید. در هر کپه تعداد ۳ بذر کاشته شد که بعد از جوانه زدن و اطمینان از سبز کامل بوته‌ها، بوته‌های اضافی شامل بوته‌هایی که از نظر ظاهری ضعیف بودند حذف و در هر کپه یک بوته نگهداری شد.کود به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره نیز به صورت سرک در مرحله حدود ۵ برگی شدن بوته‌ها مصرف شد. در آزمایش شرایط آبیاری کامل، آبیاری بر حسب نیاز ظاهری گیاه به طور متوسط هر ۱۰ روز یک بار انجام شد. در آزمایش تنش مرحله رویشی، آبیاری از ابتدای مرحله رشد سریع گیاه تا ابتدای ظهور گل‌تاجی متوقف گردید و پس از آن آبیاری به روش آبیاری نرمال ادامه یافت. در آزمایش تنش در مرحله زایشی، آبیاری از آغاز ظهور نوک گل‌تاجی تا خاتمه دوره گرده‌افشانی قطع شد، و پس از آن به صورت معمول آبیاری انجام شد. در زمان رسیدن پس از برداشت کلیه بلال‌ها، تعداد ۱۰ بلال به طور تصادفی انتخاب و نسبت به جدا کردن دانه‌ها از چوب بلال اقدام شد. سپس وزن دانه‌ها برحسب گرم تعیین و میانگین وزن دانه‌ها در یک بوته محاسبه شد. میزان رطوبت هر نمونه تعیین شد و عملکرد نهایی دانه در بوته بر اساس ١٤ درصد رطوبت تصحیح شد و در هر دو مرحله تنش آبیاری شاخص‌های مربوط به مقاومت به خشکی محاسبه گردید.

نحوه محاسبه شاخص‌ها بدین صورت بود:

$$TOL = Yp - Ys \qquad Mp = \frac{Yp + Ys}{2}$$

$$GMP = \sqrt{Yp \times Ys} \qquad STI = \frac{Yp \times Ys}{(\bar{Y}p)^2}$$

$$SSI = \frac{1 - \frac{Ys}{Yp}}{SI} \qquad Harm = \frac{2\,(Yp \times Ys)}{Yp + Ys} \qquad SI = 1 - \frac{Xs}{Xp}$$

که در این فرمول‌ها TOL = شاخص تحمل، Mp = میانگین حسابی، GMP = میانگین هندسی، STI = شاخص تحمل به خشکی، SSI = شاخص حساسیت به خشکی، Harm = میانگین هارمونیک هستند. Ys عملکرد لاین در شرایط تنش و Yp عملکرد در شرایط

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-21]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.1.7.6]

بهینه، Xs = میانگین عملکرد لاین‌ها در شرایط تنش، Xp = میانگین عملکرد لاین‌ها در شرایط بدون تنش است همچنین درصد تغییر صفات بر اثر تنش به صورت زیر محاسبه گردید.

$$\text{درصد تغییر صفت} = \frac{\text{میزان صفت در شرایط تنش- میزان صفت در شرایط بدون تنش}}{\text{میزان صفت در شرایط بدون تنش}} \times ۱۰۰$$

نتایج و بحث

کلیه شاخص‌های مورد نظر با توجه به فرمول تعریف شده در جداول ۱ و ۲ خلاصه شده است که نتایج آن به شرح زیر می‌باشد:

برای شاخص بهره‌وری متوسط (MP) که میزان بالای عددی این شاخص نشان‌دهنده تحمل نسبی به تنش است، لاین‌های K3615/2 و K19/1 و K3640/6 به ترتیب با عملکرد ۲/۴۳، ۲/۸۳ و ۲/۲۰ تن در هکتار به عنوان لاین‌های متحمل به تنش در مرحله زایشی تعیین شدند. بر اساس این شاخص، لاین‌های K3615/2، K3640/6، K193/4-3-3-2-3، K3615/1، B73rfc و K19/1 به ترتیب با عملکرد ۲/۷۰، ۲/۹۳، ۳/۰۷، ۳/۰۷، ۱/۹۱ و ۲/۵۱ تن در هکتار، به عنوان لاین‌های متحمل در شرایط تنش رویشی تعیین شدند. نتایج نشان داد که لاین‌های K3615/2 به ترتیب با عملکرد ۴/۷۷، ۲/۴۳، ۲/۷۰ تن در هکتار و K19/1 به ترتیب با عملکرد ۴/۲۰، ۲/۸۳، ۲/۵۱ تن در هکتار و K3640/6 به ترتیب با عملکرد ۴/۴۰، ۲/۲۰، ۲/۹۳ تن در هکتار به عنوان لاین‌های متحمل در هر سه شرایط آبیاری کامل، تنش در مرحله زایشی و تنش در مرحله رویشی بودند. مقایسه دو لاین K3640/6 و K193/4-3-3-2-3 در شرایط تنش در مرحله زایشی نشان داد که عملکرد در شرایط تنش لاین K193/4-3-3-2-3 بالاتر از لاین K3640/6 بود ولی شاخص MP آن پایین‌تر بود. در شرایط تنش در مرحله رویشی از مقایسه لاین B73rfc با K3640/5-1 مشاهده می‌شود، که علیرغم بالاتر بودن عملکرد در شرایط تنش، این شاخص لاین K3640/5-1 را متحمل تشخیص نداده است. علت را می‌توان بالاتر بودن عملکرد لاین‌های K3640/6 و B73rfc در شرایط بدون تنش دانست که باعث بالا رفتن شاخص MP شده است. بنابراین شاخص MP در گزینش لاین‌هایی که دارای عملکرد بالا در شرایط تنش هستند مناسب نیست (Fernandez, 1992). یک شاخص مناسب برای گزینش آن است که منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش گردد (مقدم و هادی‌زاده، ۱۳۸۱). احمدزاده (۱۳۷۶) گزارش کرد که شاخص MP در شناسایی لاین‌های پرمحصول و متحمل به خشکی ذرت مطلوب است.

بر اساس شاخص میانگین هارمونیک (HarM) از میان ۲۰ لاین مورد بررسی لاین‌های K3615/1 و K19/1 به ترتیب باعملکرد ۱/۴۴ و ۲/۸۳ تن در هکتار به عنوان لاین‌های متحمل به تنش در مرحله زایشی و لاین‌های K3615/2، K3640/6، K193/4-3-3-2-3، K3615/1 و K19/1 به ترتیب با عملکرد ۲/۷۰، ۲/۹۳، ۳/۰۷، ۳/۰۷ و ۲/۵۱ تن در هکتار به عنوان لاین‌های متحمل به شرایط تنش در مرحله رویشی شناسایی شدند. لازم به توضیح است که مقادیر بالای عددی این شاخص نشان‌دهنده تحمل نسبی لاین‌ها است.

برای شاخص تحمل به تنش (STI)، مقادیر بالای شاخص نشان‌دهنده تحمل لاین‌ها است، لاین‌های K3640/6 و K19/1 به ترتیب با عملکرد ۲/۲۰ و ۲/۸۳ تن در هکتار در شرایط تنش مرحله زایشی و لاین‌های K3615/2 و K3640/6 و K193/4-3-3-2-3 به ترتیب با عملکرد ۲/۷۰، ۲/۹۳ و ۳/۰۷ تن در هکتار به عنوان لاین‌های متحمل به تنش در مرحله رویشی شناسایی شدند. چون شاخص STI حاصلضرب دو کمیت ($Ys \times Yp$) است و به دلیل خاصیت ضرب اعداد ممکن است برای جفت‌هایی از اعداد که با یکدیگر تفاوت ماهوی دارند، مربع میانگین هندسی یکسان باشد

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-21]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.1.7.6]

(نـادری و همکـاران، ۱۳۷۸). بنـابراین ممکـن اسـت لاین‌های شناسایی شـده لاین‌هـای متحمـل نباشـند زیـرا امکان دارد لاینـی دارای عملکـرد بـالا در شـرایط بـدون تنش ولی دارای عملکـرد پـایین در شـرایط تـنش باشـد. بنابراین این شاخص زمانی قابل اعتماد است که ژنوتیـپ دارای عملکرد بالا در شرایط تنش نیز باشد. همانند لاین K193/4-3-3-2-3 کـه در تـنش رویـشی شـاخص STI کمتـری نـسبت بـه لاین‌هـای K3640/6 ,K3615/2 دارد ولـی بـا توجـه بـه عملکـرد در شـرایط تـنش ایـن لایـن را مـی‌تـوان بـه عنـوان لایـن متحمـل شناسـایی کرد.

در شاخص حساسیت به تـنش (SSI) مقـادیر عـددی پایین نشان‌دهنده تحمل بالای لاین‌ها است. با استفاده از این شاخص لاین‌های K3640/5-1 و K19/1 به ترتیب با عملکرد ۲/۰۷ و ۲/۸۳ تن در هکتار به عنـوان لاین‌هـای متحمل بـه شـرایط تـنش در مرحلـه زایـشی و لاین‌هـای K193/4-3-3-2-3 و K3615/1 به ترتیب با عملکـرد ۳/۰۷ و ۳/۰۷ تـن در هکتـار بـه عنـوان لایـن‌هـای متحمـل در شرایط تنش مرحله رویشی شناسـایی شـدند. در محاسـبه این شاخص یک جزء بـه نـام SI وجـود دارد کـه بـه آن سختی محیط یا شدت تنش می‌گویند و هر چه این جـزء بزرگ‌تر باشد شاخص SSI کـوچکتر مـی‌شـود (مقـدم و هادی‌زاده، ۱۳۸۱). محاسبه SI در کل لایـن‌هـا نـشان داد که شدت تنش در شرایط تنش در مرحلـه زایـشی بیـشتر بـوده اسـت. در شـاخص SSI عـلاوه بـر میـزان عملکـرد لاین‌ها در شرایط تنش، تغییر یا آسیب وارده بـه لایـن‌هـا در اثر تنش نیز مد نظر قرار می‌گیرد. بدین معنی که اگـر لاینی در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای عملکرد بالاتری باشد اما درصد تغییر زیادی نشان دهد بـه عنـوان لاین متحمل شناسایی نمـی‌شـود، بـه عنـوان مثـال، لایـن K3640/6 که در شـرایط تـنش در مرحلـه رویـشی دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بـدون تـنش اسـت، ولی به علت درصد تغییـر زیـاد بـه عنـوان لایـن متحمـل شناسایی نشده است.

در شـاخص تحمـل (TOL) مقـادیر عـددی پـایین نشان‌دهنده تحمل نسبی لاین‌ها است. گروه‌بندی لاین‌هـا بـا اسـتفاده از ایـن شـاخص نـشان داد کـه لایـن‌هـای K3640/5-1 و Mo17 و K3651/1 بـه ترتیـب بـا عملکـرد ۲/۰۷، ۱/۲۹ و ۱/٦٤ تـن در هکتـار بـه عنـوان لایـن‌هـای متحمل به تنش در مرحله زایشی ولاین‌های K3640/5-1، K193/4-3-3-2-3، K3615/1 به ترتیب بـا عملکـرد ۲/۳۱، ۳/۰۷، ۳/۰۷ تن در هکتار را به عنوان لاین‌های متحمل به شرایط تنش در مرحله رویشی شناسایی گردیدنـد. لایـن K3640/5-1 به ترتیب با عملکـرد ۲/۹۳، ۲/۰۷، ۲/۳۱ تـن در هکتار در هـر سـه شـرایط و لایـن بهینـه K3615/1 بـه ترتیب با عملکرد ۳/٤۷، ۲، ۳/۰۷ تن در هکتار در هر سه شرایط به عنوان لاین‌های متحمل در هر سه شرایط یعنـی بدون تـنش، تـنش در مرحلـه زایـشی و تـنش در مرحلـه رویشی شناسایی شدند. با بررسی عملکرد لاین‌ها در هر دو شرایط تنش و بدون تنش مشخص شـد کـه شـاخص TOL در گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در شـرایط تنش موفق بوده است ولی در گزینش ژنوتیـپ‌هـایی کـه در هـر دو محـیط تـنش و بـدون تـنش دارای عملکـرد مناسب باشند، موفق نبود. در واقع شاخص TOL به نوعی تغییـر حاصـل از شـرایط تـنش را بیـان مـی کنـد. یعنـی لاین‌هایی که دارای شاخص TOL پایینی هستند تغییـرات کمتری نشان می‌دهند، وبـرعکس. نکتـه دیگـر در مـورد این شاخص این است که پایین بودن TOL الزاماً به معنی بالا بودن عملکـرد در شـرایط بـدون تـنش نیـست، بلکـه ممکن است عملکرد یـک لایـن در شـرایط بـدون تـنش پایین باشد و در شرایط تنش نیز بـا افـت کمتـری همـراه باشد، که این باعث کوچک ماندن TOL می‌شود (مقدم و هادی‌زاده، ۱۳۸۱).به عنوان مثال لاین K193/4-3-3-2-3 که در شرایط تـنش در مرحلـه رویـشی، بـه نـسبت سـایر لاین‌ها دارای عملکرد پایین‌تری در شـرایط بـدون تـنش بود اما بـه دلیـل افـت انـدک عملکـرد در شـرایط تـنش براساس، این شاخص بـه عنـوان لایـن متحمـل شناسـایی شد.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-21]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.1.7.6]

برای شاخص میانگین هندسی(GMP) با توجه به اینکه مقادیر عددی بالا نشان‌دهنده تحمل نسبی است، لاین‌های K3615/2 و K19/1 به ترتیب با عملکرد ۲/۴۳ و ۲/۸۳ تن در هکتار به عنوان لاین‌های متحمل در شرایط تنش درمرحله زایشی ولاین‌های K3615/1، K3640/5-1، K3640/6 و K19/1 به ترتیب با عملکرد ۳/۰۷، ۲/۳۱، ۲/۹۳، ۲/۵۱ تن در هکتار را به عنوان لاین‌های متحمل در شرایط تنش در مرحله رویشی شناسایی شدند.

در جدول ۳ درصد تغییرات ناشی از شرایط تنش برای کلیه صفات نشان داده شده است. با توجه به مقادیر به دست آمده برای صفات مشاهده می‌شود که بالاترین آسیب یا تغییر متعلق به صفت تعداد دانه سقط شده با ٤٨٣/٢٦- درصد تغییر و کمترین آسیب متعلق به صفت تمام شدن گرده‌افشانی با۰/۳٤ درصد تغییر در شرایط آزمایش تنش درمرحله رویشی است. در شرایط آزمایش تنش در مرحله زایشی نیز بالاترین تغییر یا آسیب متعلق به صفت تعداد دانه سقط شده با ٤٩٨/٠٧- و کمترین تغییر متعلق به صفت طول پدانکول گل‌تاجی با ۰/٤٤ است.

به طور کلی واکنش گیاهان زراعی و ارزیابی آن‌ها برای عملکرد بهینه در شرایط محیطی متنوع وابسته به توانایی متفاوت آن‌ها در استفاده از شرایط محیطی است. این امر از طریق تنظیم اجزای عملکرد و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به هنگام بروز شرایط مطلوب و نامطلوب در هر مرحله از رشد و نمو گیاه امکان‌پذیر است (Entz and Flower, 1990). بر این اساس نادری و

جدول ۱- شاخص‌های تحمل به خشکی محاسبه شده برای لاین‌های ذرت در شرایط تنش خشکی در مرحله زایشی

Table 1. Drought tolerance indices for grain maize inbred lines in reproductive stage under drought stress

	HarM	SSI	STI	GMP	MP	TOL	Ys	Yp
N160	1.57	1.40	0.29	1.88	2.27	2.53	1.01	3.54
A679	2.17	0.74	0.41	2.23	2.29	1.07	1.76	2.83
K1263/14-2	1.98	1.09	0.38	2.14	2.32	1.79	1.43	3.22
K3615/2	3.21	0.96	0.95	3.40	3.60	2.34	2.43	4.77
K3547/5	2.08	0.97	0.40	2.20	2.34	1.54	1.57	3.11
K3547/4	2.27	0.79	0.45	2.35	2.43	1.23	1.82	3.05
K3640/5	1.73	1.30	0.32	1.99	2.30	2.28	1.16	3.44
K3640/5-1	2.42	0.57	0.50	2.46	2.50	0.86	2.07	2.93
K3640/6	2.93	0.98	0.79	3.11	3.30	2.20	2.20	4.40
K3640/7	1.74	1.31	0.33	2.01	2.34	2.36	1.16	3.52
K3640/10	2.14	0.87	0.41	2.23	2.33	1.33	1.67	3
K3651/1	1.95	0.62	0.32	1.98	2.02	0.77	1.64	2.41
K3651/2	2.47	0.95	0.56	2.60	2.57	1.77	1.87	3.64
K193/4-3-3-2-3	2.78	0.81	0.68	2.88	2.99	1.56	2.21	3.77
KLM76011/1-12-2-1-1-1	1.83	0.84	0.30	1.90	1.98	1.09	1.44	2.53
K3615/1	2.53	0.83	0.57	2.63	2.73	1.47	2	3.47
K18	1.87	1.44	0.43	2.30	2.83	3.26	1.19	2.45
MO17	1.60	0.76	0.22	1.64	1.70	0.82	1.29	2.11
B73rfc	1.75	1.47	0.39	2.19	2.74	3.29	1.10	4.39
K19/1	3.38	0.64	0.98	3.44	3.51	1.37	2.83	4.20

GMP=Geometrical Mean Productivitry SSI=Stress Susceptibility Index
STI=Stress Tolerance Index MP=Mean Productivity
Yp=Yield potentioel TOL=Tolerance Index
Ys= Yield stress HarM=Harmonic mean

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-21]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.1.7.6]

همکاران (۱۳۷۸) ضرورت تغییر شاخص‌های موجود را با حفظ دو ویژگی پایداری و میانگین عملکرد بالا مورد تأکید قراردادند. آن‌ها در بررسی خود با توجه به احتمال بروز شرایط مطلوب و نامطلوب در سال‌های مختلف در هر منطقه ضریبی را برای تصحیح شاخص فرناندز (Fernandez,1992) پیشنهاد کردند، که به اعتقاد آن‌ها قادر به گزینش ژنوتیپ‌های سازگار با عملکرد بالا برحسب احتمال بروز شرایط مطلوب و نامطلوب بود. براساس کلیه شاخص‌ها، لاین‌های K3615/2، K3640/6 و K19/1 به عنوان لاین‌های متحمل به خشکی در هر سه شرایط آبیاری شناسایی شدند. با توجه به اینکه بهترین لاین‌ها، لاین‌های با عملکرد بالا در شرایط بهینه و حداقل کاهش عملکرد در شرایط تنش است، می‌توان لاین‌های K3615/2 (به ترتیب با عملکرد ۴/۷۷، ۲/۷۰ و ۲/۴۳ تن در هکتار)، K3640/6 (به ترتیب با عملکرد ۴/۴۰، ۲/۲،۲۰/۹۳ تن در هکتار) و K19/1 (به ترتیب با عملکرد ۴/۲۰، ۲/۵۱ و ۲/۸۳ تن در هکتار) را به ترتیب در شرایط بهینه، تنش درمراحل رویشی و زایشی به عنوان مناسب‌ترین لاین‌ها در تولید ارقام هیبرید متحمل به تنش خشکی معرفی کرد. با توجه به هدف نهایی در تولید ارقام متحمل به خشکی و نوع و زمان وقوع تنش در مناطق مختلف می‌توان لاین‌های K3615/2، K19/1 و K193/4-3-3-2-3 را برای ایجاد ارقام مقاوم به تنش خشکی در مرحله رویشی و لاین‌های K3615/2 و K19/1 را برای ایجاد ارقام مقاوم به تنش در مرحله زایشی معرفی کرد.

جدول ۲- شاخص‌های تحمل به خشکی محاسبه شده برای لاین‌های ذرت در شرایط تنش خشکی در مرحله رویشی

Table 2. Drought tolerance indices for grain maize inbred lines in vegetative stage under drought stress

Inbred lines	HarM	SSI	STI	GMP	MP	TOL	Ys	Yp
N160	1.60	1.45	0.30	1.91	2.29	2.50	1.04	3.54
A679	1.48	1.32	0.23	1.68	1.92	1.82	1.01	2.83
K1263/14-2	2.14	1.02	0.42	2.27	2.41	1.61	1.61	3.22
K3615/2	3.44	0.89	1.06	3.58	3.72	2.07	2.70	4.77
K3547/5	2.03	1.05	0.38	2.16	2.31	1.60	1.51	3.11
K3547/4	2.48	0.64	0.52	2.52	2.57	0.95	2.10	3.05
K3640/5	1.33	1.56	0.23	1.68	2.13	2.61	0.83	3.44
K3640/5-1	2.58	0.43	0.55	3.6	2.62	0.62	2.31	2.93
K3640/6	3.51	0.68	1.06	3.59	3.66	1.47	2.93	4.40
K3640/7	2.73	0.84	0.65	2.80	2.88	1.28	2.24	3.52
K3640/10	1.63	1.29	0.27	1.83	2.06	1.88	1.12	3
K3651/1	1.86	0.76	0.30	1.91	1.96	0.89	1.52	2.41
K3651/2	2.17	1.18	0.46	2.37	2.59	2.09	1.55	3.64
K193/4-3-3-2-3	3.38	0.38	0.95	3.40	3.42	0.70	3.07	3.77
KLM76011/1-12-2-1-1-1	1.44	1.23	0.21	1.59	1.77	1.52	1.01	2.53
K3615/1	3.25	0.23	0.87	3.26	3.27	0.40	3.07	3.47
K18	1.92	1.49	0.45	2.33	2.84	3.23	1.23	2.45
MO17	0	2.05	0	0	1.05	2.11	0	2.11
B73rfc	2.66	1.16	0.69	2.89	3.15	2.48	1.91	4.39
K19/1	3.14	0.82	0.87	3.24	3.35	1.69	2.51	4.20

GMP=Geometrical Mean Productivitry
MP=Mean Productivity
TOL=Tolerance Index
HarM=Harmonic mean
SSI=Stress Susceptibility Index
STI=Stress Tolerance Index
Yp=Yield potentioel
Ys= Yield stress

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-21]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.1.7.6]

جدول ۳- ثر تنش خشکی در مراحل رشدی متفاوت بر صفات مختلف لاین‌های ذرت دانه‌ای

Table 3. Effect of drought stress in different growth stage on different traits of grain maize inbred lines

تغییر Variation (٪)	میانگین Mean		تغییر Variation (٪)	میانگین Mean		صفت Trait	
	تنش مرحله زایشی Reproductive stage stress	نرمال Normal		تنش مرحله رویشی Vegetative stage stress	نرمال Normal		
-7.66	9.69	9	- 6	9.54	9	Germination	جوانه زدن
0.75	73.59	74.15	-3.52	76.77	74.15	Silking	ظهور کاکل
1.08	68.20	68.95	-0.63	69.38	68.95	Tasseling	ظهور گل‌تاجی
1.89	71.36	72.74	0.49	72.38	72.74	Pollination	گرده‌افشانی
2.28	79.05	80.90	0.32	80.62	80.90	End of pollen	خاتمه گرده
3.05	89.17	91.98	-7.12	98.93	91.98	Silk dry	خشک شدن کاکل
3.25	117.96	121.9	-1.87	124.21	121.93	Physiological maturity	رسیدن فیزیولوژیک
1.71	71.28	73.52	3.72	69.82	73.52	Ear leaf length	طول برگ بلال
-2.27	9.01	8.81	-2.04	8.99	8.81	Ear leaf width	عرض برگ بلال
-6.23	13.12	12.35	-20.81	14.92	12.35	Leaf No.	تعداد برگ
-2.11	36.76	36	11.30	31.93	36	Flag leaf length	طول برگ پرچم
0.99	4.97	5.02	7.17	4.46	5.02	Flag leaf width	عرض برگ پرچم
9.10	185.79	204.4	25.34	152.59	204.40	Flag leaf area	سطح برگ پرچم
0.44	38.42	38.59	15.70	32.53	38.59	Peduncle lenth	طول پدانکل
-2.05	15.39	15.08	-9.74	16.55	15.08	Peduncle length out of leaf	پدانکل خارج برگ
-1.08	38.22	37.81	16.05	31.74	37.81	Tasssel main axis length	طول محور گل‌تاجی
-18.62	29.04	24.48	14.05	21.04	24.48	Length of main axis above upper side branch	طول محور گل تاجی بالای انشعاب
-11.43	12.08	10.84	13.28	9.40	10.84	Tassel branch No.	تعداد انشعابات گل‌تاجی
15.45	13.40	15.85	-100.82	31.83	15.85	Ear length	طول بلال
-498.07	31.10	5.20	-483.26	30.33	5.20	Aborded kernel No.	تعداد دانه سقط شده
33.89	162.37	246	9.36	222.97	246	1000 Kernel weight	وزن هزار دانه
16.61	26.20	31.42	41.15	18.49	31.42	Kernel/ ear row	دانه در ردیف بلال
4.14	16.21	16.91	19.63	13.95	16.91	Rows/ ear	ردیف دانه در بلال
4.42	14.26	14.92	2.68	14.52	14.92	Moisture %	درصد رطوبت
45.41	1.13	4.28	47.82	2.36	4.28	Ear diameter	قطر بلال
15.11	0.73	0.86	25.58	0.64	0.86	Kernel depth	عمق دانه
51	1.70	3.47	48.41	1.79	3.47	Yield t/ha	عملکرد تن در هکتار

سپاسگزاري

از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به ویژه بخش تحقیقات ذرت و گیاهان علوفه‌ای به خاطر در اختیار گذاشتن امکانات این تحقیق و همچنین از آقای مهندس معینی که در تمام مراحل اجرای این تحقیقات ما را یاری کرده‌اند و همچنین ازآقای مصطفی طاهرخانی بابت تایپ مقاله کمال تشکر و قدردانی را داریم.

منابع مورد استفاده References

احمدزاده، الف. ۱۳۷٦. تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی در لاین‌های برگزیده ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران. ص ۲۳۸.

احمدي، ج.، ح. زينالي خانقاه، م. رستمي و ر. چوگان. ۱۳۷۹. بررسی مقاومت به خشکی در هیبریدهای دیررس تجارتی ذرت دانه‌ای. مجله علوم کشاورزی ایران شماره ٤ ص ۹۰٦ -۸۹۱.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-21]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.1.7.6]

امام، ي.، و غ. رنجبر. ۱۳۷۹. تأثیر تراکم بوته و تنش خشکی در مرحله رشد رویشی بر عملکرد و اجزای عملکرد و کارآیی استفاده از آب بر ذرت دانه‌ای. مجله علوم زراعی ایران، جلد ۲ شماره ۳ ص ٦٢- ۵۰.

حسین‌پور، ط.، ع. سیادت. ر. مامقاني، و م. رفیعي. ۱۳۸۲. بررسی برخی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک مؤثر بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های گندم تحت شرایط کم آبیاری، مجله علوم زراعی ایران، جلد ۵ شماره ۱ ص ٣٦-۲۳.

خدام بخش، م.، م. کریمي، و هـ. موسوي. ۱۳٦٦. اثرات تنش رطوبتی خاک بر عملکرد و اجرای عملکرد اجزای سویا. مجله علوم کشاورزی ایران. شماره ۱ و ۲ ص ۶۱ -۵۱.

خلیلي، م.، هـ. کاظمي، م. مقدم، و م. شکیبا. ۱۳۷٦. ارزیابی شاخص‌های مقاومت به خشکی در مراحل مختلف رشد ژنوتیپ‌های دیررس ذرت. هشتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، رشت. ص ۴۱.

شفازاده، م.، ا. یزدان سپاس، ا. امیني، و م. قنادها. ۱۳۸۳. بررسی تحمل به تنش خشکی آخر فصل در ژنوتیپ‌های امیدبخش گندم زمستانه و بینابین با استفاده از شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش، مجله نهال و بذر، جلد ۲۰ شماره ۱ ص ۷۱-۵۷.

فتح باهري، س.، ع. جوانشیر، هـ. کاظمي، و س. اهري زاد. ۱۳۸۲. ارزیابی برخی از شاخص‌های تحمل به خشکی در چند ژنوتیپ جو بهاره. مجله دانش کشاورزی، جلد ۱۳ شماره ۳ ص ۱۰۵-۹۵.

قدسي، م.، م. چایچي، م. جلال کمالي، و د. مظاهري. ۱۳۸۳. تعیین حساسیت مراحل نمو گندم نان به تنش رطوبتی و تأثیر آن بر عملکرد و اجزای عملکرد، مجله نهال و بذر، جلد ۲۰ شماره ٤ ص۵۰۹-٤٨٩.

مقدم، ع. و و. هادي زاده. ۱۳۸۱. عکس‌العمل هیبریدهای ذرت و لاین‌های والدی آن‌ها به خشکی با استفاده از شاخص‌های مختلف تحمل به تنش. مجله نهال و بذر، جلد ۱۸ شماره ۳ ص ۲۷۲-۲۵۵.

نادري، ا.، ا. مجیدي هروان، ا. هاشمي دزفولي، ع. رضایي، و ق. نورمحمدي. ۱۳۷۸. تحلیل کارآیی شاخص‌های ارزیابی‌کننده تحمل گیاهان زراعی به تنش‌های محیطی و معرفی یک شاخص جدید. نهال و بذر شماره ۱۵ ص ۴۰۲-۳۹۰.

نادري، ا.، ا. هاشمي دزفولي، ر. شکراني، و ع. رضایي. ۱۳۷۷. اثرات زمان قطع آبیاری و تاریخ برداشت بر عملکرد کمی و کیفی نیشکر واریته CP-57 در خوزستان، مجله علوم زراعی ایران، جلد ۱ شماره ۱ ص ۱۹- ۱۳.

Chapman, Sc., J. Crossa., KE. Basford and Pm. Kroonenberg. 1997. Genotype by environment effects and selection for droght tolerance maize. II. Three-mode pattern analysis. Euphytica. 95:1, 11-20.

Edmeads, G. O., J. Bolanos, and H. R. Laffitte. 1990. Selection for drought tolerance in maize adapted to the lowland tropics, d. f. Mexico, CIMMYT.

Entz, M. H. and D. B. Flower. 1990. Differential agronomic response of winter wheat cultivers to preanthesis environmental stress. Crop Scince 30: 1119-1123.

Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Pp. 257-270. In: Kuo, C. G. (ed). Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops to Temperature and Waters stress. Taiwan .

Plaut, Z. 1995. Sensitivity of crop plants to water stress at specific development stages: reevaluation of experimental findings. Israel. Journal of plant Sci. 43:2, 99-111.

Yanan, L., Z. Menggian., YN. Liu and MQ. Zeng. 1995. Analysis of drought resistance in 10 maize hybrids in China. Acta agriculturale Boreali Sinica. 10:1, 45-50 .

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-21]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.1.7.6]

Evaluation of drought tolerance in grain maize inbred lines using drought tolerance indices

Choukan, R.[1], T. Taherkhani[2], M. R. Ghannadha[3] and M. Khodarahmi[4]

Abstract

To study drought tolerance in inbred lines is an important task in development of maize hybrids with acceptable yield in moisture limited conditions. Twenty maize inbred lines were evaluated in three moisture conditions, normal irrigation, moisture stress in vegetative and reproductive stages, in three separate experiments, using randomized compelet block design with three replications, in experimental field of Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran in 2005 cropping season. Results using TOL and SSI indexes revealed that K3651/1 and K3615/1, as tolerant inbred lines under stress conditions in reprodutive and vegetative stages respectively. These two indexes identify genotypes with low yield under normal and high yield under stress conditions. The higher value of MP, STI, GMP and Harm indexes indicate the tolerance of genotypes under consideration. K3615/2 (with 4.770, 2.700 and 2.430 t/ha) and k19/1 (with 4.200, 2.830 and 2.510 t/ha) under normal, stress conditions in vegetative and reproductive revealed as the high yielding lines underthree moisture conditions.

Key words: Maize, Drought stress, tolerance indices, inbred line.

Received, April, 2006

1- (Corresponding author) Faculty member, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran.
2- Bost-graduate student, Islamic Azad University. Unit of Karaj, Karaj, Iran.
3- Member of scientific board, Tehran University, Karaj.
4- Faculty member, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-21]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.1.7.6]