"مجله علوم زراعی ایران"
جلد نهم، شماره ۳، پائیز ۱۳۸٦

# مطالعه شاخص های انتخاب برای تحمل به خشکي در تعدادی از هیبریدهای ذرت دانه ای
# Study of selection indices for drought tolerance in some of grain maize hybrids

عباس جعفری[۱]، رجب چوکان[۲]، فرزاد پاک نژاد[۳] وعباس پور میدانی[۴]

## چکیده

**جعفری، ع.، ر. چوکان، ف. پاک نژاد و ع. پورمیدانی.** ۱۳۸۶. مطالعه شاخص های انتخاب برای تحمل به خشکي در تعدادی از هیبریدهای ذرت دانه ای. **مجله علوم زراعی ایران.** ۹ (۳): ۲۱۲-۲۰۰.

**به منظور شناسایي هیبریدهای ذرت دانه ای متحمل به تنش خشکي، این پژوهش در سال زراعي ۱۳۸۵ در نزدیکی شهرک شکوهیه در استان قم در منطقه ای نیمه خشک و معتدل، اجرا گردید. در این تحقیق ۲۰ هیبرید ذرت در قالب دو آزمایش جداگانه و با استفاده از طرح بلوک کامل تصادفی، در چهار تکرار در شرایط آبیاری معمول (آبیاری بعد از تخلیه ۳۰ درصد آب قابل دسترس) و تنش خشکي (آبیاری بعد از تخلیه ٦۰ درصد آب قابل دسترس) مورد بررسي قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه و اجزای عملکرد در شرایطآبیاری معمول وتنش خشکي وجود تنوع در بین هیبریدها را نشان داد. بیشترین عملکرد دانه را در شرایط نرمال و تنش به ترتیب هیبریدهای BC504 و BC652 داشتند. هیبریدهای BC678 و NS504 به ترتیب کمترین عملکرد را در شرایط نرمال و تنش داشتند. برای ارزیابي تحمل هیبریدها به تنش از شاخص های** حساسیت به تنش (SSI)، میانگین هارمونیک (Harm)، تحمل(TOL)، بهره**وری** متوسط (MP)، تحمل به تنش (STI) **و** میانگین هندسي بهره**وری** (GMP) **استفاده گردید.** با **بررسي** شاخص های **انتخاب برای تحمل به خشکي هیبریدهای** BC504، BC652، BC404، KSC302،KSC320 **و** KSC647 به **عنوان هیبرید** های متحمل به تنش معرفي شدند. شاخص های STI، MP، GMP **و** Harm مناسب**ترین شاخص ها برای کاربرد در برنامه به نژادی ذرت معرفي** شدند. شاخص های **مذکور** بیشترین همبستگي **را با عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش خشکي داشتند.**

**واژه های کلیدی:** ذرت، هیبرید، تنش خشکي، شرایط نرمال، شاخص های تحمل، عملکرد دانه

تاریخ دریافت: ۱۳۸٦/٦/۱٤

۱ –دانشجوی سابق کارشناسي ارشد اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامي واحد کرج
۲- عضو هیأت علمي مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (مکاتبه کننده)
۳- عضو هیأت علمي دانشگاه آزاد اسلامي واحد کرج
٤- عضو هیأت علمي مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعي استان قم



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.3.1.1 ]

## مقدمه

بررسی تحمل به خشکي و گزینش ژنوتیپ های محتمل بر اساس شرایط موجود هر منطقه انجام مي شود. تغییرات شدید مقدار بارش، شدت و پراکنش زیاد بارندگي و نوسانات دما از خصوصیات دایمي مناطق خشک مي باشد. باتوجه به کمبود منابع آبی در کشور و نیاز به صرفه جویی در مصرف آب، دستیابی به ارقامی که نیاز کمتری به آب داشته باشند یا در اثر کمبود آب کمتر دچار صدمه و کاهش عملکرد شوند ضروری می‌باشد. با توجه به نقش ذرت در تولیددانه وعلوفه و تامین غذای دام و دیگر مصارف آن از جمله مصارف صنعتي سبب شده است که ذرت در ایران نیز جزء محصولات دارای اهمیت تلقی شود. توسعه کشت ذرت در ایران در راستای خود کفایي از اهداف مهم مي باشد وبه همین منظور با اجرای برنامه‌های افزایش تولید ذرت دانه‌ای در چند سال اخیر، این محصول روند بسیار سریعی را از نظر سطح زیر کشت، تولید و عملکرد طی نموده است.

مقدم و هادی زاده (۱۳۸۱) به منظور بررسی عکس العمل هیبریدهای ذرت و لاین‌های والد آنها به خشکی با استفاده از شاخصهای مختلف تحمل به تنش آزمایشی را با مورد اجرا گذاشتند که نتایج نشان داد از میان چهار شاخص محاسبه شده به نام شاخص‌های STI، SSI، TOL و MP شاخص STI از مزایای بیشتری جهت گزینش ارقام مطلوب در شرایط تنش و بدون تنش برخوردار هست (Roseille and Hamblin, 1981; Fernandez, 1992). لارسون و کلگ (Larson and Clegg, 1999) در بررسي اثرات تنش رطوبتي بر هیبرید های زود رس و دیر رس ذرت به این نتیجه رسیدند که هیبریدهای زود رس نسبت به هیبریدهای دیررس تحمل بیشتری داشتند که این امر مي تواند موجب بهبود عملکرد شود. خلیلي و همکاران (۱۳۸۳) در بررسي و ارزیابي اثر تنش خشکي بر عملکرد و اجزای عملکرد در هشت ژنوتیپ ذرت دیررس در شرایط بدون تنش و تنش در مرحله زایشي و رویشي نشان دادند که بر اساس شاخص های GMP و STI هیبریدهای با عملکرد بالا در دو محیط تنش و بدون تنش، و با استفاده از شاخص SSI هیبرید هایي با میانگین عملکرد بالا در شرایط تنش انتخاب مي گردد (Fischer, and Maurer, 1978).

ککیر (Cakir, 2004) در ازمایشی که بری مطالعه تاثیر تنش رطوبتی بر روی مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی ذرت انجام داد به این نتیجه رسید که تنش خشکي طي کاکل‌دهی منجر به کاهش ارتفاع گیاه و نیز توسعه سطح برگ در ذرت می‌شود. کاهش آب طی رشد رویشی سریع موجب کاهش ۳۲- ۲۸ درصدی وزن ماده خشک نهایی می‌شود.

هدف از این تحقیق، شناسائي ارقامي است که دوره آبیاری بلند مدت یا قطع آبیاری برای دو تا سه دور را در مراحل حساس رشد بتواند تحمل کنند.

## مواد و روش‌ها

برای ارزیابي میزان تحمل به خشکي در ۲۰ هیبرید ذرت، آزمایشي در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در چهار تکرار و در دو آزمایش جدا گانه تحت شرایط نرمال (آبیاری بعد از تخلیه ۳۰ درصد آب قابل دسترس) و تنش خشکي (آبیاری بعد از تخلیه رطوبت ٦۰ درصد آب قابل دسترس) در سال ۱۳۸۵انجام شد. محل اجرای تحقیق در شمال غربي استان قم و در نزدیکي شهرک شکوهیه واقع بود و بر اساس روش آمبرژه جزء مناطق نیمه خشک معتدل مي باشد. ارتفاع منطقه از سطح دریا به طور متوسط ۱۱۰۰ متر و میانگین حرارت بیشینه ان ۳۸ و کمینه ان ۸- درجه سانتیگراد است. میزان بارندگی آن حدود ۱۶۵ میلی متر در سال می باشد. سطح آب زیر زمینی در زمان اجرای ازمایش در عمق بیش از ۵ متری قرار داشت. خاکورزی و زمان کاشت و عملیات داشت و برداشت طبق عرف محل انجام شد. خاک بر اساس



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.3.1.1 ]

نتایج تجزیه های شیمیایی محدودیت شوری و قلیائیت ندارد و میزان کربن آلی آن کم، فسفر و پتاسیم قابل جذب در حد متوسط است. میانگین رطوبت نیمرخ خاک تا عمق ۶۰ سانتیمتری در ظرفیت زراعی مزرعه و نقطه پژمردگی دائم به ترتیب برابر ۲۰ و ۱۱ درصد وزنی و میانگین وزن مخصوص ظاهری ۱/۵ گرم بر سانتیمتر مکعب می باشد.

درصد تغییرات صفات براثر تنش در دو محیط از رابطه (Edmeads *et al*., 1999) زیر بدست آمد:

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

بمنظور بررسي واکنش ژنوتیپ های مورد مطالعه به شرایط تنش خشکي، از شاخص های مختلف بشرح زیر استفاده گردید:

- شاخص حساسیت به تنش (SSI[1]) (Fischer and Maures, 1978):

$$SSI = \frac{1-(Y_s/Y_p)}{SI}$$

$$SI = 1-\left(\frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p}\right)$$

که SI[2] معادل شدت تنش می‌باشد. هر چه مقدار SSI کوچکتر باشد، میزان تحمل به خشکی بالاتر است.

- میانگین هارمونیک (Harm[3]) (Rosielle and Hamblin, 1981):

$$Harm = \frac{2(Y_p \times Y_s)}{Y_p + Y_s}$$

هر چقدر این شاخص بالاتر باشد مطلوب تر است.

شاخص تحمل (TOL[4]) hc اختلاف عملکرد محیط تنش و بدون تنش و همچنین شاخص میانگین محصول دهی (MP[5]) را بصورت میانگین عملکرد در دو محیط تنش و بدون تنش و بر اساس روابط زیر محاسبه مي شوند:

$$TOL = Y_p - Y_s$$

$$MP = \frac{Y_p + Y_s}{2}$$

مقادیر بالای TOL نمایانگر حساسیت بیشتر به خشکی بوده و هر قدر مقدار این شاخص پایین تر باشد، مطلوبتر خواهد بود. و ارقام متحمل تر و مطلوب تر دارای مقادیر بیشتر MP مي باشند.

- شاخص تحمل به تنش (STI[6]) (Fernandez, 1992):

$$STI = \left(\frac{Y_P}{\bar{Y}_P}\right)\left(\frac{Y_S}{\bar{Y}_S}\right)\left(\frac{\bar{Y}_S}{\bar{Y}_P}\right) = \frac{(Y_P)(Y_S)}{(\bar{Y}_P)^2}$$

مقدار بالاتر شاخص STI برای یک ژنوتیپ، نمایانگر تحمل به خشکی بالا و عملکرد بالقوه بیشتر ان ژنوتیپ می باشد.

میانگین هندسی محصول دهی (GMP[7]) (Fernandez, 1992):

$$GMP = \sqrt{(Y_S)(Y_P)}$$

این شاخص حساسیت کمتری به مقادیر بسیار متفاوت Yp , Ys دارد و بیشتر بودن مقدار عددی ان نشانه تحمل بیشتر به تنش مي باشد.

در کلیه فرمول های فوق،

Yp= عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش.

Ys= عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط تنش.

1- Stress Susceptibility Index
2- Stress Intensity
3- Harmonic Mean
4- Tolerance Index
5-Mean Productivity
6-Stress Tolerance Index
7- Geometric Mean Productivity



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.3.1.1 ]

$\overline{Y_P}$ = میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ ها در محیط بدون تنش.

$\overline{Y_S}$ = میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ ها در محیط تنش می باشد.

در این تحقیق از نرم‌افزارهای Excel , Statisca، Minitab و SAS برای تجزیه آماری داده ها استفاده شد.

## نتایج و بحث

درصد تغییرات، میانگین عملکرد و برخی از صفات مربوط به اجزای عملکرد در جدول ۱ ارائه شده است. بیشترین میزان تغییرات مربوط به صفت تعداد دانه در بلال می باشد. کامپوس و همکاران (Campose *et al.,* 2004) در تحقیقی که برای بهبود تحمل به خشکی در ذرت انجام دادند به این نتیجه دست یافتند که ذرت در مرحله گل‌دهی، زمان رشد خامه و گرده‌افشانی بیشترین حساسیت را به خشکی دارد. بدین ترتیب، تنش آبی باعث تاخیر در ظهور کاکل نسبت به ظهور گل تاجی و نهایتا افزایش ASI[1] می‌شود و در نتیجه منجر به عدم باروری گلچه‌ها و تعداد دانه در بلال و نهایتا، کاهش محصول می‌شود (Edmeads *et al.,* 1999). همانطور که در جدول شماره ۱ آمده است کمترین تغییرات بر اثر تنش مربوط به عرض دانه است. این موضوع می تواند به این دلیل باشد که با کاهش تعداد دانه در بلال، دانه های باقی مانده با استفاده از آسیمیلات موجود شرایط رشد مناسب تری داشتند.

کلیه شاخص های مورد نظر با توجه به فرمول های تعریف شده محاسبه و به همراه مقایسه میانگین عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش در جدول ۲ امده است. بیشترین عملکرد را در شرایط نرمال و تنش به ترتیب هیبریدهای BC504 و BC652 داشتند. هیبریدهای BC678 و NS540 به ترتیب کمترین عملکرد را در شرایط نرمال و تنش داشتند. در شاخص میانگین حسابی با توجه به اینکه میزان بالای عددی این شاخص نشان دهنده تحمل به تنش است، هیبریدهای BC504، BC652 و KSC302 به عنوان هیبریدهای برتر انتخاب شدند. این شاخص هیبرید های NS540 و BC678 را به عنوان هیبرید های ضعیف تر معرفی کرد. در شاخص میانگین هارمونیک با توجه به اینکه میزان بالای عددی نشان دهنده تحمل است از میان هیبریدهای مورد بررسی به ترتیب BC652، BC504 و KSC302 به عنوان ژنوتیپ های برتر شناسایی شدند. این شاخص همه هیبریدهائی که دارای عملکرد بالایی بودند را به عنوان هیبریدهای متحمل تشخیص داد (جدول ۲). مشاهده می شود شاخص Harm در شناسایی ژنوتیپ های پر محصول و متحمل به خشکی در ذرت مطلوب است. این شاخص هیبرید های NS540 و BC678، را هیبریدهای ضعیف در برابر تنش معرفی کرد (جدول ۲). در شاخص تحمل به تنش (STI)، مقادیر عددی بالا نشان دهنده متحمل بودن هیبرید است. بر این اساس هیبریدهای BC504، BC652 و KSC302، به عنوان ژنوتیپ های متحمل شناسایی شدند. همانطور که مشاهده می شود این شاخص توانست همه هیبریدهای که دارای عملکرد بالا در شرایط تنش بودند را به عنوان هیبرید متحمل شناسایی کند. از نظر این شاخص هیبرید های NS540 و BC678، جزء هیبریدهای ضعیف در شرایط تنش می بودند. در شاخص GMP با توجه به اینکه مقادیر عددی بالا نشان دهنده تحمل نسبی ژنوتیپ ها می باشد، هیبریدهای BC504، BC652 و KSC302، بعنوان هیبریدهای متحمل شناسایی شدند. شاخص GMP یک شاخص مناسب در شناسایی ارقام متحمل می باشد و همانطور که مشاهده می شود این شاخص ژنوتیپ هایی را که دارای عملکرد بالا هستند را به عنوان هیبرید متحمل شناسایی کرد و می تواند به عنوان یک شاخص مناسب در شناسایی هیبریدهای متحمل معرفی شود (مقدم و هادی‌زاده, ۱۳۸۱). از نظر

1- Anthesis- Silking Interval



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.3.1.1 ]

جدول ۱- تغییر در میانگین عملکرد دانه و اجزای آن در شرایط نرمال و تنش خشکی

Table 1. Changes in mean of grain yield and its components under normal and drought stress conditions

| Trait | صفت | درصد تغییرات Variation (%) | تنش Stress | نرمال Normal |
|---|---|---|---|---|
| Rows/ ear | ردیف دانه در بلال | 11.93 | 13.72 | 15.58 |
| Kernel/ ear row | دانه در ردیف بلال | 38.88 | 23.36 | 38.22 |
| Ear diameter | قطر بلال | 10.47 | 3.76 | 4.20 |
| Kernel No/ear | تعداد دانه در بلال | 50.50 | 292.91 | 591.11 |
| Kernel depth | عمق دانه | 15.03 | 0.70 | 0.83 |
| Hectolitre | هکتولیتر | 12.05 | 612.10 | 696.00 |
| 1000 Kernel Weight | وزن هزار دانه | 29.30 | 146.94 | 207.84 |
| Kernel diameter | قطر دانه | 27.23 | 3.42 | 4.70 |
| Kernel width | عرض دانه | 9.93 | 7.31 | 7.86 |
| (Yield (t/ha) | عملکرد (تن در هکتار | 31.72 | 4.160 | 6.093 |

جدول ۲- برآورد شاخص های تحمل به خشکی در هیبرید های ذرت

Table 2. Estimation of drought tolerance indices in grain maize hybrids

| Entry | Hybreds | Yp* | Ys | TOL | MP | GMP | SSI | Harm | STI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | BC582 | 5.62fheg | 4.31gf | 1.31 | 4.96 | 4.92 | 0.73 | 4.87 | 0.65 |
| 2 | BC678 | 4.92j | 2.83i | 2.09 | 3.87 | 3.73 | 1.34 | 3.59 | 0.37 |
| 3 | BC504 | 8.35a | 5.07b | 3.28 | 6.71 | 6.50 | 1.24 | 6.30 | 1.14 |
| 4 | NS540 | 5.28hi | 2.05m | 3.23 | 3.66 | 3.28 | 1.93 | 2.95 | 0.29 |
| 5 | BC666 | 5.79fe | 4.38gf | 1.41 | 5.08 | 5.03 | 0.76 | 4.98 | 0.68 |
| 6 | BC652 | 7.28cb | 5.60a | 1.68 | 6.44 | 6.38 | 0.72 | 6.33 | 1.10 |
| 7 | BC572 | 5.39hg | 3.37k | 2.02 | 4.38 | 4.26 | 1.18 | 4.14 | 0.49 |
| 8 | MV502 | 5.79fe | 4.03ih | 1.76 | 4.91 | 4.83 | 0.96 | 4.75 | 0.63 |
| 9 | KSC500 | 5.58fhg | 3.29k | 2.29 | 4.43 | 4.28 | 1.29 | 4.13 | 0.49 |
| 10 | OSSK499 | 5.53fhg | 4.50ef | 1.03 | 5.01 | 4.98 | 0.58 | 4.96 | 0.67 |
| 11 | BC462 | 5.05ji | 4.22gf | 0.83 | 4.63 | 4.61 | 0.51 | 4.59 | 0.57 |
| 12 | DSSK444 | 5.70feg | 4.35gf | 1.35 | 5.02 | 4.98 | 0.75 | 4.93 | 0.67 |
| 13 | BC404 | 6.97c | 4.61ed | 2.36 | 5.79 | 5.66 | 1.06 | 5.54 | 0.86 |
| 14 | BC418 | 5.96c | 4.74cd | 1.22 | 5.35 | 5.31 | 0.64 | 5.28 | 0.76 |
| 15 | KSC320 | 7.39b | 4.06ih | 3.33 | 5.72 | 5.47 | 1.42 | 5.24 | 0.81 |
| 16 | KSC302 | 6.96g | 4.88cb | 2.08 | 5.92 | 5.82 | 0.94 | 5.73 | 0.91 |
| 17 | KSC250 | 5.67feg | 4.31gf | 1.36 | 4.99 | 4.94 | 0.75 | 4.89 | 0.66 |
| 18 | KSC260 | 6.28d | 5.00b | 1.28 | 5.64 | 5.60 | 0.64 | 5.56 | 0.84 |
| 19 | KSC647 | 6.59d | 3.88ij | 2.71 | 5.23 | 5.05 | 1.29 | 4.88 | 0.69 |
| 20 | KSC704 | 5.54fhg | 3.69j | 1.85 | 4.61 | 4.52 | 1.05 | 4.42 | 0.55 |

- میانگین های، در هر ستون، که دارای حروف مشابه می باشند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵% اختلاف معنی داری ندارند.

Means, in each column, followed by similar letters are not significantly different at the 5% probability level , using Dancan's Multiple Range Test.

Yp = Yield potential  Ys = Yield in Stress  TOL = Tolerance Index  MP = Mean Producivity  Harm = Harmonic Mean
GMP = Geometric Mean Productivity  SSI = Stress Susceptility Index  STI = Stress Tolerance Index

این شاخص هیبریدهای NS540 و BC678 هیبریدهای ضعیف در شرایط تنش می بودند. برتری این شاخص نسبت به میانگین حسابی (MP) آنست که به مقادیر مختلف $Y_P$ و $Y_S$ حساسیت کمتری دارد (جدول ۲).

در شاخص تحمل TOL، مقادیر عددی پایین در این شاخص نشان دهنده تحمل نسبی هیبریدها می باشد بنابراین هیبریدهای BC462 و OSSK499 به عنوان هیبریدهای متحمل شناسایی شدند. شاخص TOL در گزینش ژنوتیپ هایی موفق بود، که عملکرد آنها در شرایط تنش بالا بود، ولی در گزینش ژنوتیپ هایی که در هر دو محیط تنش و بدون تنش دارای عملکرد مناسب بودند موفق نبود. در واقع شاخص TOL به نوعی



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.3.1.1 ]

تغییر حاصل از شرایط تنش را بیان می کند. نکته دیگر در مورد این شاخص آنست که پایین بودن TOL الزاما به معنی بالا بودن عملکرد در شرایط بدون تنش نیست، بلکه ممکن است عملکرد یک هیبرید در شرایط بدون تنش پایین باشد و در شرایط تنش نیز با افت کمتری همراه باشد، که این باعث کوچک ماندن TOL می شود (مقدم و هادی‌زاده، ۱۳۸۱). در این شاخص ملاحظه می کنیم هیبریدهای KSC320، BC504 و NS540 به عنوان هیبرید های ضعیف انتخاب شدند (جدول ۲).

هیبرید BC504 که عملکرد بالایی در شرایط نرمال داشت، در شرایط تنش هم بعد از هیبرید BC652 بالاترین عملکرد را داشت، به دلیل تغییرات زیادی که عملکرد آن در دو شرایط داشت به عنوان ژنوتیپ حساس از نظر این شاخص انتخاب شد (جدول ۲).

در شاخص حساسیت به تنش (SSI) با توجه به اینکه مقادیر عددی پایین در این شاخص نشان دهنده هیبرید های متحمل است، هیبریدهای BC462 و OSSK499 به عنوان هیبریدهای متحمل و دو هیبرید NS540 و KSC320 به عنوان هیبریدهای حساس انتخاب شدند. در محاسبه این شاخص یک جز به نام SI یا شدت تنش وجود دارد که در این تحقیق مقدار آن ۰/۶۸۳ بود (جدول ۲). هر چه این جزء بزرگتر باشد شاخص SSI کوچکتر می شود(مقدم و هادی‌زاده، ۱۳۸۱). شاخص SSI علاوه بر میزان عملکرد هیبریدها در شرایط تنش به تغییر یا اسیب وارده به هیبرید ها در اثر تنش نیز عکس العمل نشان می دهد. یعنی اگر هیبریدی در هر دوشرایط تنش و بدون تنش دارای عملکرد بالاتری باشد اما درصد تغییر زیادی را نشان دهد به عنوان هیبرید متحمل شناسائی نمی شود، هیبرید BC504 که دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بود، به علت درصد تغییر زیاد به عنوان هیبرید متحمل شناسایی نشد (جدول ۲).

عملکرد در شرایط تنش و نرمال با GMP، STI و Harm همبستگی مثبت و معنی داری در سطح احتمال ۱% دارد (جدول ۳)، با توجه به اینکه این شاخص ها با هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای همبستگی بالایی داشتند، می توانند جهت دست یابی به هیبرید های پر محصول در هر دو شرایط محیطی مورد استفاده قرار گیرند. طبق نظر فرناندز (Fernandez, 1992)، شاخص‌هایی که در هر دو محیط تنش و بدون تنش (نرمال) دارای همبستگی بالایی با عملکرد دانه باشند به عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی می شوند. زیرا این شاخص‌ها قادر به جداسازی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه بالا در هر دو محیط می‌باشند. همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط تنش و شاخص حساسیت به تنش(SSI) منفی بود. شاخص بهره وری متوسط (MP)، شاخص میانگین هندسی محصول دهی (GMP)، شاخص تحمل تنش (STI) و میانگین هارمونیک (Harm)، همبستگی بالا و معنی داری را با یکدیگر داشتند. بدین ترتیب نتیجه می گیریم شاخص های اخیر در برنامه های گزینش برای بهبود تحمل به تنش خشکی در ذرت، تقریبا نتایج مشابه ای داشتند (جدول ۳). دو شاخص SSI و TOL که مقدار عددی پایین آن نشان دهنده ژنوتیپ های متحمل می باشد دارای همبستگی بالایی با هم بودند. نتایج این تحقیق با یافته های فرناندز (Fernandez, 1992)، مقدم و هادی زاده(۱۳۸۱)، مطابقت دارد. در بررسی شاخص ها مشاهده شد که توانایی گزینش هیبرید های برتر توسط شاخص ها به نحو مطلوبی انجام نمی شود.

فرناندز (Fernandez, 1992) در بررسی عملکرد ژنوتیپ ها در دو محیط تنش و بدون تنش، تظاهر گیاهان نسبت به دو محیط را به چهار گروه تقسیم نموده است:

الف)ژنوتیپ هایی که عملکرد مشابهی را درهر دومحیط تنش و بدون تنش دارا هستند (گروه A).

ب)ژنوتیپ هایی که فقط عملکرد خوبی در محیط بدون تنش دارا هستند (گروهB).



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.3.1.1 ]

ج)ژنوتیپ هایی که عملکرد بالایی را در محیط تنش دارا هستند (گروهC).

د)ژنوتیپ هایی که عملکرد محصول کمي را در دو محیط دارا هستند (گروه D).

به نظر ایشان مناسب ترین معیار انتخاب برای تنش معیاری است که قادر به تشخیص گروه A از سایر گروه های دیگر باشد.

برای گروه بندی هیبریدها از پلات های سه بعدی استفاده شد. که در ان عملکرد در محیط بدون تنش بر روی محور X ها، عملکرد در محیط تنش بر روی محور Y ها و یکی از شاخص های انتخاب شده بر روی محور Z ها نمایش داده شد. بدین منظور، برای نشان دادن روابط بین این سه متغیر و جدا نمودن ژنوتیپ‌های گروه A از دیگر گروه‌ها (گروه B، D و C) و همچنین تشخیص سودمندی شاخص مورد نظر بعنوان معیاری برای انتخاب ارقام پر محصول و متحمل به خشکی سطح x-y به وسیله کشیدن خطوط متقاطع به چهار گروهA, B, C و D طبق طبقه بندی فرناندز (Fernandez, 1992) تقسیم گردید. نتایج در شکل های ۱ تا ۶ ارائه شده است.

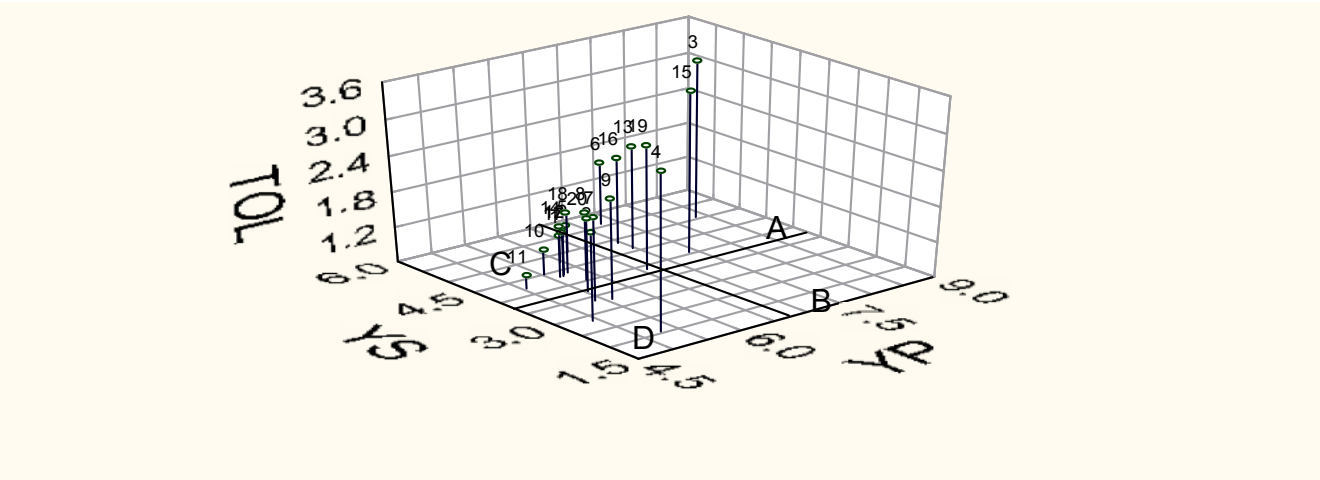
با توجه به اینکه مقادیر پایین TOL نشاندهنده تحمل است، هیبریدهای BC462 و OSSK499 به عنوان هیبریدهای متحمل شناسایي شدند. علیرغم کوتاهی خط و داشتن TOL پایین، به علت عملکرد پایین درشرایط بدون تنش در گروه A قرار نمی گیرند و در گروه C قرار گرفتند (شکل ۱). بدین ترتیب مي توان گفت که گزینش بر اساس این شاخص سبب انتخاب ژنوتیپ هایی با عملکرد بالقوه پایین تحت شرایط بدون تنش و عملکرد بالا تحت شرایط تنش می شود. در اغلب آزمایش های مقایسه عملکرد، همبستگی میان شاخص های TOL و Yp منفی و همبستگی شاخص های TOL و Ys مثبت مي باشد. بنابراین، این شاخص قادر به تفکیک و شناسایی گروه C از A نمي باشد. در شاخص MP یا میانگین حسابي با توجه به اینکه میزان بالای عددی این شاخص نشان دهنده تحمل به تنش است، هیبریدهای BC504، BC652 و KSC302 به عنوان هیبریدهای متحمل شناسایی شدند. همانطور که در شکل ۲ دیده می شود، این هیبرید ها در گروه A قرار گرفتند (شکل ۲). بنابراین می توان نتیجه گرفت که شاخص MP تمایل به گزینش ژنوتیپ هایی با عملکرد بالقوه بالاتر و تحمل به تنش پایین تر دارد. در شاخص GMP با توجه به اینکه مقادیر عددی بالا نشان دهنده تحمل نسبي ژنوتیپ ها مي باشد. هیبریدهای BC504 ، BC652 و KSC302، عنوان هیبریدهای متحمل شناسایی شدند. بنابراین شاخص GMP در مقایسه با شاخص MP، قدرت بالاتری در تفکیک گروهA از سایر گروه ها دارد (شکل ۳).همچنین در شاخص Harm از میان هیبریدهای مورد بررسي به ترتیب BC652، BC504 و KSC302 به عنوان ژنوتیپ های برتر شناسایي شدند. این هیبریدها در گروه A قرار گرفتند. در مورد هیبریدهایي که با وجود خط بلند در گروه A قرار نگرفتند، علت آن پایین تر بودن عملکرد پتانسیل آنها در مقایسه با هیبریدهای دیگر مي بود (شکل ۵).

در شاخص SSI که خطوط کوتاه تر نشاندهنده تحمل است که بر این اساس هیبریدهای BC462 و OSSK499 به عنوان هیبریدهای متحمل و دو هیبرید NS540 و KSC320 به عنوان هیبریدهای حساس انتخاب شدند. با توجه به شکل ۴ ملاحظه مي شود هیبریدهای انتخابي این شاخص در گروه C قرار گرفتند، و هیبرید KSC320 که در گروه A قرار گرفت و از نظر این شاخص حساس بود. بنابراین مي توان نتیجه گرفت که انتخاب بر اساس SSI سبب گزینش ژنوتیپ هایی با عملکرد پایین در شرایط عادی ولی عملکرد بالا در محیط تنش شد. بنابراین SSI قادر به تفکیک و شناسایی گروه A از گروه C نمي باشد (شکل ٤). در شاخص



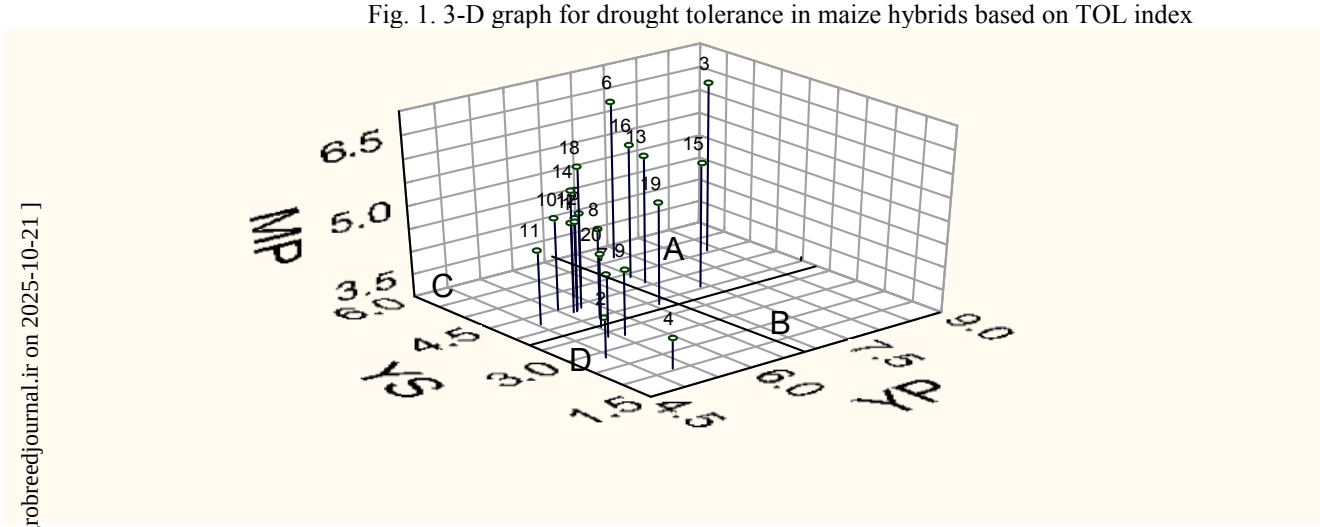
[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.3.1.1 ]



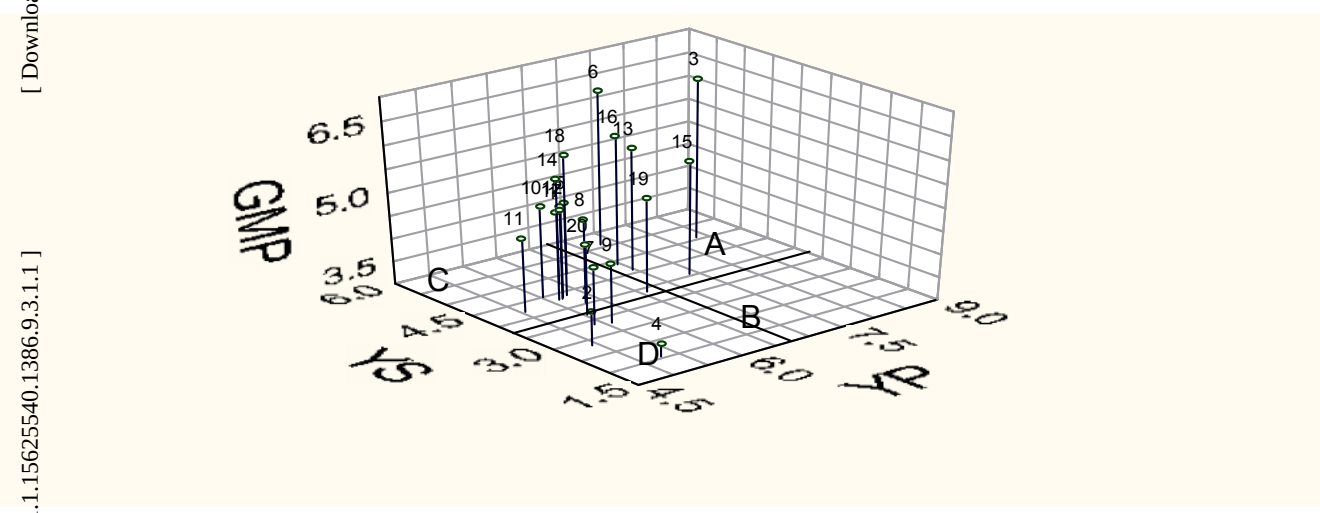

شکل ۱- نمودار سه بعدی تعیین هیبرید های متحمل به خشکي بر اساس شاخص TOL

Fig. 1. 3-D graph for drought tolerance in maize hybrids based on TOL index




شکل ۲- نمودار سه بعدی تعیین هیبرید های متحمل به خشکي بر اساس MP

Fig. 2. 3-D graph for drought tolerance in maize hybrids based on MP index



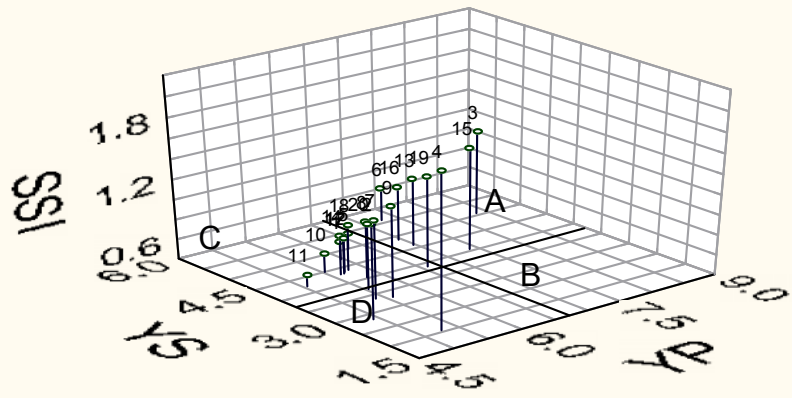

شکل ۳- نمودار سه بعدی تعیین هیبرید های متحمل به خشکي بر اساس GMP

Fig. 3. 3-D graph for drought tolerance in maize hybrids based on GMP index



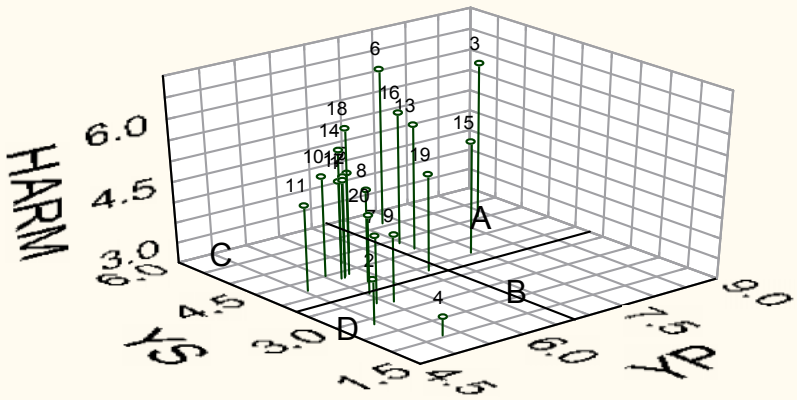
[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.3.1.1 ]



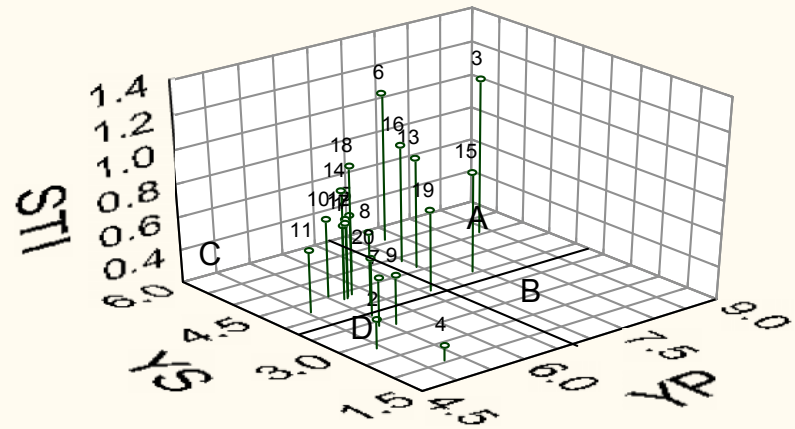

شکل ۴- نمودار سه بعدی تعیین هیبرید های متحمل به خشکی بر اساس SSI

Fig. 4. 3-D graph for drought tolerance in maize hybrids based on SSI index




شکل ۵- نمودار سه بعدی تعیین هیبرید های متحمل به خشکی بر اساس Harm

Fig. 5. 3-D graph for drought tolerance in maize hybrids based on Harm index



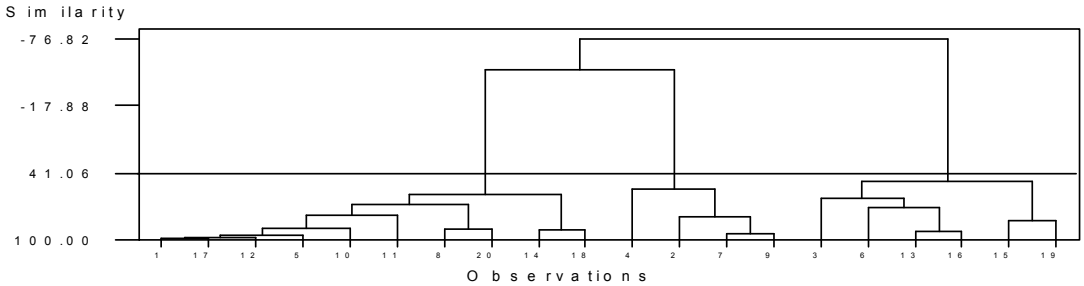

شکل ۶- نمودار سه بعدی تعیین هیبرید های متحمل به خشکی بر اساس STI

Fig. 6. 3-D graph for drought tolerance in maize hybrids based on STI



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.3.1.1 ]




شکل ۷- دندوگرام حاصل از تجزیه خوشه ای هیبرید های ذرت بر اساس شاخص های تحمل و حساسیت به تنش و عملکرد دانه

Fig. 7. Dendrogram of cluster analysis of maize hybrids based on tolerance and susceptibility indices and grain yield

STI کـه خطـوط بلنـدتر نشـاندهنده تحمـل اسـت، هیبریـدهای BC504، BC652 و KSC302، بـه عنـوان هیبریـد هـای متحمـل شناسـایي شـدند. ایـن شـاخص توانسـت همـه هیبریـدهای کـه دارای عملکـرد بـالا در شرایط تنش بودند را به عنوان هیبریـد متحمـل شناسـایی کرد و همگـي در گـروه A قـرار گرفتنـد. هیبریـد هـای NS540 و BC678، هیبریدهای ضعیف در شرایط تـنش مي باشند، کـه در گـروه D قـرار گرفتنـد. بنـابراین طبـق نتایجي که فرناندز (Fernandez, 1992) نیز گزارش کرد، شاخص STI قادر به تفکیـک و شناسـایی ژنوتیـپ هـای گروه A از گروه C و B بود (شکل ٦).

با توجه به شـاخص هـای ارزیـابي مـورد مطالعـه در شـرایط نرمـال و تـنش، جهـت شناسـایي گـروه هـای ژنوتیپي مختلف به دسته بندی هیبرید ها در گـروه هـای مشابه از روش کلاستر بندی نیز استفاده شـد (شـکل ۷). همانطور که در این شـکل مشـاهده مـی شـود، بـا بـرش خطي از نقطه تشابه ۴۱/۰۶ هیبرید هـای موجـود بـه سـه گروه بـا تشـابهای درون گروهـي بـالا و بـرون گروهـي پایین تقسیم شدند.

گروه یک شـامل ژنوتیـپ هـای BC582، KSC250، DSSK444، BC666، OSSK499 و BC462 مي باشد که دو هیبریدMV502 و KSC704 به جمع این گروه اضافه شده، و در نهایت دو هیبرید BC418 و KSC260 هـم بـه جمع این گـروه اضـافه شـدند. بـه ایـن ترتیـب ۱۰ تـا از هیبرید های مورد مطالعه در این گروه قرار گرفتند. اگـر به نمودارهای سه بعدی که در نمودار های ۱ تـا ۶ رسـم شده اند مراجعه شود، مشاهده مي شود هیبریدهای فـوق در گروه C قرار گرفتند. هیبریـدهای ایـن گـروه از نظـر شاخص های TOL و SSI کمتـرین میـانگین را بـه خـود اختصاص دادند، به دلیل عملکرد پایین در شرایط بدون تنش و عملکرد بالا در شرایط تنش، این گروه بر اساس تقسیم بندی فرناندز در گروه C قرار گرفتند(شکل ۷).

با توجه به شـکل ۷ مشـاهده مـي شـود هیبریـد هـای NS540، BC678، BC572 و KSC500 در یـک گـروه قرار گرفتند. با مراجعه به نمودار های سـه بعـدی متوجـه مـي شـویم کـه بـر اسـاس طبقـه بنـدی فرنانـدز (Fernandez, 1992)، هیبرید های این گروه، در دسـته D این طبقه بندی (عملکرد پـایین در هـر دو شـرایط بـدون تنش و تنش) قرار گرفتند. و در اکثر موارد، هیبرید های ایـن گـروه از لحـاظ دو شـاخص هـای TOL و SSI ، بالاترین مقدار را در بین هیبرید هـا داشـتند. هیبریـدهای گروه بعد شـامل BC504، BC652، BC404، KSC302، KSC320 و KSC647 بودنـد. ایـن گـروه از نظـر شاخص های STI،Harm ، GMP و MP رتبه های بـالاتر را در بین هیبریـدها داشـتند و همچنـین از نظـر عملکـرد دانه، میـانگین هیبریـد هـای ایـن گـروه نسـبت بـه سـایر



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.3.1.1 ]

گروه ها بیشتر بود (شکل ۷). و بر اساس نمودارهای سه بعدی در گروه A قرار مي گيرند.

مشاهده مي شود كه شاخص MP، Harm، STI و GMP كه مقادير بالاى انها نشان دهنده هيبريد هاى متحمل به تنش مي باشد، همگي با توجه به پتانسيل عملكرد هيبريدها در شرايط نرمال و عملكرد هيبريدها در شرايط تنش، هيبريد BC504 و BC652 را به عنوان هيبريد هاى متحمل و هيبريد هاى NS540 و BC678 را حساس شناسائى كردند. بررسي هاى فوق نشان مى دهد كه هيبريدهاى BC504، BC652، BC404، KSC302،KSC320 و KSC647 به عنوان ژنوتيپ هاى متحمل مي‌باشند. شاخص‌هاى MP، Harm، STI و GMP ، با توجه به پتانسيل عملكرد هيبريدها در شرايط نرمال و تنش، هيبريدهاى BC504 و BC652 را به عنوان هيبريد هاى متحمل و هيبريد هاى NS540 و BC678 را حساس شناسائى كردند. با توجه به اين نمودار ها تقريبا توانايي تفكيك هيبريد ها توسط اين شاخص ها شبيه هم بودند. با بررسى نتايج فوق متوجه مي‌توان هيبريدهاى BC504، BC652، BC404، KSC302، KSC320 و KSC647 به عنوان هيبريد هاى متحمل معرفى كرد.

جدول ۳ –همبستگي بين شاخص هاى مختلف متحمل به تنش و ميزان عملكرد در دو شرايط نرمال و تنش رطوبتي

Table 3. Correlation between different drought tolerance indices and grain yield under normal and drought stress conditions

| | YP | YS | TOL | MP | GMP | SSI | HARM | STI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YP | 1 | | | | | | | |
| YS | 0.61** | 1 | | | | | | |
| TOL | 0.51* | -0.35 ns | 1 | | | | | |
| MP | 0.90** | 0.89** | 0.10 ns | 1 | | | | |
| GMP | 0.85** | 0.93** | 0.0016 | 0.99** | 1 | | | |
| SSI | -0.09ns | -0.71** | 0.89** | -0.32 ns | -0.42 ns | 1 | | |
| HARM | 0.80** | 0.96** | -0.091 | 0.97** | 0.99** | -0.50* | 1 | |
| STI | 0.88** | 0.90** | 0.063 ns | 0.99** | 0.99** | -0.36 ns | 0.98** | 1 |

*و **: به ترتيب معني دار در سطح احتمال ۵% و ۱%

* and ** : Significant at 5% and 1% levels of probability , respectively.

ns: غير معنى دار

ns: Non-Significant

## منابع مورد استفاده

## References


خليلي، م. كاظمي، م.مقدم،و م.شكيبا.۱۳۸۳. ارزيابي شاخص هاى مقاومت به خشكي در مراحل مختلف رشد ژنوتيپ هاى دير رس ذرت. هشتمين كنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ايران رشت. ص ۴۱.

مقدم، ع. و هادى زاده. ۱۳۸۱. عكس‌العمل هيبريدهاى ذرت و لاين‌هاى والدى انها به خشكى با استفاده از شاخص‌هاى مختلف تحمل به تنش. مجله نهال بذر، ۱۸،(۳): ۲۷۲- ۲۵۵.

مجيديان، م.، ح، غديرى.وع، كامكار حقيقي. ۱۳۸۱. بررسي تاثير تنش رطوبت و نيتروژن در مراحل مختلف رشد بر عملكرد و راندمان استفاده از اب در ذرت دانه اى. هفتمين كنگره زراعت و اصلاح نباتات ايران. صفحه ۶۰۸

**Cakir. R. 2004.** Effect of water stress at different development stage on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Res. 89(1):1-16.

**Campose. H., Cooper. M. , Habben. J.E and J. R. Schussler. 2004.** Improving drought tolerance in maize: a




[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.3.1.1 ]

view from industry. Field Crops Res. 90 (1): 19-34.

**Edmeads, G. O. J. Bolanas. J. and , H. R. Laffitte. 1990.** Selection for drought tolerance in maize adapted to the lowland tropics. Mexico D. F., Mexico, CIMMYT.

**Fernandez, G. C. 1992.** Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Proceeding of a Symposium, Taiwan, 13-18 Aug. Chapter 25. pp. 257-270.

**Fischer. R. A. and R. Maurer 1978.** Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain Yield responses. Australian J. Agri. Res. 29:897-912.

**Larson , E. J. and M. O. Clegg. 1999.** Using corn maturity to maintain grain yield in the presence of late season drought. Journal of Production Agriculture. 12(3): 400-405.

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

[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.3.1.1 ]

# Study of selection indices for drought tolerance in some of grain maize hybrids

Jafari, A[1]., R. Choukan[2], F. Paknejad[3] and A. Pourmaidani[4]

## ABSTRACT

**Jafari, A., R. Choukan, F. Paknejad and A. Pourmaidani. 2007.** Study of selection indices for drought tolerance in some of grain maize hybrids. **Iranian Journal of Crop Sciences. 9(3): 200-212.**

To study the drought tolerance in some of grain maize hybrids, this study was carried out in Qom province in 2006 cropping season. Twenty maize hybrids were evaluated in randomized compelet block design with four replications , in two separate expriments, under normal irrigation(30% depletion of available water) and drought stress (60% depletion of available water). Results of analysis of variance for grain yield and its components showed variation among hybrids under normal and drought stress conditions. The highest yield under normal and stress conditions belonged to hybrids BC504 and BC652, repectively. While, hybrids BC678 and NS504 showed the lowest yield under normal and stress conditions, respectively. To evaluating the response of hybrids to drought stress, different indices, including, Stress Susceptility Indices (SSI), Harmonic mean (Harm), Tolerance index (TOL), Mean Producivity (MP), Stress Tolerance Index (STI) and Geometric Mean Productivity (GMP) were used. Different indices revealed hybrids BC504 , BC652 , BC404 , KSC302 , KSC320 and KSC647 as tolerance under stress condition. STI , MP , GMP and Harm indices, were identified as suitable indices to be used in applied maize breeding programs. These indices showed the highest corrolation between grain yield under normal and drought stress conditions.

**Key words :** Maize, Hybrid , Drought stress, Normal condition, Tolerance indices, Grain yield

[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.3.1.1 ]

**Received: September, 2007.**
1- Former M.Sc. Student, Islamic Azad University, Karaj Unit, Karaj, Iran.
2- Faculty member, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran (Corresponding author).
3- Faculty member, Islamic Azad University, Karaj Unit, Karaj, Iran.
4- Faculty member, Agriculture and Natural Research Center of Qom Province, Qom, Iran.