

معیارهای انتخاب برای تحمل به خشک 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 و عباس پور میدانی^۴

چکیده

جعفری، ع، ر. چوکان، ف. پاک نژاد و ع. پورمیدانی. ۱۳۹۳. معیارهای انتخاب برای تحمل به خشک در تعدادی از هیبریدهای ذرت دانه ای. مجله علوم زراعی ایران. ۱۱ (۱): ۱۱-۲۶.

به منظور شناسایی هیبریدهای ذرت دانه ای متحمل به تنش خشک، این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۳ در نزدیکی شهرک شکوهیه در استان قم در منطقه ای نیمه خشک و معتدل، اجرا گردید. در این پژوهش دو آزمایش جداگانه و با استفاده از طرح بلوک کامل تصادفی، در چهار تکرار در شرایط آبیاری معمول (آبیاری بعد از تخلیه ۵۰ درصد آب قابل دسترس) و تنش خشک (آبیاری بعد از تخلیه ۵۰ درصد آب قابل دسترس) مورد بررسی قرار گرفتند. تجزیه واریانس عملکرد دانه و اجزای عملکرد در شرایط آبیاری معمول و تنش خشک وجود تنوع در بین هیبریدها را نشان داد. بین عملکرد دانه را در شرایط نرمال و تنش به ترتیب هیبریدهای BC504 و BC652 داشتند. هیبریدهای NS504 و BC678 بیشترین عملکرد را در شرایط نرمال و تنش داشتند. برای ارزیابی هیبریدها به تنش از شاخص های SSI، TOL، MP، STI و M (Harm) استفاده گردید. بررسی هیبریدهای انتخابی برای تحمل به خشک در هیبریدهای BC504، BC652، BC404، KSC302، KSC320 و KSC647 عنوان هیبریدهای انتخابی برای تحمل به تنش خشک در شرایط نرمال و تنش برای کاربرد در منطقه به نژادی ذرت معرفی گردید. هیبریدهای مذکور را با عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش خشک داشتند.

واژه های کلیدی: ذرت، هیبرید، تنش خشک، شرایط نرمال، تحمل، عملکرد دانه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۵/۰۵

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامیه واحد کرج

۲- هیئت علمی هیئت مدیره هیئت مدیره اصلاح و تهیه نهال و بذر (مکاتبه کننده)

۳- هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامیه واحد کرج

۴- هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان قم

چکیده

بررسی تحمل به خشک و گزینش ژنوتیپ‌های محتمل بر اساس شرایط موجود هر منطقه انجام شد. شرایط آب و هوایی، مقدار بارش، شدت و پراکنش زلزله بارندگی و نوسانات دما از خصوصیات اقلیم خشک، با توجه 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 تولیدانه و علوفه و تامین غذای دام و دیگر مصارف آن از جمله مصارف صنعتی سبب شده است که ذرت در ایران نیز جزء محصولات دارای اهمیت تلقی شود. اهداف مهم ذرت در ایران در راستای خود کفایی از اهداف مهم باشد و به 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 (۱۳۹۱) به منظور بررسی عمل 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 از مزایای بیشتری جهت گزینش ارقام مطلوب در شرایط تنش و بدون تنش برخوردار هست (Roseille and Hamblin, 1981; Fernandez, 1992). لارسون و کلاگ (Larson and Clegg, 1999) در بررسی اثرات تنش رطوبتی بر عملکرد و ویژگی‌های زود رس و دیر رس ذرت به این نتیجه رسیدند که هیبریدهای زود رس نسبت به هیبریدهای دیر رس تحمل بیشتری داشتند که این امر می‌تواند موجب بهبود عملکرد شود. و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی و ارزشیابی اثر تنش خشک بر عملکرد و اجزای عملکرد در هشت ژنوتیپ ذرت

دیررس در شرایط بدون تنش و تنش در مرحله زایشی و رویش نشان دادند که بر اساس شاخص‌های GMP و STI عملکرد بالاتر در دو محیط تنش و بدون تنش، و با استفاده از شاخص SSI عملکرد بالاتر در شرایط تنش انتخاب می‌گردد (Fischer, and Maurer, 1978).

کاکیر (Cakir, 2004) در آزمایشی که بری مطالعه تاثیر تنش رطوبتی بر روی مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی ذرت انجام داد به این نتیجه رسید که تنش در مراحل رویش و زایش منجر به کاهش ارتفاع گیاه و نیز توسعه سطح برگ در ذرت می‌شود. کاهش آب طی رشد رویشی سریع موجب کاهش ۱۰-۲۰ درصدی وزن ماده خشک نهایی می‌شود.

هدف از این آزمایش تعیین ارقامی است که دوره ایاری بلند مدت قطع ایاری برای دو تا سه دور را در مراحل حساس رشد بتواند تحمل کنند.

مواد و روش

برای ارزیابی توان تحمل به خشک در شرایط ذرت، آزمایش در قالب طرح بلوک‌های تصادفی، در چهار تکرار و در دو آزمایش جداگانه تحت شرایط نرمال (ایاری بعد از تخریب ۱۰ درصد آب قابل دسترس) و تنش خشک (ایاری بعد از تخریب ۲۰ درصد آب قابل دسترس) در سال رطوبت در صد آب قابل دسترس) در سال انجام شد. محل اجرای آزمایش در شمال غرب استان قم و در نزدیکی شهرک شکوه واقع بود و بر اساس روش آمبرژه جزء مناطق نیمه خشک معتدل قرار گرفت. ارتفاع منطقه از سطح دریا به طور متوسط ۱۰۰۰ متر و میانگین حرارت بیشینه آن ۲۵ و کمینه آن ۵- درجه سانتیگراد است. میزان بارندگی آن حدود ۱۰۰ میلی‌متر در سال می‌باشد. سطح آب زیرزمینی در زمان اجرای آزمایش در عمق بیش از ۱۰ متری قرار داشت. خاکورزی و زمان کاشت و عملیات داشت و برداشت طبق عرف محل انجام شد. خاک بر اساس

وزنی و میانگین وزن مخصوص ظاهری ρ/ρ_0 کرم بر سانتیمتر مکعب می باشد.
درصد تغذیه رات صفات بر اثر تنش در دو محیط از رابطه (Edmeads et al., 1999) زنی بدست آمد:

$$\text{وزن صفت در شرایط بدون تنش} - \text{وزن صفت در شرایط بدون تنش} = \text{درصد تغییرات صفت}$$

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

مقادیر بالای TOL مقادیر بالای خشکی بوده و هر قدر مقدار این شاخص پایین تر باشد، مطلوبتر خواهد بود. و ارقام متحمل تر و مطلوب تر دارای مقادیر MP می باشد.

- (Fernandez, (STI¹) شاخص حساسیت کمتری به مقادیر تنش (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 آن ژنوتیپ می باشد.

میانگین هندسی محصول دهی (GMP⁷) (Fernandez, 1992):

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

این شاخص حساسیت کمتری به مقادیر بسیار متفاوت Y_p , Y_s دارد و بیشتر بودن مقدار عددی آن در کلبه فرمول های فوق،

Y_p = عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش.
 Y_s = عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط تنش.

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 ۱۰ سانتیمتری در ظرفیت زراعی مزرعه و نقطه پژمردگی دائم به ترتیب برابر ۱۰ و ۱۰ درصد

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

- (Fischer and (SSI²) شاخص حساسیت کمتری به مقادیر تنش (Maures, 1978):

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

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

شاخص SI معادل شدت تنش می باشد. مقدار SSI کوچکتر باشد، میزان تحمل به خشکی بالاتر است. - میانگین هارمونیکی (Harm⁶) (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 (TOL⁴) اختلاف عملکرد محب تنش و بدون تنش و همچنین شاخص محصول دهی (MP⁵) را بصورت میانگین عملکرد در دو محیط تنش و بدون تنش و بر اساس روابط زیر محاسبه می شود:

$$TOL = Y_p - Y_s$$

1- Stress Susceptibility Index
3- Harmonic Mean
5-Mean Productivity
7- Geometric Mean Productivity

2- Stress Intensity
4- Tolerance Index
6-Stress Tolerance Index

$\bar{Y}_p$ = میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ ها در محیط بدون تنش.

$\bar{Y}_s$ = میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ ها در محیط تنش.

در این تحقیق از نرم افزارهای Excel, Statistica و Minitab برای تجزیه آماری داده ها استفاده شد.

نتیجه و بحث

درصد تغییرات، بین عملکرد و برخی از صفات مربوط به اجزای عملکرد در جدول ارائه شده است. نتایج نشان داد که تغییرات مربوط به صفت تعداد دانه در بلال، 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 کل دهی، زمان رشد خامه و گرده افشانی بیشتر را به خشک دارد. تنش آبی باعث تاخیر در ظهور کاکل نسبت به ظهور گل تاجی و نهایتاً افزایش ASI شود و در نتیجه منجر به عدم باروری گلچه ها و تعداد دانه در بلال و نهایتاً کاهش محصول می شود (Edmeads et al., 1999). همانطور که در جدول شماره ۱ آمده است کمتر 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 مانده با استفاده از آسیمیلات موجود شرایط رشد مناسب تری داشتند.

کدام ژنوتیپ مورد نظر با توجه به فرمول های مختلف شده محاسبه و به همراه مقایسه بین عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش در جدول آمده است. نتایج عملکرد را در شرایط نرمال و تنش به ترتیب BC652 و BC504، NS540 و BC678 کمترین عملکرد را در شرایط نرمال و تنش داشتند. در شاخص

با توجه به اینکه میزان بالای عددی این شاخص نشان دهنده تحمل به تنش است، هیبریدهای BC504 و BC652 به عنوان هیبریدهای برتر انتخاب شدند. نتایج نشان داد که در شاخص میانگین هارمونیک با توجه به اینکه میزان بالای عددی نشان دهنده تحمل است از میان هیبریدهای مورد بررسی BC652 و BC504 و KSC302 به عنوان ژنوتیپ های مناسبی برای بررسی این شاخص همه نتایج نشان داد که دارای عملکرد بالایی بودند را به عنوان هیبریدهای متحمل به تنش داد (جدول ۱). مشاهده می شود که در شاخص Harm در شناسایی ژنوتیپ های محصول و متحمل به خشکی در ذرت مطلوب است. نتایج نشان داد که در شاخص STI (مقادیر عددی بالا نشان دهنده متحمل بودن هیبرید است. این اساس هیبریدهای BC504 و BC652 و KSC302 به عنوان ژنوتیپ های مناسبی برای بررسی این شاخص همه هیبریدهای متحمل شناسایی کند. از نظر این شاخص NS540 و BC678، جزء هیبریدهای ضعیف در شرایط تنش بودند. در شاخص GMP این که مقادیر عددی بالا نشان دهنده تحمل نسبی ژنوتیپ های مناسبی برای بررسی این شاخص هستند. نتایج نشان داد که در شاخص GMP یک شاخص مناسب در شناسایی ارقام متحمل می باشد و همانطور که مشاهده می شود این شاخص ژنوتیپ های 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 هادی زاده، ۱۳۹۴). از نظر

جدول ۱- برآورد شاخص های 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	نرمال	تنش	درصد تغییرات
	Normal	Stress	Variation (%)
Rows/ ear	15.58	13.72	11.93
Kernel/ ear row	38.22	23.36	38.88
Ear diameter	4.20	3.76	10.47
Kernel No/ear	591.11	292.91	50.50
Kernel depth	0.83	0.70	15.03
Hectolitre	696.00	612.10	12.05
1000 Kernel Weight	207.84	146.94	29.30
Kernel diameter	4.70	3.42	27.23
Kernel width	7.86	7.31	9.93
(Yield (t/ha)	6.093	4.160	31.72

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

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

Entry	Hybrids	Yp*	Ys	TOL	MP	GMP	SSI	Harm	STI
1	BC582	5.62fhg	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

*Yp = Yield potential Ys = Yield in Stress TOL = Tolerance Index MP = Mean Productivity Harm = Harmonic Mean

GMP = Geometric Mean Productivity SSI = Stress Susceptibility Index STI = Stress Tolerance Index

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

بنابراین هیبریدهای BC462 و OSSK499 به عنوان هیبریدهای متحمل شناسایی شدند. در TOL 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 بودند موفق نبود. در واقع TOL شاخص

شاخص تحمل TOL، مقادیر عددی پایین در این شاخص نشان دهنده تحمل نسبی هیبریدها می باشد. در شرایط تنش می بودند. شاخص (MP) آنست که به مقدار Yp و Ys کمتر دارد (جدول ۲).

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 نباشد بلکه ممکن است عملکرد یک هب 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 هادی زاده، ۱۳۸۵). در این مطالعه (KSC320 و BC504 و NS540 به عنوان هب های ضعیف انتخاب شدند (جدول ۱).

در شرایط BC504 که عملکرد بالا در شرایط نرمال داشت، در شرایط تنش هم بعد از BC652 عملکرد این هب ها را داشت، به دلیل اثرات زیاده ای که عملکرد آن در دو شرایط داشت به عنوان ژنوتیپ حساس از نظر این شاخص انتخاب شد (جدول ۱).

در شاخص حساسیت به تنش (SSI) در این هب ها نشان دهنده اینکه مقادیر عددی پایین در این شاخص نشان دهنده حساسیت به تنش است. هب های BC462 و OSSK499 به عنوان هب های متحمل و دو هب های NS540 و KSC320 به عنوان هب های حساس انتخاب شدند. در محاسبه این شاخص یک جز به نام SI شدت تنش وجود دارد که در این تحقیق مقدار آن برابر بود (جدول ۱). هر چه این جزء بزرگتر باشد SSI کوچکتر می شود (مقدم و هادی زاده، ۱۳۸۵). SSI علاوه بر میزان عملکرد هیبریدها در شرایط تنش به تاثیر یا آسیب وارده به هیبریدها در اثر تنش نیز عکس العمل نشان می دهد. یعنی اگر هیبریدی در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای عملکرد بالاتری باشد اما درصد تغییر زیادی را نشان دهد به عنوان هیبرید متحمل شناسائی نمی شود. BC504 که دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بود، به علت درصد تغییر زیاد به عنوان هب متحمل شناسائی نمی شود (جدول ۱).

عملکرد در شرایط تنش و نرمال با GMP و STI و

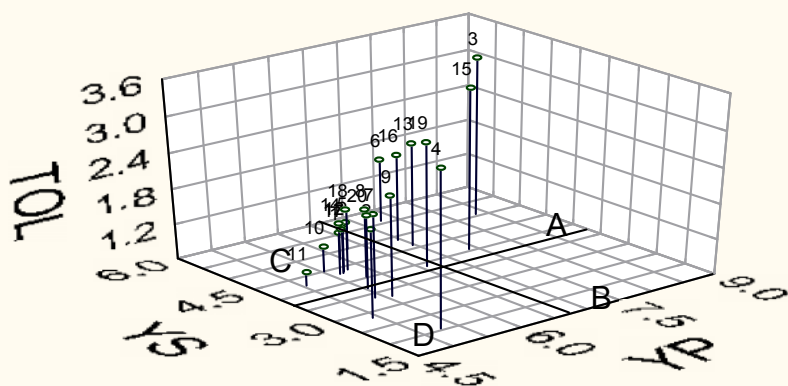
Harm مثبت و منفی داری در سطح احتمال % دارد (جدول ۱) با توجه به اینکه این هب ها با هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای همبستگی بالایی داشتند، می توانند جهت دست یابی به هب های پر محصول در هر دو شرایط محیطی مورد استفاده قرار گیرند. طبق نظر فرناندز (Fernandez, 1992) هب هایی که در هر دو محیط تنش و بدون تنش (نرمال) دارای همبستگی بالایی با عملکرد دانه باشند به عنوان بهترین شاخص هب ها قادر به جداسازی ژنوتیپ هایی با عملکرد دانه بالا در هر دو محیط می باشند. عملکرد دانه در شرایط تنش و شاخص حساسیت (SSI) بود. شاخص بهره وری (MP) و محصول دهی (GMP) و شاخص حساسیت به تنش (STI) و همبستگی بین هارمونیک (Harm) بالا و منفی داری را با یکدیگر داشتند. در برنامه های برای بهبود تحمل به تنش خشکی در ذرت، تقریباً هیچ مشابه ای داشتند (جدول ۱). دو شاخص SSI و TOL که مقدار عددی پایین آن نشان دهنده ژنوتیپ های حساس و دارای تحمل به تنش با هم بودند. هیچ مشابهی در برنامه های فرناندز (Fernandez, 1992)، مقدم و هادی زاده (۱۳۸۵)، مطابقت دارد. در بررسی مشابه مشاهده شد که توانایی هب های در بررسب مشابه 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 مشابه را در هر دو محیط تنش و بدون تنش دارا هستند (گروه A).
ب) ژنوتیپ هایی که فقط عملکرد خوبی در محیط بدون تنش دارا هستند (گروه B).

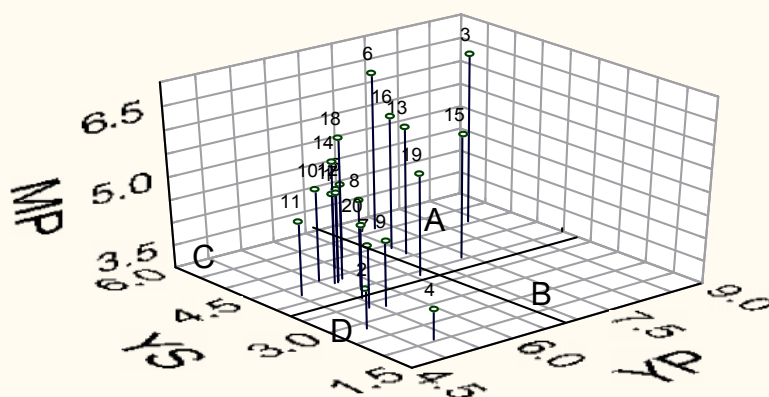
ج) ژنوتیپ هایی که عملکرد بالایی را در محیط تنش دارا هستند (گروه C).
 د) ژنوتیپ هایی که عملکرد محصول کم را در دو محیط دارا هستند (گروه D).
 به نظر ایشان مناسب ترین معیار انتخاب برای تنش معیاری است که قادر به تشخیص گروه A از سایر گروه های دیگر باشد.
 برای گروه بندی پدیده ها از پلات های ۳×۳ استفاده شد. که در آن عملکرد در محیط بدون تنش بر روی محور X ها، عملکرد در محیط تنش بر روی محور Y و یکی از شاخص های انتخاب شده بر روی محور Z ها نمایش داده شد. این منظور، برای نشان دادن روابط بین این سه متغیر و جدا نمودن ژنوتیپ های گروه A از دیگر گروه ها (گروه B 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 گروه A، B، C و D و فرناندز (Fernandez, 1992) انجام گردید. نتایج در جدول ۱ ارائه شده است.
 با توجه به اینکه مقادیر پایین TOL نشان دهنده تحمل است، هیبریدهای BC462 و OSSK499 به عنوان بهترین متحمل و علی رغم کوتاهی خط و داشتن TOL بالا به علت عملکرد پایین در شرایط بدون تنش در گروه A قرار نمی گیرند و در گروه C قرار گرفتند (جدول ۱). نتایج نشان می 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 است. بنابراین، این شاخص قادر به تفکیک و شناسایی گروه C از گروه A در شاخص

MP و شاخص های BC504 و BC652 و KSC302 به عنوان هیبریدهای متحمل شناسایی شدند. همانطور که در جدول ۱ دیده می شود، این هیبریدها در گروه A قرار گرفتند (جدول ۱). بنابراین می توان نتیجه گرفت که 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 و ژنوتیپ های BC504 و BC652 و KSC302 عنوان هیبریدهای متحمل شناسایی شدند. بنابراین شاخص GMP در مقایسه با شاخص MP قدرت بالاتری در تفکیک گروه A از سایر گروه ها دارد (جدول ۱). همچنین در شاخص Harm از میان هیبریدهای مورد بررسی BC504 و BC652 و KSC302 به عنوان ژنوتیپ های متحمل و در گروه A قرار گرفتند. در مورد هیبریدهای BC504 و BC652 و KSC302 که با وجود این در گروه A قرار نگرفتند، آن پایین تر بودن عملکرد پتانسیل آنها در مقایسه با ژنوتیپ های دیگر بود (جدول ۱).
 در شاخص SSI که خطوط کوتاه تر نشان دهنده تحمل است که بر این اساس هیبریدهای BC462 و OSSK499 به عنوان بهترین متحمل و دو هیبرید NS540 و KSC320 به عنوان بهترین حساس انتخاب شدند. نتایج نشان می دهد هیبریدهای انتخابی این شاخص در گروه C قرار گرفتند و هیبریدهای KSC320 که در گروه A قرار گرفت و از نظر شاخص حساس بود. بنابراین می توان نتیجه گرفت که انتخاب بر اساس SSI سبب گزینش ژنوتیپ هایی با عملکرد پایین در شرایط عادی ولی عملکرد بالا در شرایط تنش می شود. بنابراین SSI قادر به تفکیک و شناسایی گروه A از گروه C (جدول ۱). در شاخص



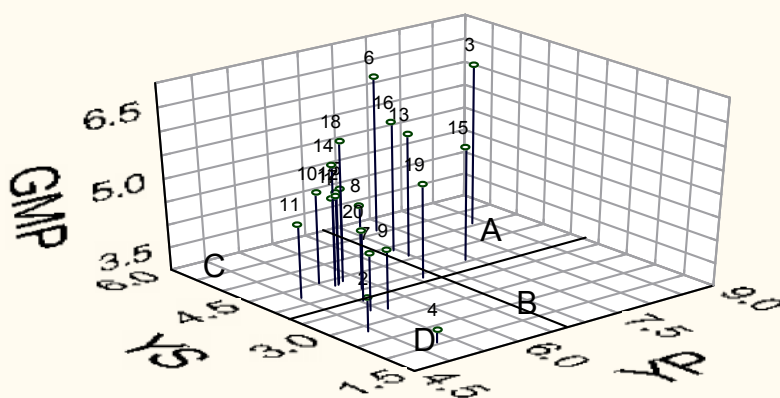
نمودار سه بعدی شاخص تحمل به خشک بر اساس شاخص TOL

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



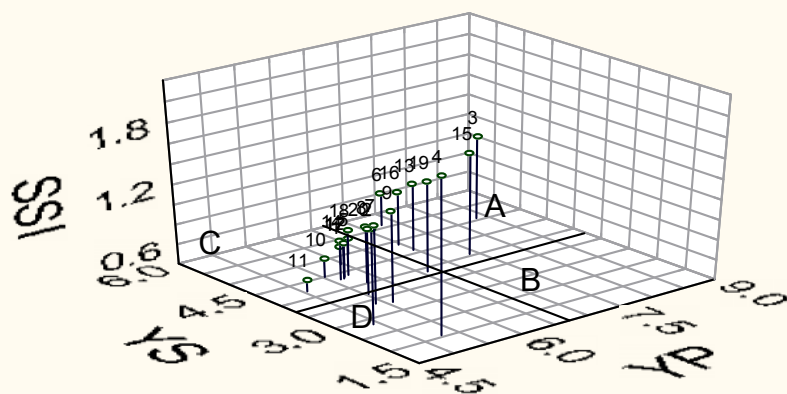
نمودار سه بعدی شاخص تحمل به خشک بر اساس شاخص MP

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



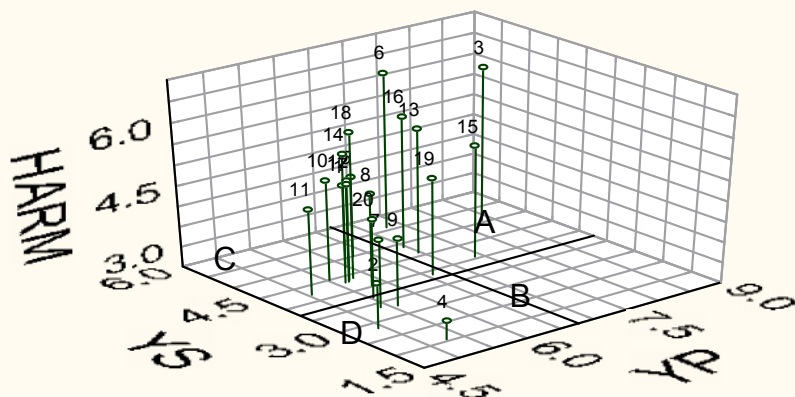
نمودار سه بعدی شاخص تحمل به خشک بر اساس شاخص GMP

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



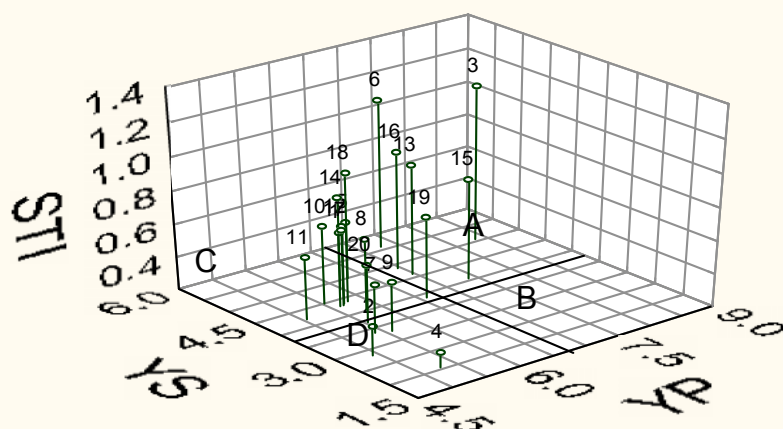
نمودار سه بعدی شاخص های انتخاب برای تحمل به خشک بر اساس SSI

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



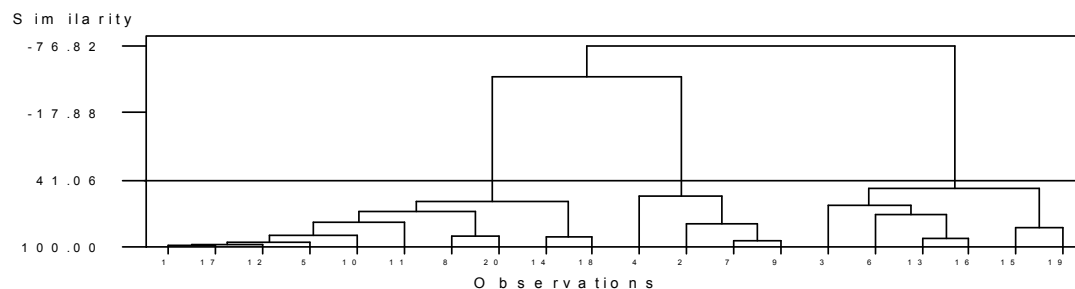
نمودار سه بعدی شاخص های انتخاب برای تحمل به خشک بر اساس Harm

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



نمودار سه بعدی شاخص های انتخاب برای تحمل به خشک بر اساس STI

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



شکل ۷- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه ای 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

جمع این گروه اضافه شدند. به این ترتیب تا از ۱۱ هیبریدهای مورد مطالعه در این گروه قرار گرفتند. اگر ۱۱ هیبریدهای سه بعدی که در نمودارهای رسم شده اند مراجعه شود، مشاهده می شود که هیبریدهای فوق در گروه C قرار گرفتند. هیبریدهای این گروه از نظر شاخص های TOL و SSI کمتر از این را به خود اختصاص دادند، به دلیل عملکرد پایین در شرایط بدون تنش و عملکرد بالا در شرایط تنش، این گروه بر اساس شاخص های فرناندز در گروه C قرار گرفتند (۱۹۹۲).

۱۱ هیبریدهای مشاهده می شود که هیبریدهای NS540 BC678 BC572 و KSC500 در یک گروه قرار گرفتند. با مراجعه به نمودارهای شاخص های فرناندز (۱۹۹۲) می بینیم که بر اساس طبقه بندی فرناندز (۱۹۹۲) این گروه، در دسته D (عملکرد پایین در هر دو شرایط بدون تنش و تنش) قرار گرفتند. و در اکثر موارد، هیبریدهای این گروه از لحاظ دو شاخص های TOL و SSI پایین مقدار را در بر می داشتند. هیبریدهای گروه بعد شامل BC504 BC652 BC404 KSC302 KSC320 و KSC647 بودند. این گروه از نظر شاخص های STI Harm GMP و MP رتبه های بالاتر را در بر می داشتند و همچنین از نظر عملکرد دانه، می بینیم که این گروه نسبت به سایر

STI که خطوط بلندتر نشان دهنده تحمل است، هیبریدهای BC504 BC652 و KSC302 می توانند به عنوان هیبریدهای که دارای عملکرد بالا در شرایط تنش بودند را به عنوان هیبرید متحمل شناسایی کرد و همگی در گروه A قرار گرفتند. هیبریدهای NS540 و BC678 به دلیل ضعیف در شرایط تنش می باشند، که در گروه D قرار می گیرند. بنابراین طبق فرناندز (۱۹۹۲) گزارش کرد، شاخص STI قادر به تفکیک و شناسایی ژنوتیپ های گروه A از گروه C و B بود (۱۹۹۲).

۱۱ هیبریدهای مورد مطالعه در شرایط نرمال و تنش، جهت شناسایی گروه های ژنوتیپ مختلف به دسته های مختلف در گروه های مشابه از روش کلاستر بندی (۱۹۹۲) استفاده شد. همانطور که در این مشاهده می شود، با بررسی از نقطه تشابه ۰/۰۰ می بینیم که وجود به سه گروه با تشابه های درون گروهی بالا و برون گروهی پایین.

گروه یک شامل ژنوتیپ های BC582 KSC250 BC666 DSSK444 BC462 و OSSK499 باشد که دو هیبرید MV502 و KSC704 به جمع این گروه اضافه شده، و در نهایت دو هیبرید BC418 و KSC260

گروه های بیشتر بود (P < 0.05). و بر اساس نمودارهای STI و GMP در گروه A قرار می‌گیرد. مشاهده می‌شود که شاخص STI و HARM MP در شرایط تنش، به‌دای BC504 و BC652 را به عنوان حساس شناسایی کردند. با توجه به این نمودارها تقریباً می‌تواند تفکیک هیبریدها توسط این شاخص‌ها انجام شود. هم بودند. با بررسی نتایج فوق متوجه می‌شود که KSC320 و KSC647 به عنوان هیبریدهای متحمل معرفی کرد.

گروه های بیشتر بود (P < 0.05). و بر اساس نمودارهای STI و GMP در گروه A قرار می‌گیرد. مشاهده می‌شود که شاخص STI و HARM MP در شرایط تنش، به‌دای BC504 و BC652 را به عنوان حساس شناسایی کردند. با توجه به این نمودارها تقریباً می‌تواند تفکیک هیبریدها توسط این شاخص‌ها انجام شود. هم بودند. با بررسی نتایج فوق متوجه می‌شود که KSC320 و KSC647 به عنوان هیبریدهای متحمل معرفی کرد.

جدول 3- ارتباط بین شاخص‌های تحمل به تنش و میزان عملکرد در دو شرایط نرمال و تنش رطوبتی

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	-0.09 ^{ns}	-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 **: در سطح احتمال 5% و 1% معنی دار

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

ns: Non-Significant

ns: Non-Significant

References

منابع مورد استفاده

آبادی، م.، کاظمی، م.، مقدم، م.، شکری، ا.، ارز، ا.، و... (1394). بررسی مقاومت به خشکی در مراحل رشد ژنوتیپ‌های ذرت. *مجله علمی کشاورزی*. 13(1): 1-16.

آبادی، م.، کاظمی، م.، مقدم، م.، شکری، ا.، ارز، ا.، و... (1394). بررسی مقاومت به خشکی در مراحل رشد ژنوتیپ‌های ذرت. *مجله علمی کشاورزی*. 13(1): 1-16.

آبادی، م.، کاظمی، م.، مقدم، م.، شکری، ا.، ارز، ا.، و... (1394). بررسی مقاومت به خشکی در مراحل رشد ژنوتیپ‌های ذرت. *مجله علمی کشاورزی*. 13(1): 1-16.

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.

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

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. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci. 21: 943- 946.

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

Jafari, A¹., R. Choukan², F. Paknejad³ and A. Pourmaidani⁴

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 complete block design with four replications, in two separate experiments, 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, respectively. 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 Susceptibility Indices (SSI), Harmonic mean (Harm), Tolerance index (TOL), Mean Productivity (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 correlation between grain yield under normal and drought stress conditions.

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

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.