"مجله علوم زراعي ايران"
جلد نهم، شماره ۳، پائيز ۱۳۸٦

مطالعه شاخص هاي انتخاب براي تحمل به خشكي در تعدادي از هيبريدهاي ذرت دانه اي

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

عباس جعفري[۱]، رجب چوكان[۲]، فرزاد پاك نژاد[۳] وعباس پور ميداني[۴]

چكيده

جعفري، ع.، ر. چوكان، ف. پاك نژاد و ع. پورميداني. ۱۳۸۶. مطالعه شاخص هاي انتخاب براي تحمل به خشكي در تعدادي از هيبريدهاي ذرت دانه اي. مجله علوم زراعي ايران. ۹ (۳): ۲۱۲-۲۰۰.

به منظور شناسايي هيبريدهاي ذرت دانه اي متحمل به تنش خشكي، اين پـژوهش در سـال زراعـي ۱۳۸۵ در نزديكـي شـهرك شكوهيه در استان قم در منطقه اي نيمه خشك و معتدل، اجرا گرديد. در اين تحقيق۲۰ هيبريد ذرت در قالب دو آزمايش جداگانـه و با استفاده از طرح بلوك كامل تصادفي، در چهار تكرار در شرايط آبيـاري معمـول (آبيـاري بعـد از تخليـه ۳۰ درصـد آب قابـل دسترس) و تنش خشكي (آبياري بعد از تخليه ٦۰ درصد آب قابل دسترس) مورد بررسي قرار گرفتند. نتايج تجزيه واريـانس عملكـرد دانه و اجزاي عملكرد در شرايطآبياري معمول وتنش خشكي وجود تنوع در بين هيبريدها را نشان داد. بيشترين عملكـرد دانـه را در شرايط نرمال و تنش به ترتيب هيبريدهاي BC504 و BC652 داشتند. هيبريدهايBC678 و NS504 به ترتيب كمترين عملكـرد را در شرايط نرمال و تنش داشتند. براي ارزيابي تحمل هيبريدها به تنش از شاخص هاي حساسيت به تنش (SSI)، ميانگين هارمونيـك (Harm)، تحمل(TOL)، بهره‌وري متوسط (MP)، تحمل به تنش (STI) و ميانگين هندسـي بهـره‌وري (GMP) اسـتفاده گرديـد. بـا بررسي شاخص هاي انتخاب براي تحمل به خـشكي هيبريـدهاي BC504، BC652، BC404، KSC302،KSC320 و KSC647 بـه عنوان هيبريد هاي متحمل به تنش معرفي شدند. شاخص هاي STI، MP، GMP و Harm مناسب‌ترين شاخص ها براي كـاربرد در برنامه به نژادي ذرت معرفي شدند. شاخص هاي مذكور بيشترين همبستگي را با عملكرد دانه در شرايط نرمال و تنش خشكي داشتند.

واژه هاي كليدي: ذرت، هيبريد، تنش خشكي، شرايط نرمال، شاخص هاي تحمل، عملكرد دانه

تاريخ دريافت: ۱۳۸٦/٦/۱٤

۱ – دانشجوي سابق كارشناسي ارشد اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامي واحد كرج
۲- عضو هيأت علمي مؤسسه تحقيقات اصلاح و تهيه نهال و بذر (مكاتبه كننده)
۳- عضو هيأت علمي دانشگاه آزاد اسلامي واحد كرج
٤- عضو هيأت علمي مركز تحقيقات كشاورزي و منابع طبيعي استان قم

مقدمه

بررسي تحمل به خشكي و گزينش ژنوتيپ هاي محتمل بر اساس شرايط موجود هر منطقه انجام مي شود. تغييرات شديد مقدار بارش، شدت و پراكنش زياد بارندگي و نوسانات دما از خصوصيات دايمي مناطق خشک مي باشد. باتوجه به كمبود منابع آبي در كشور و نياز به صرفه جويي در مصرف آب، دستيابي به ارقامي كه نياز كمتري به آب داشته باشند يا در اثر كمبود آب كمتر دچار صدمه و كاهش عملكرد شوند ضروري مي‌باشد. با توجه به نقش ذرت در توليددانه وعلوفه و تامين غذاي دام و ديگر مصارف آن از جمله مصارف صنعتي سبب شده است كه ذرت در ايران نيز جزء محصولات داراي اهميت تلقي شود. توسعه كشت ذرت در ايران در راستاي خود كفايي از اهداف مهم مي باشد وبه همين منظور با اجراي برنامه‌هاي افزايش توليد ذرت دانه‌اي در چند سال اخير، اين محصول روند بسيار سريعي را از نظر سطح زير كشت، توليد و عملكرد طي نموده است.

مقدم و هادي زاده (۱۳۸۱) به منظور بررسي عكس العمل هيبريدهاي ذرت و لاين‌هاي والد آنها به خشكي با استفاده از شاخصهاي مختلف تحمل به تنش آزمايشي را با مورد اجرا گذاشتند كه نتايج نشان داد از ميان چهار شاخص محاسبه شده به نام شاخص‌هاي STI، SSI، TOL و MP شاخص STI از مزاياي بيشتري جهت گزينش ارقام مطلوب در شرايط تنش و بدون تنش برخوردار هست (Roseille and Hamblin, 1981; Fernandez, 1992). لارسون و كلگ (Larson and Clegg, 1999) در بررسي اثرات تنش رطوبتي بر هيبريد هاي زود رس و دير رس ذرت به اين نتيجه رسيدند كه هيبريدهاي زود رس نسبت به هيبريدهاي ديررس تحمل بيشتري داشتند كه اين امر مي تواند موجب بهبود عملكرد شود. خليلي و همكاران (۱۳۸۳) در بررسي و ارزيابي اثر تنش خشكي بر عملكرد و اجزاي عملكرد در هشت ژنوتيپ ذرت ديررس در شرايط بدون تنش و تنش در مرحله زايشي و رويشي نشان دادند كه بر اساس شاخص هاي GMP و STI هيبريدهاي با عملكرد بالا در دو محيط تنش و بدون تنش، و با استفاده از شاخص SSI هيبريد هايي با ميانگين عملكرد بالا در شرايط تنش انتخاب مي گردد (Fischer, and Maurer, 1978).

ككير (Cakir, 2004) در آزمايشي كه بري مطالعه تأثير تنش رطوبتي بر روي مراحل مختلف رشد رويشي و زايشي ذرت انجام داد به اين نتيجه رسيد كه تنش خشكي طي كاكل‌دهي منجر به كاهش ارتفاع گياه و نيز توسعه سطح برگ در ذرت مي‌شود. كاهش آب طي رشد رويشي سريع موجب كاهش ۳۲- ۲۸ درصدي وزن ماده خشك نهايي مي‌شود.

هدف از اين تحقيق، شناسائي ارقامي است كه دوره آبياري بلند مدت يا قطع آبياري براي دو تا سه دور را در مراحل حساس رشد بتواند تحمل كنند.

مواد و روش‌ها

براي ارزيابي ميزان تحمل به خشكي در ۲۰ هيبريد ذرت، آزمايشي در قالب طرح بلوك هاي كامل تصادفي، در چهار تكرار و در دو آزمايش جدا گانه تحت شرايط نرمال (آبياري بعد از تخليه ۳۰ درصد آب قابل دسترس) و تنش خشكي (آبياري بعد از تخليه رطوبت ٦۰ درصد آب قابل دسترس) در سال ۱۳۸۵انجام شد. محل اجراي تحقيق در شمال غربي استان قم و در نزديكي شهرک شكوهيه واقع بود و بر اساس روش آمبرژه جزء مناطق نيمه خشك معتدل مي باشد. ارتفاع منطقه از سطح دريا به طور متوسط ۱۱۰۰ متر و ميانگين حرارت بيشينه آن ۳۸ و كمينه آن ۸- درجه سانتيگراد است. ميزان بارندگي آن حدود ۱٦۵ ميلي متر در سال مي باشد. سطح آب زير زميني در زمان اجراي آزمايش در عمق بيش از ۵ متري قرار داشت. خاكورزي و زمان كاشت و عمليات داشت و برداشت طبق عرف محل انجام شد. خاک بر اساس

نتايج تجزيه هاي شيميايي محدوديت شوري و قليائيت ندارد و ميزان كربن آلي آن كم، فسفر و پتاسيم قابل جذب در حد متوسط است. ميانگين رطوبت نيمرخ خاک تا عمق ۶۰ سانتيمتري در ظرفيت زراعي مزرعه و نقطه پژمردگي دائم به ترتيب برابر ۲۰ و ۱۱ درصد وزني و ميانگين وزن مخصوص ظاهري ۱/۵ گرم بر سانتيمتر مكعب مي باشد.

درصد تغييرات صفات براثر تنش در دو محيط از رابطه (Edmeads *et al.*, 1999) زير بدست آمد:

$$\text{درصد تغييرات صفت} = \frac{\text{ميزان صفت در شرايط تنش - ميزان صفت در شرايط بدون تنش}}{\text{ميزان صفت در شرايط بدون تنش}} \times ۱۰۰$$

بمنظور بررسي واكنش ژنوتيپ هاي مورد مطالعه به شرايط تنش خشكي، از شاخص هاي مختلف بشرح زير استفاده گرديد:

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

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

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

كه SI[2] معادل شدت تنش مي‌باشد. هر چه مقدار SSI كوچكتر باشد، ميزان تحمل به خشكي بالاتر است.

- ميانگين هارمونيك (Harm[3]) (Rosielle and Hamblin, 1981):

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

هر چقدر اين شاخص بالاتر باشد مطلوب تر است.

شاخص تحمل (TOL[4]) hc اختلاف عملكرد محيط تنش و بدون تنش و همچنين شاخص ميانگين محصول دهي (MP[5]) را بصورت ميانگين عملكرد در دو محيط تنش و بدون تنش و بر اساس روابط زير محاسبه مي شوند:

$$TOL = Y_p - Y_s$$

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

مقادير بالاي TOL نمايانگر حساسيت بيشتر به خشكي بوده و هر قدر مقدار اين شاخص پايين تر باشد، مطلوبتر خواهد بود. و ارقام متحمل تر و مطلوب تر داراي مقادير بيشتر MP مي باشند.

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

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

مقدار بالاتر شاخص STI براي يك ژنوتيپ، نمايانگر تحمل به خشكي بالا و عملكرد بالقوه بيشتر آن ژنوتيپ مي باشد.

ميانگين هندسي محصول دهي (GMP[7]) (Fernandez, 1992):

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

اين شاخص حساسيت كمتري به مقادير بسيار متفاوت Ys , Yp دارد و بيشتر بودن مقدار عددي آن نشانه تحمل بيشتر به تنش مي باشد.

در كليه فرمول هاي فوق،

Yp= عملكرد بالقوه هر ژنوتيپ در محيط بدون تنش.

Ys= عملكرد بالقوه هر ژنوتيپ در محيط 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

$\overline{Y_P}$= ميانگين عملكرد كليه ژنوتيپ ها در محيط بـدون تنش.

$\overline{Y_S}$ = ميانگين عملكرد كليه ژنوتيپ ها در محيط تـنش مي باشد.

در ايـن تحقيـق از نـرم‌افزارهـاي Excel , Statisca، Minitab وSAS براي تجزيه آماري داده ها استفاده شد.

نتايج و بحث

درصد تغييرات، ميانگين عملكرد و برخي از صفات مربوط به اجزاي عملكرد در جدول ۱ ارائه شـده اسـت. بيـــشترين ميـــزان تغييـــرات مربـــوط بـــه صـــفت تعـداد دانـه در بـلال مـي باشـد. كـامپوس و همكـاران (Campose *et al.*, 2004) در تحقيقـي كـه بـراي بهبـود تحمل بـه خـشكي در ذرت انجـام دادنـد بـه ايـن نتيجـه دست يافتند كه ذرت در مرحله گـل‌دهـي، زمـان رشـد خامه و گرده‌افـشاني بيـشترين حـساسيت را بـه خـشكي دارد. بدين ترتيـب، تـنش آبـي باعـث تـأخير در ظهـور كاكل نسبت به ظهور گل تاجي و نهايتـاً افـزايش ASI[1] مي‌شود و در نتيجه منجـر بـه عـدم بـاروري گلچـه‌هـا و تعداد دانه در بلال و نهايتـا، كـاهش محـصول مـي‌شـود (Edmeads *et al.*, 1999). همانطور كه در جدول شماره ۱ آمده است كمترين تغييـرات بـر اثـر تـنش مربـوط بـه عرض دانه است. اين موضوع مي تواند به اين دليل باشد كه با كاهش تعداد دانه در بلال، دانه هاي باقي مانـده بـا استفاده از آسيميلات موجود شرايط رشد مناسـب تـري داشتند.

كليه شاخص هاي مورد نظر با توجه به فرمـول هـاي تعريف شده محاسبه و به همراه مقايسه ميانگين عملكرد دانه در شرايط نرمال و تـنش در جـدول ۲ آمـده اسـت. بيشترين عملكرد را در شرايط نرمـال و تـنش بـه ترتيـب هيبريـــــــدهاي BC504 و BC652 داشـــــــتند. هيبريدهاي BC678 و NS540 به ترتيب كمترين عملكرد را در شرايط نرمال و تنش داشتند. در شاخص ميانگين حسابي با توجه به اينكه ميزان بالاي عددي اين شاخص نشان دهنده تحمل به تـنش اسـت، هيبريـدهاي BC504، BC652 و KSC302 به عنـوان هيبريـدهاي برتـر انتخـاب شدند. اين شاخص هيبريد هاي NS540 و BC678 را بـه عنوان هيبريد هاي ضعيف تر معرفـي كـرد. در شـاخص ميانگين هارمونيک با توجه به اينكه ميزان بالاي عـددي نـشان دهنـده تحمـل اسـت از ميـان هيبريـدهاي مـورد بررسي به ترتيب BC652، BC504 و KSC302 به عنـوان ژنوتيپ هاي برتـر شناسـايي شـدند. ايـن شـاخص همـه هيبريدهائي كه داراي عملكرد بالايي بودند را به عنـوان هيبريدهاي متحمل تشخيص داد (جدول ۲). مشاهده مي شـود شـاخص Harm در شناسـايي ژنوتيـپ هـاي پـر محصول و متحمل بـه خـشكي در ذرت مطلـوب اسـت. ايـــن شـــاخص هيبريـــد هـــاي NS540 و BC678، را هيبريـــدهاي ضـــعيف در برابـــر تـــنش معرفـــي كـــرد (جدول ۲). در شاخص تحمل بـه تـنش (STI)، مقـادير عددي بالا نشان دهنده متحمل بـودن هيبريـد اسـت. بـر اين اساس هيبريدهاي BC504، BC652 و KSC302، بـه عنوان ژنوتيپ هاي متحمل شناسايي شدند. همانطور كه مشاهده مي شود اين شاخص توانـست همـه هيبريـدهاي كه داراي عملكرد بالا در شرايط تنش بودند را به عنوان هيبريد متحمل شناسايي كند. از نظر اين شاخص هيبريد هـاي NS540 و BC678، جـزء هيبريـدهاي ضـعيف در شرايط تنش مي بودنـد. در شـاخص GMP بـا توجـه بـه اينكـه مقـادير عـددي بـالا نـشان دهنـده تحمـل نـسبي ژنوتيـپ هـا مـي باشـد، هيبريـدهاي BC504،BC652 وKSC302، بعنوان هيبريدهاي متحمـل شناسـايي شـدند. شاخصGMP يک شـاخص مناسـب در شناسـايي ارقـام متحمل مي باشد و همانطور كـه مـشاهده مـي شـود ايـن شاخص ژنوتيپ هايي راكه داراي عملكرد بـالا هـستند را به عنوان هيبريد متحمل شناسايي كرد و مي توانـد بـه عنـوان يـک شـاخص مناسـب در شناسـايي هيبريـدهاي متحمل معرفي شود (مقدم و هـادي‌زاده, ۱۳۸۱). از نظـر

1- Anthesis- Silking Interval

جدول ۱- تغيير در ميانگين عملكرد دانه و اجزاي آن در شرايط نرمال و تنش خشكي

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	رديف دانه در بلال	11.93	13.72	15.58
Kernel/ ear row	دانه در رديف 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	هكتوليتر	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)	عملكرد (تن در هكتار	31.72	4.160	6.093

جدول ۲- برآورد شاخص هاي تحمل به خشكي در هيبريد هاي 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

- ميانگين هاي، در هر ستون، كه داراي حروف مشابه مي باشند، بر اساس آزمون چند دامنه اي دانكن در سطح احتمال ۵% اختلاف معني داري 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

اين شاخص هيبريدهاي NS540 و BC678 هيبريـدهاي ضعيف در شرايط تنش مي بودند. برتـري ايـن شـاخص نسبت به ميـانگين حـسابي (MP) آنـست كـه بـه مقـادير مختلف Y_P و Y_S حساسيت كمتري دارد (جدول ۲).

در شاخص تحمل TOL، مقادير عددي پايين در اين شاخص نشان دهنـده تحمـل نـسبي هيبريـدها مـي باشـد بنــابراين هيبريــدهاي BC462 و OSSK499 بــه عنــوان هيبريدهاي متحمـل شناسـايي شـدند. شـاخص TOL در گزينش ژنوتيپ هايي موفق بـود، كـه عملكـرد آنهـا در شرايط تنش بالا بود، ولي در گزينش ژنوتيپ هايي كـه در هـر دو محـيط تـنش و بـدون تـنش داراي عملكـرد مناسب بودند موفق نبود. در واقع شاخص TOL به نوعي

تغيير حاصل از شرايط تنش را بيان مي كند. نكته ديگـر در مورد اين شاخص آنست كه پايين بـودن TOL الزامـا به معني بالا بودن عملكرد در شرايط بدون تنش نيـست، بلكه ممكن است عملكرد يک هيبريد در شرايط بـدون تنش پايين باشد و در شرايط تـنش نيـز بـا افـت كمتـري همراه باشد، كه اين باعث كوچک ماندن TOL مي شود (مقـــدم و هـــاديزاده، ۱۳۸۱). در ايـــن شـــاخص ملاحظـــه مـــي كنـــيم هيبريـــدهاي KSC320، BC504 و NS540 به عنوان هيبريد هاي ضـعيف انتخـاب شـدند (جدول ۲).

هيبريد BC504 كه عملكرد بالايي در شـرايط نرمـال داشـت، در شـرايط تـنش هـم بعـد از هيبريـد BC652 بالاترين عملكرد را داشت، به دليل تغييرات زيـادي كـه عملكـرد آن در دو شـرايط داشـت بـه عنـوان ژنوتيـپ حساس از نظر اين شاخص انتخاب شد (جدول ۲).

در شـاخص حـساسيت بـه تـنش (SSI) بـا توجـه بـه اينكه مقادير عددي پايين در اين شـاخص نـشان دهنـده هيبريـد هـاي متحمـل اسـت, هيبريـدهايBC462 و OSSK499 بـه عنـوان هيبريـدهاي متحمـل و دو هيبريـد NS540 و KSC320 به عنوان هيبريدهاي حساس انتخاب شدند. در محاسبه ايـن شـاخص يـک جـز بـه نـام SI يـا شدت تـنش وجـود دارد كـه در ايـن تحقيـق مقـدار آن ۰/۶۸۳ بود (جدول ۲). هر چـه ايـن جـزء بزرگتـر باشـد شـاخص SSI كـوچكتر مـي شـود(مقـدم و هـاديزاده، ۱۳۸۱). شاخص SSI علاوه بر ميزان عملكـرد هيبريـدها در شرايط تنش به تغيير يا آسيب وارده به هيبريـد هـا در اثر تنش نيـز عكـس العمـل نـشان مـي دهـد. يعنـي اگـر هيبريدي در هـر دوشـرايط تـنش و بـدون تـنش داراي عملكرد بالاتري باشد اما درصـد تغييـر زيـادي را نـشان دهد به عنوان هيبريد متحمل شناسائي نمي شود، هيبريـد BC504 كه داراي عملكرد بالا در هر دو شرايط تـنش و بدون تنش بود، بـه علـت درصـد تغييـر زيـاد بـه عنـوان هيبريد متحمل شناسايي نشد (جدول ۲).

عملكرد در شـرايط تـنش و نرمـال بـا GMP، STI و Harm همبـــستگي مثبـــت و معنـــي داري در ســـطح احتمال۱% دارد (جدول ۳)، با توجه به اينكه اين شاخص ها با هر دو شرايط تنش و بدون تـنش داراي همبـستگي بالايي داشتند، مي توانند جهـت دسـت يـابي بـه هيبريـد هاي پر محصول در هر دو شرايط محيطي مورد اسـتفاده قـرار گيرنـد. طبـق نظـر فرنانـدز(Fernandez, 1992)، شاخص‌هايي كه در هـر دو محـيط تـنش و بـدون تـنش (نرمال) داراي همبستگي بالايي با عملكرد دانه باشند بـه عنوان بهترين شـاخص‌هـا معرفـي مـي شـوند. زيـرا ايـن شاخص‌ها قادر به جداسـازي ژنوتيـپ‌هـايي بـا عملكـرد دانـه بـالا در هـر دو محـيط مـي‌باشـند. همبـستگي بـين عملكرد دانه در شـرايط تـنش و شـاخص حـساسيت بـه تنش(SSI) منفي بود. شاخص بهره وري متوسط (MP)، شــاخص ميــانگين هندســي محــصول دهــي (GMP)، شــاخص تحمــل تــنش (STI) و ميــانگين هارمونيــک (Harm)، همبـستگي بـالا و معنـي داري را بـا يكـديگر داشتند. بدين ترتيب نتيجه مي گيريم شاخص هاي اخيـر در برنامـه هـاي گـزينش بـراي بهبـود تحمـل بـه تـنش خـــشكي در ذرت، تقريبـــا نتـــايج مـــشابه اي داشـــتند (جدول ۳). دو شـاخص SSI و TOL كـه مقـدار عـددي پايين آن نشان دهنـده ژنوتيـپ هـاي متحمـل مـي باشـد داراي همبستگي بالايي با هم بودند.نتايج اين تحقيـق بـا يافته هـاي فرنانـدز(Fernandez, 1992)، مقـدم و هـادي زاده(۱۳۸۱)، مطابقـت دارد. در بررســي شــاخص هــا مشاهده شد كه توانايي گزينش هيبريد هاي برتر توسـط شاخص ها به نحو مطلوبي انجام نمي شود.

فرنانـدز (Fernandez, 1992) در بررســي عملكــرد ژنوتيـپ هـا در دو محـيط تـنش و بـدون تـنش، تظـاهر گياهان نسبت به دو محيط را به چهار گروه تقسيم نموده است:

الف)ژنوتيپ هـايي كـه عملكـرد مـشابهي را درهـر دومحيط تنش و بدون تنش دارا هستند (گروه A).

ب)ژنوتيپ هايي كه فقط عملكرد خوبي در محـيط بدون تنش دارا هستند (گروهB).

ج)ژنوتيپ هـايي كـه عملكـرد بـالايي را در محـيط تنش دارا هستند (گروهC).

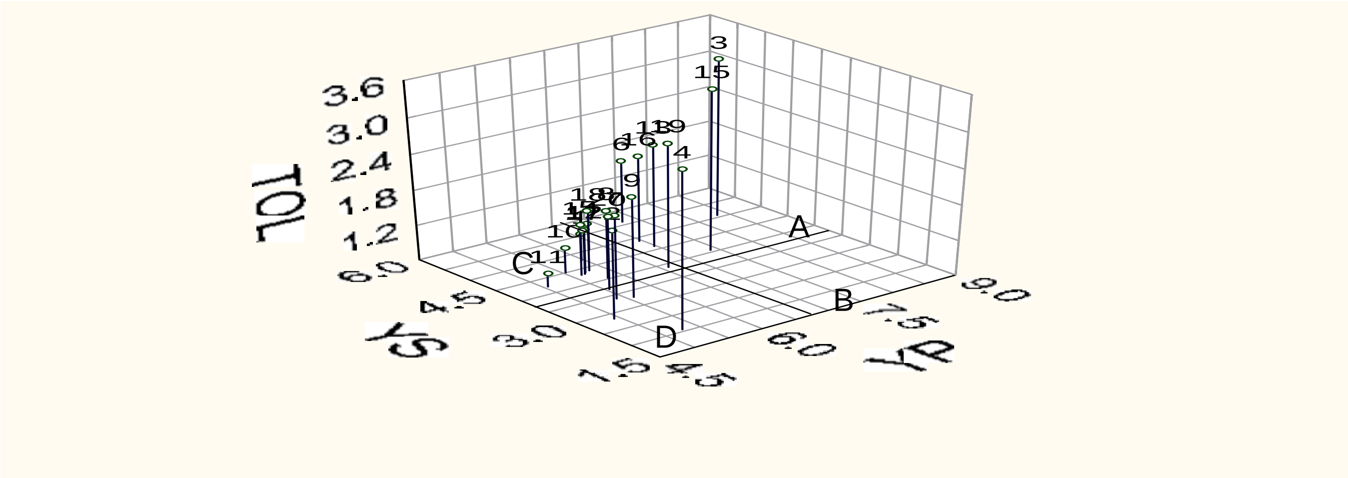
د)ژنوتيپ هايي كه عملكرد محصول كمي را در دو محيط دارا هستند (گروه D).

به نظر ايشان مناسب ترين معيار انتخـاب بـراي تـنش معياري است كه قادر به تشخيص گروه A از ساير گروه هاي ديگر باشد.

براي گروه بندي هيبريدها از پلات هـاي سـه بعـدي استفاده شد. كه در آن عملكرد در محيط بدون تنش بـر روي محـور X هـا، عملكـرد در محـيط تـنش بـر روي محور Y ها و يكـي از شـاخص هـاي انتخـاب شـده بـر روي محور Z ها نمـايش داده شـد. بـدين منظـور، بـراي نـشان دادن روابـط بـين ايـن سـه متغيـر و جـدا نمـودن ژنوتيپ‌هاي گروه A از ديگر گروه‌ها (گروه B، D و C) و همچنين تشخيص سودمندي شاخص مورد نظر بعنوان معياري بـراي انتخـاب ارقـام پـر محـصول و متحمـل بـه خشكي سطح x-y به وسيله كـشيدن خطـوط متقـاطع بـه چهـار گـروهA, B, C وD طبـق طبقـه بنـدي فرنانـدز (Fernandez, 1992) تقسيم گرديد. نتايج در شكل هـاي ۱ تا ۶ ارائه شده است.

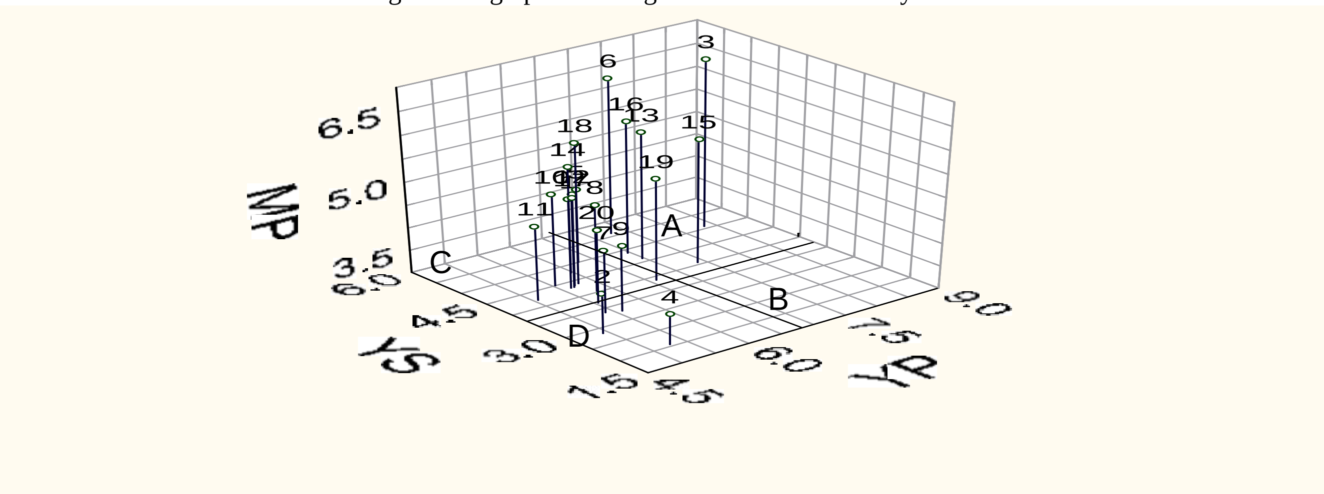
با توجه به اينكه مقـادير پـايين TOL نـشاندهنده تحمـل اســت، هيبريــدهاي BC462 و OSSK499 بــه عنــوان هيبريدهاي متحمـل شناسـايي شـدند. عليـرغم كوتـاهي خــط و داشـتن TOLپـايين، بـه علـت عملكـرد پـايين درشرايط بدون تنش در گروه A قرار نمـي گيرنـد و در گروه C قرار گرفتند (شكل ۱). بـدين ترتيـب مـي تـوان گفت كه گزينش بر اساس اين شـاخص سـبب انتخـاب ژنوتيپ هايي با عملكرد بالقوه پايين تحت شرايط بدون تنش و عملكرد بـالا تحـت شـرايط تـنش مـي شـود. در اغلب آزمايش هـاي مقايـسه عملكـرد، همبـستگي ميـان شـاخص هـاي TOL و Yp منفـي و همبـستگي شـاخص هاي TOL و Ys مثبت مي باشد. بنـابراين، ايـن شـاخص قادر به تفكيك و شناسايي گروه C از A نمـي باشـد. در شاخصMP يا ميانگين حسابي با توجه بـه اينكـه ميـزان بالاي عددي اين شاخص نـشان دهنـده تحمـل بـه تـنش است، هيبريدهاي BC504، BC652 و KSC302 به عنوان هيبريـدهاي متحمـل شناسـايي شـدند. همـانطور كـه در شكل ۲ ديده مي شود، اين هيبريد هـا در گـروه A قـرار گرفتند (شكل ۲). بنابراين مـي تـوان نتيجـه گرفـت كـه شاخص MP تمايل به گزينش ژنوتيپ هايي بـا عملكـرد بالقوه بالاتر و تحمل به تنش پايين تـر دارد. در شـاخص GMP با توجه به اينكه مقادير عـددي بـالا نـشان دهنـده تحمل نسبي ژنوتيپ ها مي باشد. هيبريـدهاي BC504 ، BC652 و KSC302، عنوان هيبريدهاي متحمل شناسايي شدند. بنابراين شاخص GMP در مقايسه با شاخص MP، قدرت بالاتري در تفكيـك گـروهA از سـاير گـروه هـا دارد (شــكل ۳).همچنــين در شــاخص Harm از ميــان هيبريدهاي مورد بررسي بـه ترتيـب BC652، BC504 و KSC302 به عنوان ژنوتيپ هاي برتر شناسايي شدند. اين هيبريدها در گروه A قرار گرفتند. در مورد هيبريـدهايي كه با وجود خط بلند در گروه A قرار نگرفتند، علت آن پـايين تـر بـودن عملكـرد پتانـسيل آنهـا در مقايـسه بـا هيبريدهاي ديگر مي بود (شكل ۵).

در شـاخص SSI كـه خطـوط كوتـاه تـر نـشاندهنده تحمـل اسـت كـه بـر ايـن اسـاس هيبريـدهايBC462 و OSSK499 بـه عنـوان هيبريـدهاي متحمـل و دو هيبريـد NS540 و KSC320به عنوان هيبريدهاي حساس انتخـاب شدند. با توجه به شكل ۴ ملاحظه مي شـود هيبريـدهاي انتخابي اين شاخص در گروه C قرار گرفتنـد، و هيبريـد KSC320 كـه در گـروه A قـرار گرفـت و از نظـر ايـن شاخص حساس بود. بنابراين مي توان نتيجه گرفـت كـه انتخاب بر اساس SSI سـبب گـزينش ژنوتيـپ هـايي بـا عملكرد پايين در شـرايط عـادي ولـي عملكـرد بـالا در محيط تنش شد. بنابراين SSI قادر به تفكيك و شناسايي گروه A از گـروه C نمـي باشـد (شـكل ٤). در شـاخص



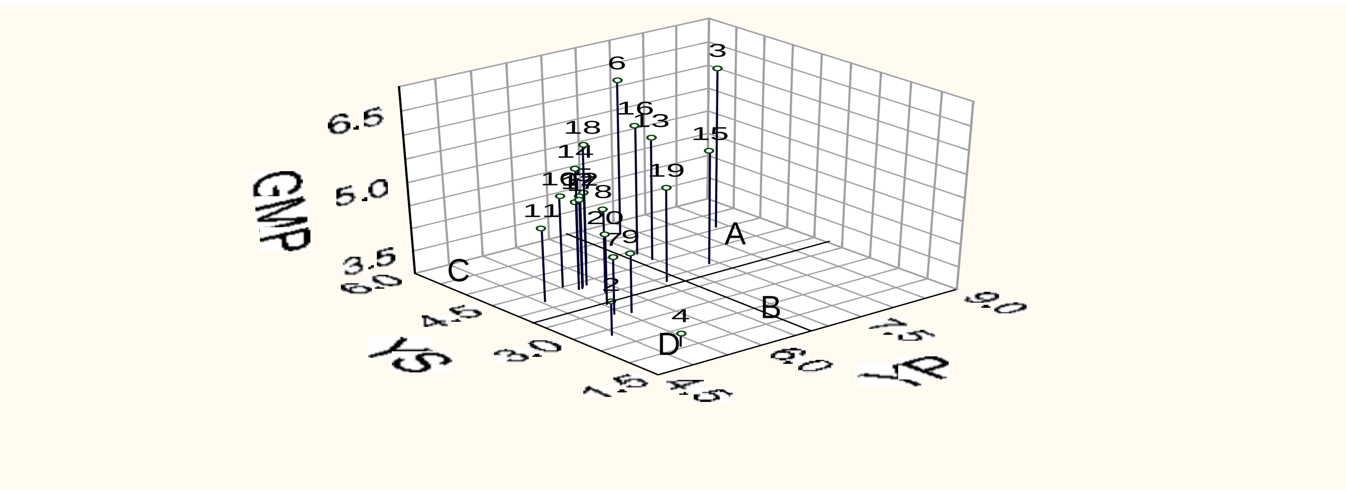
شكل ۱- نمودار سه بعدي تعيين هيبريد هاي متحمل به خشكي بر اساس شاخص TOL

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



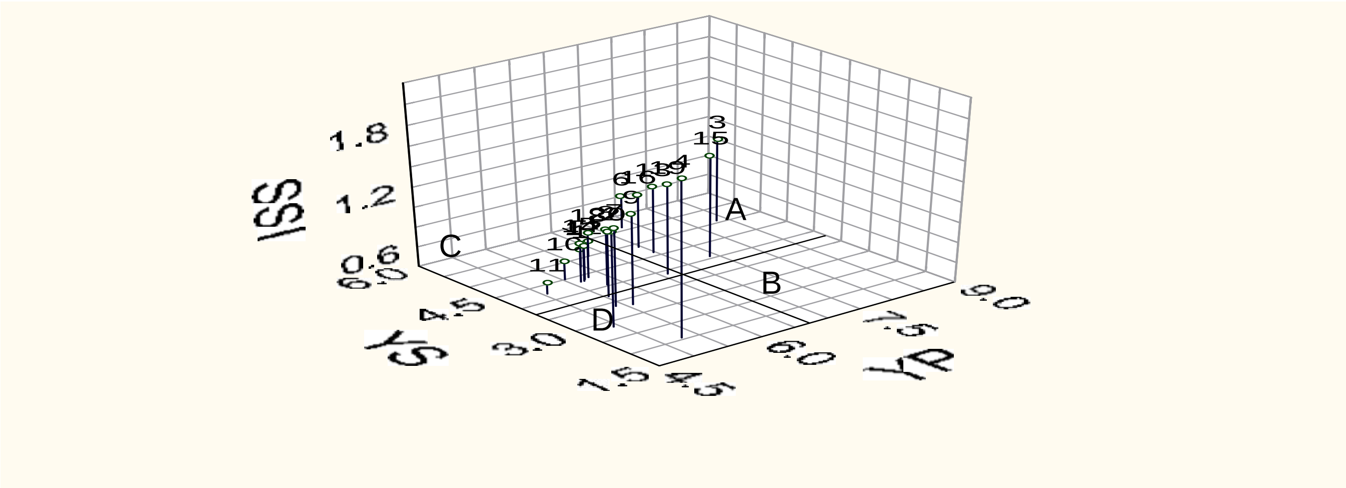
شكل ۲- نمودار سه بعدي تعيين هيبريد هاي متحمل به خشكي بر اساس MP

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



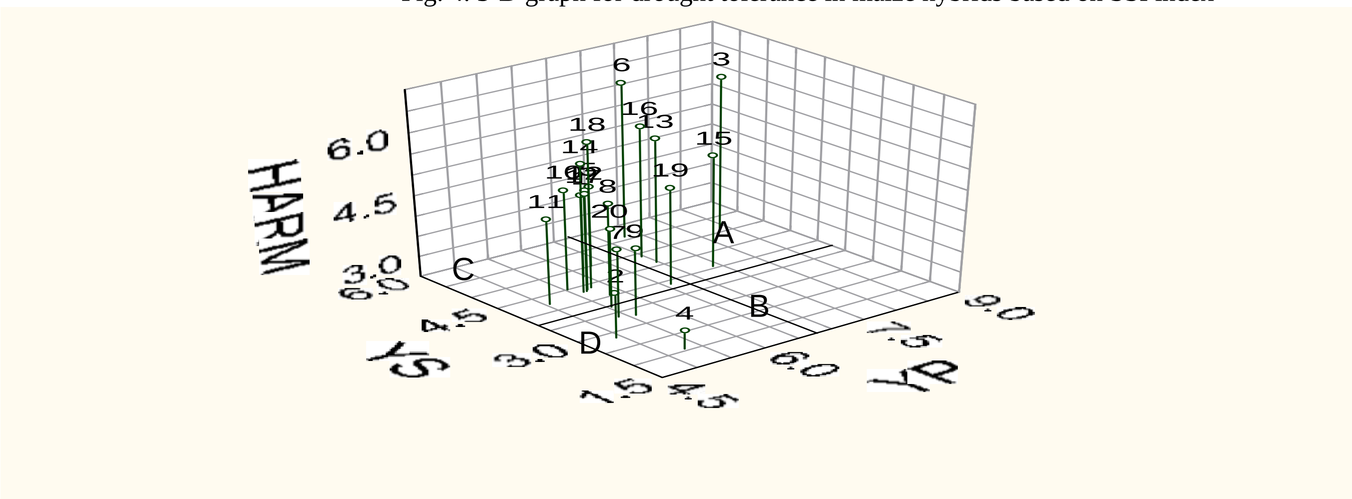
شكل ۳- نمودار سه بعدي تعيين هيبريد هاي متحمل به خشكي بر اساس GMP

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



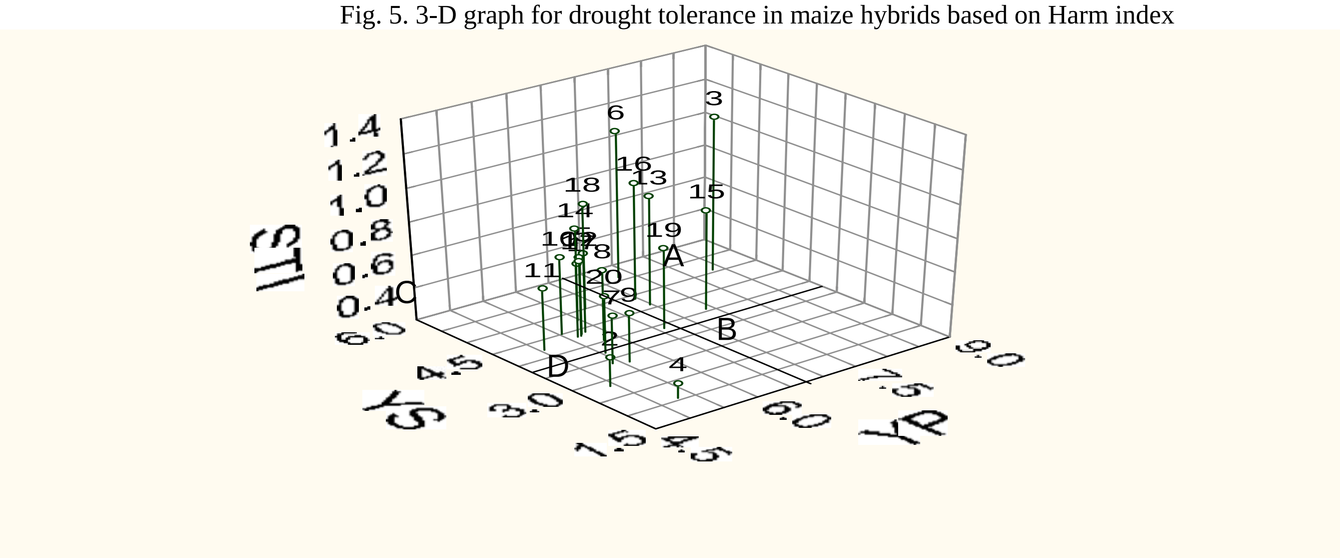
شكل ۴- نمودار سه بعدي تعيين هيبريد هاي متحمل به خشكي بر اساس SSI

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



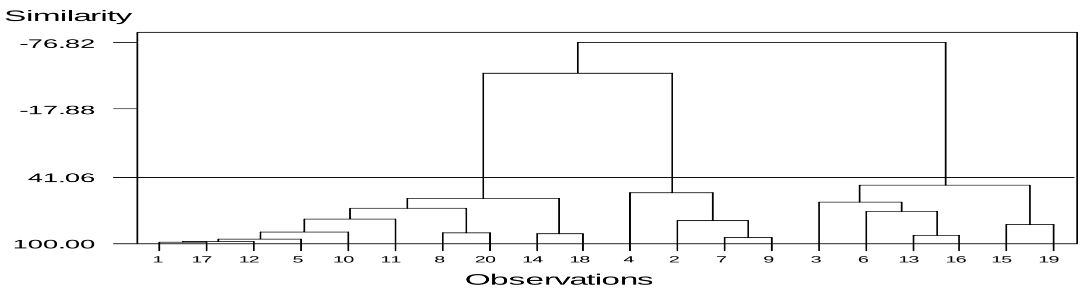
شكل ۵- نمودار سه بعدي تعيين هيبريد هاي متحمل به خشكي بر اساس Harm

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



شكل ۶- نمودار سه بعدي تعيين هيبريد هاي متحمل به خشكي بر اساس STI

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



شكل ۷- دندوگرام حاصل از تجزيه خوشه اي هيبريد هاي ذرت بر اساس شاخص هاي تحمل و حساسيت به تنش و عملكرد دانه

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

STI كه خطوط بلندتر نشاندهنده تحمل است، هيبريدهاي BC504، BC652 و KSC302، به عنوان هيبريد هاي متحمل شناسايي شدند. اين شاخص توانست همه هيبريدهاي كه داراي عملكرد بالا در شرايط تنش بودند را به عنوان هيبريد متحمل شناسايي كرد و همگي در گروه A قرار گرفتند. هيبريد هاي NS540 و BC678، هيبريدهاي ضعيف در شرايط تنش مي باشند، كه در گروه D قرار گرفتند. بنابراين طبق نتايجي كه فرناندز(Fernandez, 1992) نيز گزارش كرد، شاخص STI قادر به تفكيك و شناسايي ژنوتيپ هاي گروه A از گروه C وB بود (شكل ٦).

با توجه به شاخص هاي ارزيابي مورد مطالعه در شرايط نرمال و تنش، جهت شناسايي گروه هاي ژنوتيپي مختلف به دسته بندي هيبريد ها در گروه هاي مشابه از روش كلاستر بندي نيز استفاده شد (شكل ۷). همانطور كه در اين شكل مشاهده مي شود، با برش خطي از نقطه تشابه ۴۱/۰۶ هيبريد هاي موجود به سه گروه با تشابهاي درون گروهي بالا و برون گروهي پايين تقسيم شدند.

گروه يک شامل ژنوتيپ هاي BC582، KSC250، DSSK444، BC666، OSSK499 و BC462 مي باشد كه دو هيبريدMV502 و KSC704 به جمع اين گروه اضافه شده، و در نهايت دو هيبريد BC418 و KSC260 هم به جمع اين گروه اضافه شدند. به اين ترتيب ۱۰ تا از هيبريد هاي مورد مطالعه در اين گروه قرار گرفتند. اگر به نمودارهاي سه بعدي كه در نمودار هاي ۱ تا ۶ رسم شده اند مراجعه شود، مشاهده مي شود هيبريدهاي فوق در گروه C قرار گرفتند. هيبريدهاي اين گروه از نظر شاخص هاي TOL و SSI كمترين ميانگين را به خود اختصاص دادند، به دليل عملكرد پايين در شرايط بدون تنش و عملكرد بالا در شرايط تنش، اين گروه بر اساس تقسيم بندي فرناندز در گروه C قرار گرفتند(شكل ۷).

با توجه به شكل ۷ مشاهده مي شود هيبريد هاي NS540، BC678، BC572 و KSC500 در يک گروه قرار گرفتند. با مراجعه به نمودار هاي سه بعدي متوجه مي شويم كه بر اساس طبقه بندي فرناندز (Fernandez, 1992)، هيبريد هاي اين گروه، در دسته D اين طبقه بندي (عملكرد پايين در هر دو شرايط بدون تنش و تنش) قرار گرفتند. و در اكثر موارد، هيبريد هاي اين گروه از لحاظ دو شاخص هاي TOL و SSI ، بالاترين مقدار را در بين هيبريد ها داشتند. هيبريدهاي گروه بعد شامل BC504، BC652، BC404، KSC302، KSC320 و KSC647 بودند. اين گروه از نظر شاخص هاي Harm،STI ، GMP وMP رتبه هاي بالاتر را در بين هيبريدها داشتند و همچنين از نظر عملكرد دانه، ميانگين هيبريد هاي اين گروه نسبت به ساير

گروه ها بيشتر بود (شكل ۷). و بر اساس نمودارهاي سه بعدي در گروه A قرار مي گيرند.

مشاهده مي شود كه شاخص MP، Harm، STI و GMP كه مقادير بالاي آنها نشان دهنده هيبريد هاي 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 هاي متحمل و هيبريد هاي NS540 و BC678 را حساس شناسائي كردند. بررسي هاي فوق نشان مي دهد كه هيبريدهاي BC504، BC652، BC404، KSC302،KSC320 و KSC647 به عنوان ژنوتيپ هاي متحمل مي‌باشند. شاخص‌هاي MP، Harm، STI و GMP ، با توجه به پتانسيل عملكرد هيبريدها در شرايط نرمال و تنش، هيبريدهاي BC504 و BC652 را به عنوان هيبريد هاي متحمل و هيبريد هاي NS540 و BC678 را حساس شناسائي كردند. با توجه به اين نمودار ها تقريبا توانايي تفكيک هيبريد ها توسط اين شاخص ها شبيه هم بودند. با بررسي نتايج فوق متوجه مي‌توان هيبريدهاي BC504، BC652، BC404، KSC302، KSC320 و KSC647 به عنوان هيبريد هاي متحمل معرفي كرد.

جدول ۳ –همبستگي بين شاخص هاي 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 معني دار

ns: Non-Significant

منابع مورد استفاده

References

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

مقدم، ع. و هادي زاده. ۱۳۸۱. عكس‌العمل هيبريدهاي ذرت و لاين‌هاي والدي آنها به خشكي با استفاده از شاخص‌هاي مختلف تحمل به تنش. مجله نهال بذر، ۱۸،(۳): ۲۷۲- ۲۵۵.

مجيديان، م.، ح، غديري.وع، كامكار حقيقي. ۱۳۸۱. بررسي تاثير تنش رطوبت و نيتروژن در مراحل مختلف رشد بر عملكرد و راندمان استفاده از آب در ذرت دانه اي. 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 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.

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

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.