"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 پژوهش در سال زراعي ۱۳۸۵ در نزديكي شهرك شكوهيه در استان قم در منطقه اي نيمه خشک و معتدل، اجرا گرديد. در اين تحقيق۲۰ هيبريد ذرت در قالب دو آزمايش جداگانه و با استفاده از طرح بلوك كامل تصادفي، در چهار تكرار در شرايط آبياري معمول (آبياري بعد از تخليه ۳۰ درصد آب قابل دسترس) و تنش خشكي (آبياري بعد از تخليه ٦۰ درصد آب قابل دسترس) مورد بررسي قرار گرفتند. نتايج تجزيه واريانس عملكرد دانه و اجزاي عملكرد در شرايطآبياري معمول وتنش خشكي وجود تنوع در بين هيبريدها را نشان داد. بيشترين عملكرد دانه را در شرايط نرمال و تنش به ترتيب هيبريدهاي BC504 و BC652 داشتند. هيبريدهايBC678 و NS504 به ترتيب كمترين عملكرد را در شرايط نرمال و تنش داشتند. براي ارزيابي تحمل هيبريدها به تنش از شاخص هاي حساسيت به تنش (SSI)، ميانگين هارمونيک (Harm)، تحمل(TOL)، بهره‌وري متوسط (MP)، تحمل به تنش (STI) و ميانگين هندسي بهره‌وري (GMP) استفاده گرديد. با بررسي شاخص هاي انتخاب براي تحمل به خشكي هيبريدهاي BC504، BC652، BC404، KSC302،KSC320 و KSC647 به عنوان هيبريد هاي متحمل به تنش معرفي شدند. شاخص هاي STI، MP، GMP و Harm مناسب‌ترين شاخص ها براي كاربرد 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 ۱۶۵ 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):

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

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

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

- ميانگين هارموني (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):

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

مقدار بالاتر شاخص STI 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 Yp , Ys 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 بدون تنش.

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

در اين تحقيق از نرم‌افزارهاي 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 شده است. بيشترين ميزان تغييرات مربوط به صفت تعداد دانه در بلال مي باشد. كامپوس و همكاران (Campose *et al.*, 2004) در تحقيقي كه براي بهبود تحمل به خشكي در ذرت انجام دادند به اين نتيجه دست يافتند كه ذرت در مرحله گل‌دهي، زمان رشد خامه و گرده‌افشاني بيشترين حساسيت را به خشكي دارد. بدين ترتيب، تنش آبي باعث تأخير در ظهور كاكل نسبت به ظهور گل تاجي و نهايتاً افزايش ASI[1] مي‌شود و در نتيجه منجر به عدم باروري گلچه‌ها و تعداد دانه در بلال و نهايتا، كاهش محصول مي‌شود (Edmeads *et al.*, 1999). همانطور كه در جدول شماره ۱ آمده است كمترين تغييرات بر اثر تنش مربوط به عرض دانه است. اين موضوع مي تواند به اين دليل باشد كه با كاهش تعداد دانه در بلال، دانه هاي باقي مانده با استفاده از آسيميلات موجود شرايط رشد مناسب تري داشتند.

كليه شاخص هاي مورد نظر با توجه به فرمول هاي تعريف شده محاسبه و به همراه مقايسه ميانگين عملكرد دانه در شرايط نرمال و تنش در جدول ۲ آمده است. بيشترين عملكرد را در شرايط نرمال و تنش به ترتيب هيبريدهاي BC504 و BC652 داشتند. 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 تنش است، هيبريدهاي BC504، BC652 و KSC302 به عنوان هيبريدهاي برتر انتخاب شدند. اين شاخص هيبريد هاي NS540 و BC678 را به عنوان هيبريد هاي ضعيف تر معرفي كرد. در شاخص ميانگين هارمونيک با توجه به اينكه ميزان بالاي عددي نشان دهنده تحمل است از ميان هيبريدهاي مورد بررسي به ترتيب BC652، BC504 و KSC302 به عنوان ژنوتيپ هاي برتر شناسايي شدند. اين شاخص همه هيبريدهائي كه داراي عملكرد بالايي بودند را به عنوان هيبريدهاي متحمل تشخيص داد (جدول ۲). مشاهده مي شود شاخص Harm در شناسايي ژنوتيپ هاي پر محصول و متحمل به خشكي در ذرت مطلوب است. اين شاخص هيبريد هاي NS540 و BC678، را هيبريدهاي ضعيف در برابر تنش معرفي كرد (جدول ۲). در شاخص تحمل به تنش (STI)، مقادير عددي بالا نشان دهنده متحمل بودن هيبريد است. بر اين اساس هيبريدهاي BC504 ،BC652 و KSC302، به عنوان ژنوتيپ هاي متحمل شناسايي شدند. همانطور كه مشاهده مي شود اين شاخص توانست همه هيبريدهاي كه داراي عملكرد بالا در شرايط تنش بودند را به عنوان هيبريد متحمل شناسايي كند. از نظر اين شاخص هيبريد هاي NS540 و BC678، جزء هيبريدهاي ضعيف در شرايط تنش مي بودند. در شاخص GMP با توجه به اينكه مقادير عددي بالا نشان دهنده تحمل نسبي ژنوتيپ ها مي باشد، هيبريدهاي BC652،BC504 وKSC302، بعنوان هيبريدهاي متحمل شناسايي شدند. شاخصGMP يک شاخص مناسب در شناسايي ارقام متحمل مي باشد و همانطور كه مشاهده مي شود اين شاخص ژنوتيپ هايي راكه داراي عملكرد بالا هستند را به عنوان هيبريد متحمل شناسايي كرد و مي تواند به عنوان يک شاخص مناسب در شناسايي هيبريدهاي متحمل معرفي شود (مقدم و هادي‌زاده, ۱۳۸۱). از نظر

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 تغييرات 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 هيبريدهاي ضعيف در شرايط تنش مي بودند. برتري اين شاخص نسبت به ميانگين حسابي (MP) آنست كه به مقادير مختلف Y_P و Y_S حساسيت كمتري دارد (جدول ۲).

در شاخص تحمل TOL، مقادير عددي پايين در اين شاخص نشان دهنده تحمل نسبي هيبريدها مي باشد بنابراين هيبريدهاي BC462 و OSSK499 به عنوان هيبريدهاي متحمل شناسايي شدند. شاخص TOL در گزينش ژنوتيپ هايي موفق بود، كه عملكرد آنها در شرايط تنش بالا بود، ولي در گزينش ژنوتيپ هايي كه در هر دو محيط تنش و بدون تنش داراي عملكرد مناسب بودند موفق نبود. در واقع شاخص TOL به نوعي

تغيير حاصل از شرايط تنش را بيان مي كند. نكته ديگر در مورد اين شاخص آنست كه پايين بودن TOL الزاما به معني بالا بودن عملكرد در شرايط بدون تنش نيست، بلكه ممكن است عملكرد يک هيبريد در شرايط بدون تنش پايين باشد و در شرايط تنش نيز با افت كمتري همراه باشد، كه اين باعث كوچک ماندن TOL مي شود (مقدم و هادي‌زاده، ۱۳۸۱). در اين شاخص ملاحظه مي كنيم هيبريدهاي KSC320، BC504 و NS540 به عنوان هيبريد هاي ضعيف انتخاب شدند (جدول ۲).

هيبريد BC504 كه عملكرد بالايي در شرايط نرمال داشت، در شرايط تنش هم بعد از هيبريد BC652 بالاترين عملكرد را داشت، به دليل تغييرات زيادي كه عملكرد آن در دو شرايط داشت به عنوان ژنوتيپ حساس از نظر اين شاخص انتخاب شد (جدول ۲).

در شاخص حساسيت به تنش (SSI) با توجه به اينكه مقادير عددي پايين در اين شاخص نشان دهنده هيبريد هاي متحمل است, هيبريدهاي BC462 و OSSK499 به عنوان هيبريدهاي متحمل و دو هيبريد NS540 و KSC320 به عنوان هيبريدهاي حساس انتخاب شدند. در محاسبه اين شاخص يک جز به نام SI يا شدت تنش وجود دارد كه در اين تحقيق مقدار آن ۰/۶۸۳ بود (جدول ۲). هر چه اين جزء بزرگتر باشد شاخص SSI كوچكتر مي شود(مقدم و هادي‌زاده، ۱۳۸۱). شاخص SSI علاوه بر ميزان عملكرد هيبريدها در شرايط تنش به تغيير يا آسيب وارده به هيبريد ها در اثر تنش نيز عكس العمل نشان مي دهد. يعني اگر هيبريدي در هر دوشرايط تنش و بدون تنش داراي عملكرد بالاتري باشد اما درصد تغيير زيادي را نشان دهد به عنوان هيبريد متحمل شناسائي نمي شود، هيبريد BC504 كه داراي عملكرد بالا در هر دو شرايط تنش و بدون تنش بود، به علت درصد تغيير زياد به عنوان هيبريد متحمل شناسايي نشد (جدول ۲).

عملكرد در شرايط تنش و نرمال با GMP، STI و Harm همبستگي مثبت و معني داري در سطح احتمال۱% دارد (جدول ۳)، با توجه به اينكه اين شاخص ها با هر دو شرايط تنش و بدون تنش داراي همبستگي بالايي داشتند، مي توانند جهت دست يابي به هيبريد هاي پر محصول در هر دو شرايط محيطي مورد استفاده قرار گيرند. طبق نظر فرناندز(Fernandez, 1992)، شاخص‌هايي كه در هر دو محيط تنش و بدون تنش (نرمال) داراي همبستگي بالايي با عملكرد دانه باشند به عنوان بهترين شاخص‌ها معرفي مي شوند. زيرا اين شاخص‌ها قادر به جداسازي ژنوتيپ‌هايي با عملكرد دانه بالا در هر دو محيط مي‌باشند. همبستگي بين عملكرد دانه در شرايط تنش و شاخص حساسيت به تنش(SSI) منفي بود. شاخص بهره وري متوسط (MP)، شاخص ميانگين هندسي محصول دهي (GMP)، شاخص تحمل تنش (STI) و ميانگين هارمونيک (Harm)، همبستگي بالا و معني داري را با يكديگر داشتند. بدين ترتيب نتيجه مي گيريم شاخص هاي اخير در برنامه هاي گزينش براي بهبود تحمل به تنش خشكي در ذرت، تقريبا نتايج مشابه اي داشتند (جدول ۳). دو شاخص SSI و TOL كه مقدار عددي پايين آن نشان دهنده ژنوتيپ هاي متحمل مي باشد داراي همبستگي بالايي با هم بودند.نتايج اين تحقيق با يافته هاي فرناندز(Fernandez, 1992)، مقدم و هادي زاده(۱۳۸۱)، مطابقت دارد. در بررسي شاخص ها مشاهده شد كه توانايي گزينش هيبريد هاي برتر توسط شاخص ها به نحو مطلوبي انجام نمي شود.

فرناندز (Fernandez, 1992) در بررسي عملكرد ژنوتيپ ها در دو محيط تنش و بدون تنش، تظاهر گياهان نسبت به دو محيط را به چهار گروه تقسيم نموده است:

الف)ژنوتيپ هايي كه عملكرد مشابهي را درهر دومحيط تنش و بدون تنش دارا هستند (گروه A).

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

ج)ژنوتيپ هـايي کـه عملکـرد بـالايي را در محـيط تنش دارا هستند (گروهC).

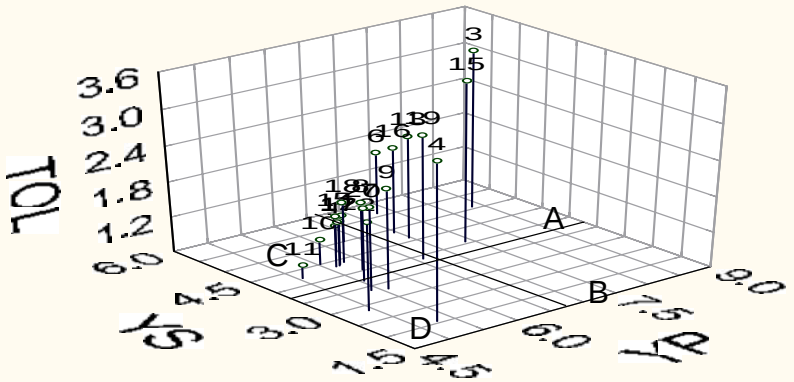
د)ژنوتيپ هايي که عملکرد محصول کمي را در دو محيط دارا هستند (گروه D).

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

براي گروه بندي هيبريدها از پلات هـاي سـه بعـدي استفاده شد. که در آن عملکرد در محيط بدون تنش بـر روي محـور X هـا، عملکـرد در محـيط تـنش بـر روي محور Y ها و يکـي 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 ژئوتيپ‌هاي 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 خشکي سطح x-y به وسيله کـشيدن خطـوط متقـاطع بـه چهـار گـروهA, B, C وD طبـق طبقـه بنـدي فرنانـدز (Fernandez, 1992) تقسيم گرديد. نتايج در شکل هـاي ۱ تا ۶ ارائه شده است.

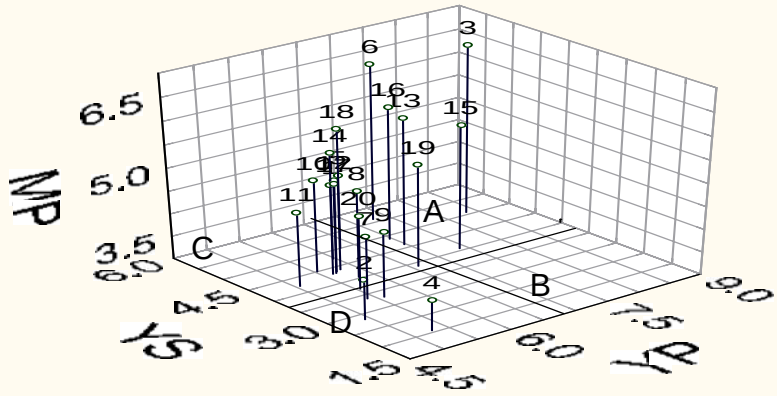
با توجه به اينکه مقـادير پـايين TOL نـشاندهنده تحمـل اسـت، هيبريـدهاي BC462 و OSSK499 بـه عنـوان هيبريدهاي متحمـل شناسـايي شـدند. عليـرغم کوتـاهي خـط و داشـتن TOLپـايين، بـه علـت عملکـرد پـايين درشرايط بدون تنش در گروه A قرار نمـي گيرنـد و در گروه C قرار گرفتند (شکل ۱). بـدين ترتيـب مـي تـوان گفت که گزينش بر اساس اين شـاخص سـبب انتخـاب ژنوتيپ هايي با عملکرد بالقوه پايين تحت شرايط بدون تنش و عملکرد بـالا تحـت شـرايط تـنش مـي شـود. در اغلب آزمايش هـاي مقايـسه عملکـرد، همبـستگي ميـان شـاخص هـاي TOL و Yp منفـي و همبـستگي شـاخص هاي TOL و Ys مثبت مي باشد. بنـابراين، ايـن شـاخص قادر به تفکيک و شناسايي گروه C از A نمـي باشـد. در شاخصMP يا ميانگين حسابي با توجه بـه اينکـه ميـزان بالاي عددي اين شاخص نـشان دهنـده تحمـل بـه تـنش است، هيبريدهاي BC504، BC652 و KSC302 به عنوان هيبريـدهاي متحمـل شناسـايي شـدند. همـانطور کـه در شکل ۲ ديده مي شود، اين هيبريد هـا در گـروه A قـرار گرفتند (شکل ۲). بنابراين مـي تـوان نتيجـه گرفـت کـه شاخص MP تمايل به گزينش ژنوتيپ هايي بـا عملکـرد بالقوه بالاتر و تحمل به تنش پايين تـر دارد. در شـاخص GMP با توجه به اينکه 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 تفکيـک گـروهA از سـاير گـروه هـا دارد (شـکل ۳).همچنـين در شـاخص Harm از ميـان 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 که با وجود خط بلند در گروه A قرار نگرفتند، علت آن پـايين تـر بـودن عملکـرد پتانـسيل آنهـا در مقايـسه بـا هيبريدهاي ديگر مي بود (شکل ۵).

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



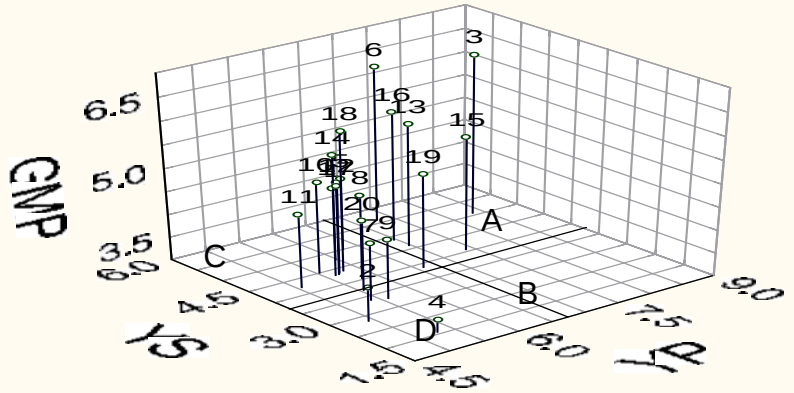
شكل ۱- نمودار سه بعدي تعيين هيبريد هاي متحمل به خشكي بر اساس شاخص TOL

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



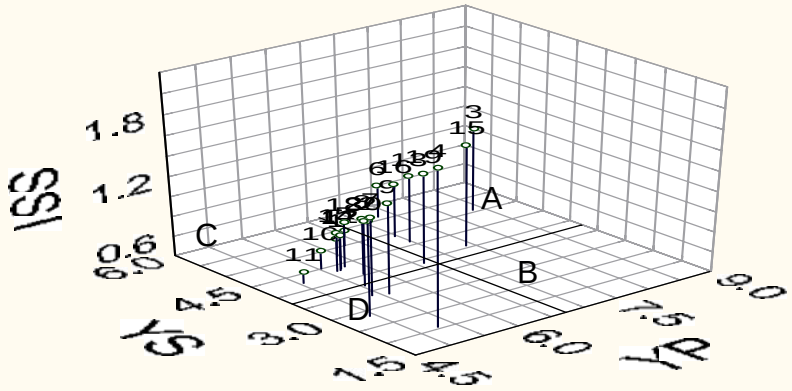
شكل ۲- نمودار سه بعدي تعيين هيبريد هاي متحمل به خشكي بر اساس MP

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



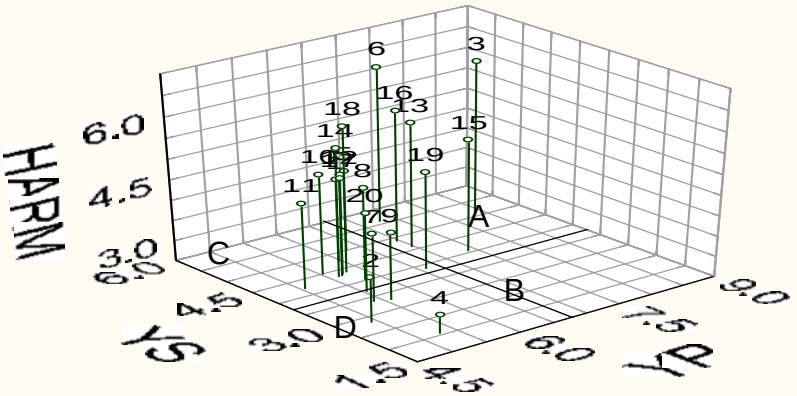
شكل ۳- نمودار سه بعدي تعيين هيبريد هاي متحمل به خشكي بر اساس GMP

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



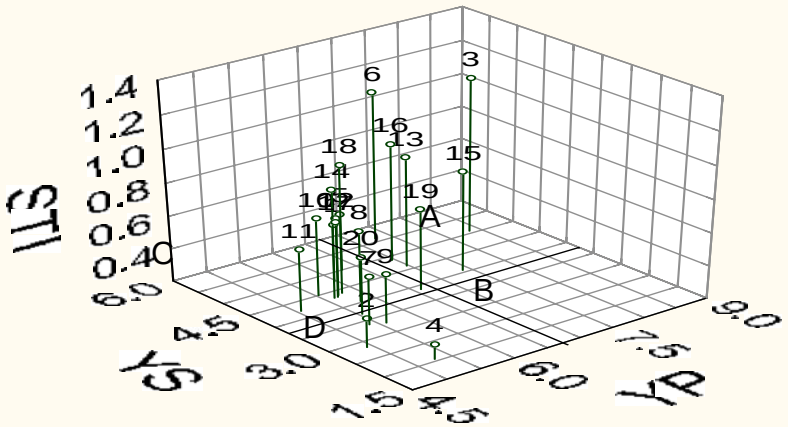
شکل ۴- نمودار سه بعدي تعيين هيبريد هاي متحمل به خشکي بر اساس SSI

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



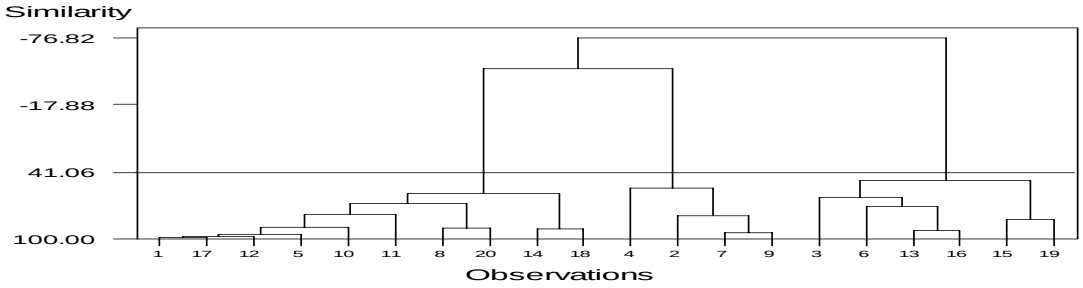
شکل ۵- نمودار سه بعدي تعيين هيبريد هاي متحمل به خشکي بر اساس Harm

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



شکل ۶- نمودار سه بعدي تعيين هيبريد هاي متحمل به خشکي بر اساس STI

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



شکل ۷- دندوگرام حاصل از تجزيه خوشه اي هيبريد هاي ذرت بر اساس شاخص هاي تحمل و حساسيت 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 نـشاندهنده تحمـل اسـت، هيبريـدهاي BC504، BC652 و KSC302، بـه عنـوان هيبريـد هـاي متحمـل شناسـايي شـدند. ايـن شـاخص توانـست همـه هيبريـدهاي کـه داراي عملکـرد بـالا در شرايط تنش بودند را به عنوان هيبريد متحمـل شناسـايي کرد و همگـي در گـروه A قـرار گرفتنـد. هيبريـد هـاي NS540 و BC678، هيبريدهاي ضعيف در شرايط تـنش مي باشند، که در گـروه D قـرار گرفتنـد. بنـابراين طبـق نتايجي که فرناندز(Fernandez, 1992) نيز گزارش کرد، شاخص STI قادر به تفکيك و شناسـايي ژنوتيـپ هـاي گروه A از گروه C وB بود (شکل ٦).

با توجه به شـاخص هـاي ارزيـابي مـورد مطالعـه در شـرايط نرمـال و تـنش، جهـت شناسـايي گـروه هـاي ژنوتيپي مختلف به دسته بندي هيبريد ها در گـروه هـاي مشابه از روش کلاستر بندي نيز استفاده شـد (شـکل ۷). همانطور که در اين شـکل مـشاهده مـي شـود، بـا بـرش خطي از نقطه تشابه ۴۱/۰۶ هيبريد هاي موجـود بـه سـه گروه بـا تـشابهاي درون گروهـي بـالا و بـرون گروهـي پايين تقسيم شدند.

گروه يک شـامل ژنوتيـپ هـاي BC582، KSC250، DSSK444، BC666، OSSK499 و BC462 مي باشد که دو هيبريدMV502 و KSC704 به جمع اين گروه اضافه شده، و در نهايت دو هيبريد BC418 و KSC260 هـم بـه جمع اين گـروه اضـافه شـدند. بـه ايـن ترتيـب ۱۰ تـا از هيبريد هاي مورد مطالعه در اين گروه قرار گرفتند. اگـر به نمودارهاي سه بعدي که در نمودار هاي ۱ تـا ۶ رسـم شده اند مراجعه شود، مشاهده مي شود هيبريدهاي فـوق در گروه C قرار گرفتند. هيبريـدهاي ايـن گـروه از نظـر شاخص هاي TOL و SSI کمتـرين ميـانگين را بـه خـود اختصاص دادند، به دليل عملکرد پايين در شرايط بدون تنش و عملکرد بالا در شرايط تنش، اين گروه بر اساس تقسيم بندي فرناندز در گروه C قرار گرفتند(شکل ۷).

با توجه به شـکل ۷ مـشاهده مـي شـود هيبريـد هـاي NS540، BC678، BC572 و KSC500 در يـک گـروه قرار گرفتند. با مراجعه به نمودار هاي سـه بعـدي متوجـه مـي شـويم کـه بـر اسـاس طبقـه بنـدي فرنانـدز (Fernandez, 1992)، هيبريد هاي اين گروه، در دسته D اين طبقه بندي (عملکرد پايين در هـر دو شـرايط بـدون تنش و تنش) قرار گرفتند. و در اکثر موارد، هيبريد هاي ايـن گـروه از لحـاظ دو شـاخص هـاي TOL و SSI ، بالاترين مقدار را در بين هيبريد هـا داشـتند. هيبريـدهاي گروه بعد شامل BC504، BC652، BC404، KSC302، KSC320 و KSC647 بودنـد. ايـن گـروه از نظـر شاخص هاي STI،Harm ، GMP وMP رتبه هاي بـالاتر را در بين هيبريـدها داشـتند و همچنـين از نظـر عملکـرد دانه، ميـانگين هيبريـد هـاي ايـن گـروه نـسبت بـه سـاير

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 هايNS540 و BC678 را حساس شناسائي كردند. بررسي هاي فوق نشان مي دهدكه 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 هايNS540 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.