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

مطالعه شاخص های انتخاب برای تحمل به خشکی 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 خشکی در تعدادی از هیبریدهای ذرت دانه ای. **مجله علوم زراعی ایران.** ۹ (۳): ۲۱۲-۲۰۰.

به منظور شناسایی هیبریدهای ذرت دانه ای متحمل به تنش خشکی، این پژوهش در سال زراعی 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 خشکی (آبیاری بعد از تخلیه ٦۰ درصد آب قابل دسترس) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه و اجزای عملکرد در شرایطآبیاری معمول وتنش خشکی 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 ارزیابی تحمل هیبریدها به تنش از شاخص های حساسیت به تنش (SSI)، میانگین هارمونیک (Harm)، تحمل(TOL)، بهره‌وری متوسط (MP)، تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) استفاده گردید. با بررسی شاخص های انتخاب برای تحمل به خشکی هیبریدهای BC504، BC652، BC404، KSC302، KSC320 و KSC647 به عنوان هیبرید های متحمل به تنش معرفی شدند. شاخص های STI، MP، GMP و Harm مناسب‌ترین شاخص ها برای کاربرد در برنامه به نژادی ذرت معرفی شدند. شاخص های مذکور بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش خشکی داشتند.

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

تاریخ دریافت: ۱۳۸٦/٦/۱٤

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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.3.1.1]

مقدمه

بررسی تحمل به خشکي و گزينش ژنوتيپ های محتمل بر اساس شرايط موجود هر منطقه انجام مي شود. تغييرات شديد مقدار بارش، شدت و پراکنش زياد بارندگي و نوسانات دما از خصوصيات دايمي مناطق خشک مي باشد. باتوجه به کمبود منابع آبی در کشور و نياز به صرفه جويی در مصرف اب، دستيابی به ارقامی که نياز کمتری به آب داشته باشند يا در اثر کمبود اب کمتر دچار صدمه و کاهش عملکرد شوند ضروری می‌باشد. با توجه به نقش ذرت در تولبددانه وعلوفه و تامين غذای دام و ديگر مصارف آن از جمله مصارف صنعتي سبب شده است که ذرت در ايران نيز جزء محصولات دارای اهميت تلقی شود. توسعه کشت ذرت در ايران در راستای خود کفايي از اهداف مهم مي باشد وبه همين منظور با اجرای برنامه‌های افزايش توليد ذرت دانه‌ای در چند سال اخير، اين محصول روند بسيار سريعی را از نظر سطح زير کشت، توليد و عملکرد طی نموده است.

مقدم و هادی زاده (۱۳۸۱) به منظور بررسی عکس العمل هيبريدهای ذرت و لاين‌های والد آنها به خشکی با استفاده از شاخصهای مختلف تحمل به تنش آزمايشی را با مورد اجرا گذاشتند که نتايج نشان داد از ميان چهار شاخص محاسبه شده به نام شاخص‌های STI، SSI، TOL و MP شاخص STI از مزايای بيشتری جهت گزينش ارقام مطلوب در شرايط 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 هيبريد های زود رس و دير رس ذرت به اين نتيجه رسيدند که هيبريدهای زود رس نسبت به هيبريدهای ديررس تحمل بيشتری داشتند که اين امر مي تواند موجب بهبود عملکرد شود. خليلي و همکاران (۱۳۸۳) در بررسي و ارزيابي اثر تنش خشکي بر عملکرد و اجزای عملکرد در هشت ژنوتيپ ذرت ديررس در شرايط بدون تنش و تنش در مرحله زايشي و رويشي نشان دادند که بر اساس شاخص های GMP و STI هيبريدهای با عملکرد بالا در دو محيط تنش و بدون تنش، و با استفاده از شاخص SSI هيبريد هايي با ميانگين عملکرد بالا در شرايط تنش انتخاب مي گردد (Fischer, and Maurer, 1978).

ککير (Cakir, 2004) در ازمايشی که بری مطالعه تاثير تنش رطوبتی بر روی مراحل مختلف رشد رويشی و زايشی ذرت انجام داد به اين نتيجه رسيد که تنش خشکي طي کاکل‌دهی منجر به کاهش ارتفاع گياه و نيز توسعه سطح برگ در ذرت می‌شود. کاهش آب طی رشد رويشی سريع موجب کاهش ۳۲- ۲۸ درصدی وزن ماده خشک نهايی می‌شود.

هدف از اين تحقيق، شناسائي ارقامي است که دوره آبياری بلند مدت يا قطع آبياری برای دو تا سه دور را در مراحل حساس رشد بتواند تحمل کنند.

مواد و روش‌ها

برای ارزيابي ميزان تحمل به خشکي در ۲۰ هيبريد ذرت، آزمايشي در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در چهار تکرار و در دو آزمايش جدا گانه تحت شرايط نرمال (آبياری بعد از تخليه ۳۰ درصد آب قابل دسترس) و تنش خشکي (آبياری بعد از تخليه رطوبت ۶۰ درصد آب قابل دسترس) در سال ۱۳۸۵انجام شد. محل اجرای تحقيق در شمال غربي استان قم و در نزديکي شهرک شکوهيه واقع بود و بر اساس روش آمبرژه جزء مناطق نيمه خشک معتدل مي باشد. ارتفاع منطقه از سطح دريا به طور متوسط ۱۱۰۰ متر و ميانگين حرارت بيشينه ان ۳۸ و کمينه ان ۸- درجه سانتيگراد است. ميزان بارندگی آن حدود ۱۶۵ ميلی متر در سال می باشد. سطح آب زير زمينی در زمان اجرای ازمايش در عمق بيش از ۵ متری قرار داشت. خاکورزی و زمان کاشت و عمليات داشت و برداشت طبق عرف محل انجام شد. خاک بر اساس

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-07-03]

[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 بررسی واکنش ژنوتیپ های مورد مطالعه به شرایط تنش خشکی، 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 می 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 می 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 می 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 2026-07-03]

[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 مي باشد.

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

نتایج و بحث

درصد تغییرات، میانگین عملکرد و برخي از صفات مربوط به اجزای عملکرد در جدول ۱ ارائه شده است. بیشترین میزان تغییرات مربوط به صفت تعداد دانه در بلال مي 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 خشکي دارد. بدین ترتیب، تنش آبی باعث تاخیر در ظهور کاکل نسبت به ظهور گل تاجی و نهایتا افزایش ASI[1] مي‌شود 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 مي تواند به این دلیل باشد که با کاهش تعداد دانه در بلال، دانه های باقي 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 حسابي 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 معرفي کرد. در شاخص میانگین هارمونیک با توجه به اینکه میزان بالای عددی نشان دهنده تحمل است از میان هیبریدهای مورد بررسي به ترتیب BC652، BC504 و KSC302 به عنوان ژنوتیپ های برتر شناسایي شدند. این شاخص همه هیبریدهائي که دارای عملکرد بالایی بودند را به عنوان هیبریدهای متحمل تشخیص داد (جدول ۲). مشاهده مي 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 معرفي 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 شناسایي 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 مي بودند. در شاخص GMP با توجه به اینکه مقادیر عددی بالا نشان دهنده تحمل نسبی ژنوتیپ ها مي 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 هایي راکه دارای عملکرد بالا هستند را به عنوان هیبرید متحمل شناسایی کرد و می تواند به عنوان یک شاخص مناسب در شناسایی هیبریدهای منحمل معرفی شود (مقدم و هادی‌زاده, ۱۳۸۱). از نظر

1- Anthesis- Silking Interval

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-07-03]

[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 2026-07-03]

[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 معنی‌داری 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 (گروه B).

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-07-03]

[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.

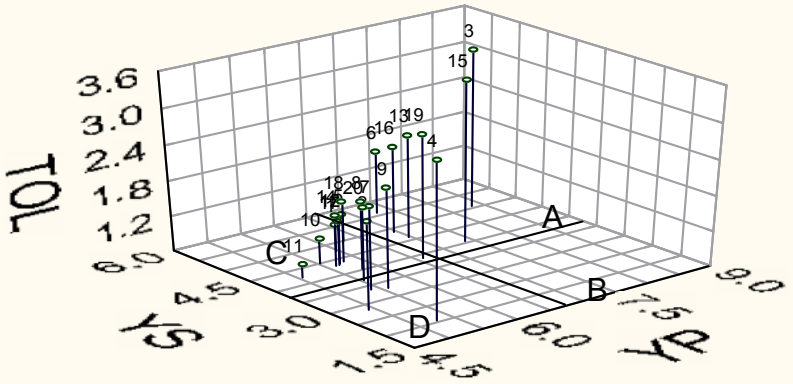
برای گروه بندی هیبریدها از پلات های سه بعدی استفاده شد. که در آن عملکرد در محیط بدون تنش بر روی محور X ها، عملکرد در محیط تنش بر روی محور Y ها و یکی از شاخص های انتخاب شده بر روی محور Z ها نمایش داده شد. بدین منظور، برای نشان دادن روابط بین این سه متغیر و جدا نمودن ژنوتیپ‌های گروه A از دیگر گروه‌ها (گروه 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 گروه A, 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

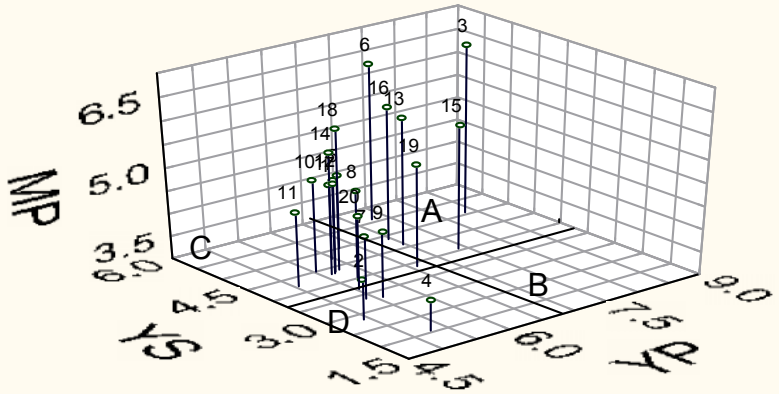
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.3.1.1]



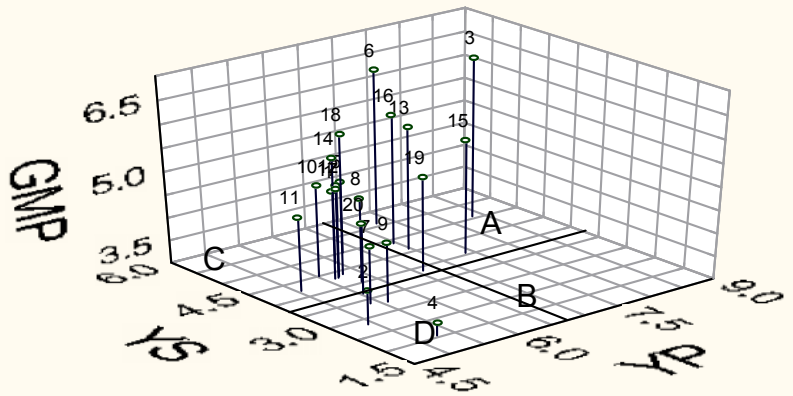
شکل ۱- نمودار سه بعدی تعیین هیبرید های متحمل به خشکی بر اساس شاخص TOL

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 خشکی بر اساس MP

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

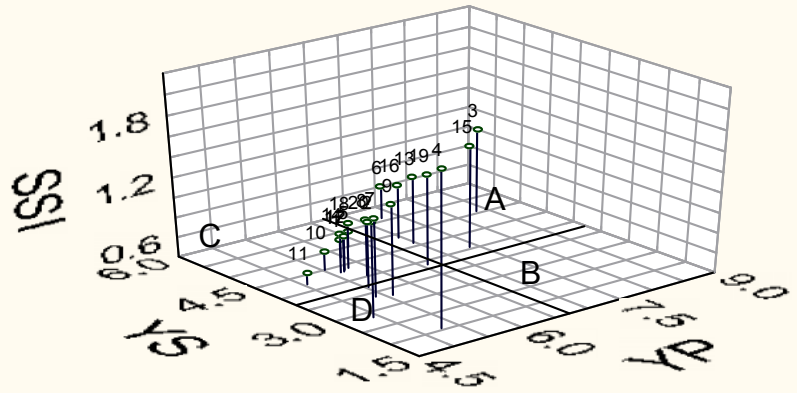


شکل ۳- نمودار سه بعدی تعیین هیبرید های متحمل به خشکی بر اساس GMP

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

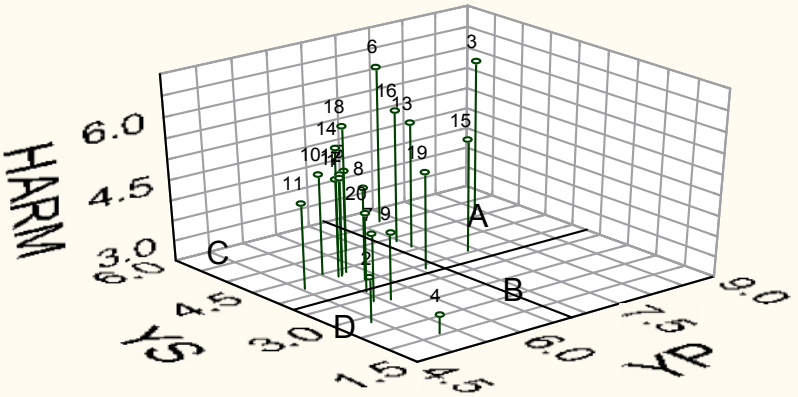
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.3.1.1]



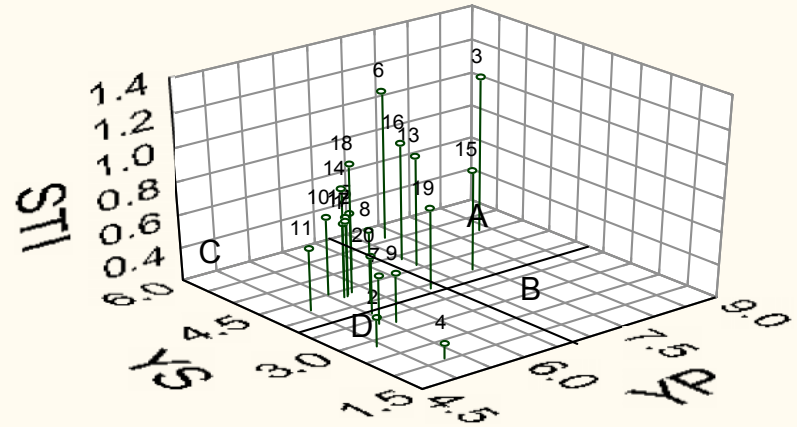
شکل ۴- نمودار سه بعدی تعیین هیبرید های متحمل به خشکی بر اساس SSI

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

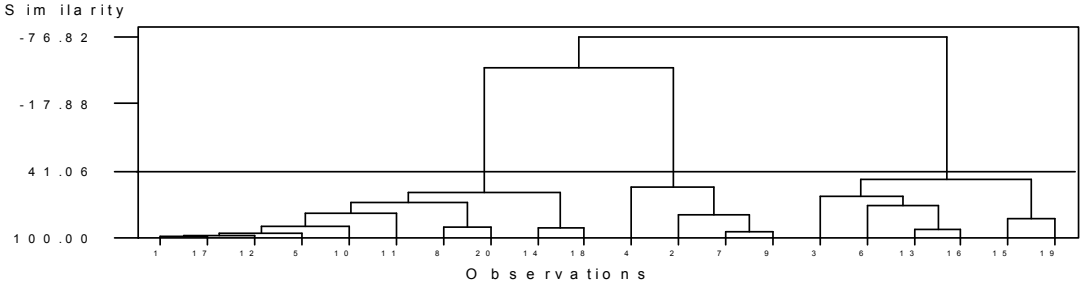


شکل ۶- نمودار سه بعدی تعیین هیبرید های متحمل به خشکی بر اساس STI

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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-07-03]

[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 که خطوط بلندتر نشاندهنده تحمل است، هیبریدهای BC504، BC652 و KSC302، به عنوان هیبرید های متحمل شناسایي شدند. این شاخص توانست همه هیبریدهای که دارای عملکرد بالا در شرایط تنش بودند را به عنوان هیبرید متحمل شناسایی کرد و همگي در گروه A قرار گرفتند. هیبرید های NS540 و BC678، هیبریدهای ضعیف در شرایط تنش مي باشند، که در گروه D قرار گرفتند. بنابراین طبق نتایجي که فرناندز (Fernandez, 1992) نیز گزارش کرد، شاخص STI قادر به تفکیک و شناسایی ژنوتیپ های گروه A از گروه C و B بود (شکل ٦).

با توجه به شاخص های ارزیابي مورد مطالعه در شرایط نرمال و تنش، جهت شناسایي گروه های ژنوتیپي مختلف به دسته بندی هیبرید ها در گروه های مشابه از روش کلاستر بندی نیز استفاده شد (شکل ۷). همانطور که در این شکل مشاهده می شود، با برش خطي از نقطه تشابه ۴۱/۰۶ هیبرید های موجود به سه گروه با تشابهای درون گروهي بالا و برون گروهي پایین تقسیم شدند.

گروه یک شامل ژنوتیپ های BC582، KSC250، DSSK444، BC666، OSSK499 و BC462 مي باشد که دو هیبرید MV502 و KSC704 به جمع این گروه اضافه شده، و در نهایت دو هیبرید BC418 و KSC260 هم به جمع این گروه اضافه شدند. به این ترتیب ۱۰ تا از هیبرید های مورد مطالعه در این گروه قرار گرفتند. اگر به نمودارهای سه بعدی که در نمودار های ۱ تا ۶ رسم شده اند مراجعه شود، مشاهده مي شود هیبریدهای فوق در گروه C قرار گرفتند. هیبریدهای این گروه از نظر شاخص های TOL و SSI کمترین میانگین را به خود 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 شکل ۷ مشاهده مي شود هیبرید های NS540، BC678، BC572 و KSC500 در یک گروه قرار گرفتند. با مراجعه به نمودار های سه بعدی متوجه مي شویم که بر اساس طبقه بندی فرناندز (Fernandez, 1992)، هیبرید های این گروه، در دسته D این طبقه بندی (عملکرد پایین در هر دو شرایط بدون تنش و تنش) قرار گرفتند. و در اکثر موارد، هیبرید های این گروه از لحاظ دو شاخص های TOL و SSI ، بالاترین مقدار را در بین هیبرید ها 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 بین هیبریدها داشتند و همچنین از نظر عملکرد دانه، میانگین هیبرید های این گروه نسبت به سایر

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-07-03]

[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 بالای انها نشان دهنده هيبريد های 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 های متحمل و هيبريد های NS540 و BC678 را حساس شناسائی كردند. بررسي های فوق نشان می دهد كه هيبريدهای BC504، BC652، BC404، KSC302، KSC320 و KSC647 به عنوان ژنوتيپ های متحمل مي‌باشند. شاخص‌های MP، Harm، STI و GMP ، با توجه به پتانسيل عملكرد هيبريدها در شرايط نرمال و تنش، هيبريدهای BC504 و BC652 را به عنوان هيبريد های متحمل و هيبريد های NS540 و BC678 را حساس شناسائی كردند. با توجه به اين نمودار ها تقريبا توانايي تفكيك هيبريد ها توسط اين شاخص ها شبيه هم بودند. با بررسی نتايج فوق متوجه مي‌توان هيبريدهای BC504، BC652، BC404، KSC302، KSC320 و KSC647 به عنوان هيبريد های متحمل معرفی كرد.

جدول ۳ –همبستگي بين شاخص های 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	-0.09 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 **: به ترتيب معني دار در سطح احتمال ۵% و ۱%

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

ns: غير معنی دار

ns: Non-Significant

منابع مورد استفاده References

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

مقدم، ع. و هادی زاده. ۱۳۸۱. عكس‌العمل هيبريدهای ذرت و لاين‌های والدی انها به خشكی با استفاده از شاخص‌های مختلف تحمل به تنش. مجله نهال بذر، ۱۸،(۳): ۲۷۲- ۲۵۵.

مجيديان، م.، ح، غديری.وع، كامكار حقيقي. ۱۳۸۱. بررسي تاثير تنش رطوبت و نيتروژن در مراحل مختلف رشد بر عملكرد و راندمان استفاده از اب در ذرت دانه ای. 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 2026-07-03]

[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 2026-07-03]

[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 2026-07-03]

[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.