

ارزیابی پایداری عملکرد دانه و گزینش دو مرحله‌ای ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی جو Evaluation of grain yield stability and two-steps screening for drought stress tolerance in barley genotypes

مصطفی آقائی سربرزه^۱، رحمن رجبی^۲ و یوسف انصاری^۳

چکیده

آقائی سربرزه، م.، ر. رجبی و ی. انصاری. ۱۳۸۹. ارزیابی پایداری عملکرد دانه و گزینش دو مرحله‌ای ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی جو. مجله علوم زراعی ایران. ۱۲ (۳) ۳۰۵-۳۱۷.

در این آزمایش ۲۰ لاین پیشرفته جو و دو رقم شاهد (سرارود ۱ و جو محلی) در سه شرایط دیم، یک بار آبیاری (در زمان کاشت) و دو بار آبیاری (در زمان کاشت و در اوایل گلدهی) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در ایستگاه سرارود کرمانشاه به مدت سه سال زراعی (۸۴-۱۳۸۱) ارزیابی شدند. بررسی ژنوتیپ‌ها از لحاظ واکنش به تنش خشکی با استفاده از میانگین عملکرد در شرایط دیم و دو بار آبیاری و محاسبه شاخص‌های حساسیت/تحمل به تنش خشکی صورت گرفت. واکنش ژنوتیپ‌ها به تنش بر اساس رتبه دهی به ژنوتیپ‌ها برای دو دسته شاخص‌های تحمل تنش و شاخص‌های حساسیت به تنش (که در آن مجموع رتبه هر ژنوتیپ برای تمام شاخص‌ها محاسبه شد) صورت گرفت. ژنوتیپ‌هایی که بیشترین مقدار شاخص تحمل به تنش را داشتند، در مرحله اول مشخص و سپس آنهایی که دارای کمترین رتبه حساسیت به تنش خشکی بودند، گزینش شدند. با استفاده از داده‌های سه نوع آزمایش، ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌ها به روش ابرهات و راسل صورت گرفت. با در نظر گرفتن میزان عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش، پایداری نسبی عملکرد و معیارهای ارزیابی تحمل به تنش، به ترتیب ژنوتیپ شماره ۱۱ (Lignee 131/3/4679/105/YEA168.4-1) با عملکرد بالا در هر دو شرایط دیم و آبی، ژنوتیپ شماره ۲ (Roho//Alger/Ceres 362-1-1/3/Alpha/Durra) با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش، حساسیت کم به تنش خشکی، ژنوتیپ شماره ۹ (4679/105/Yea168.4/3/Lignee 131/Arabi Abiad) با عملکرد بالا در شرایط آبیاری تکمیلی، تحمل به تنش بالا، حساسیت به تنش متوسط، و ژنوتیپ‌های شماره ۱۲ (Lignee 131/3/4679/105/YEA168.4-2)، ۱۳ (CWB117-77-9-7/3/Roho//Alger/Ceres 362-1-1)، ۲۱ (شاهد محلی) و ۲۲ (شاهد سرارود-۱) با عملکرد بالا در شرایط آبیاری تکمیلی شناسایی و برای شرایط مشابه آزمایش حاضر قابل توصیه می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: جو، پایداری عملکرد دانه، تحمل تنش خشکی و عملکرد دانه.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۳/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۱/۷

۱- دانشیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: maghaee@yahoo.com)

۲- کارشناس ارشد موسسه تحقیقات کشاورزی دیم- سرارود، کرمانشاه

۳- عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم- مراغه

مقدمه

در به نژادی گیاهان زراعی برای شرایط تنش، انتخاب محیط (محیط های) مناسب جهت گزینش ژنوتیپ های مطلوب از اهمیت زیادی برخوردار است. با توجه خسارات قابل توجهی که در سال های اخیر از تنش های محیطی (گرما، سرما، خشکی و...) به محصولات زراعی (از جمله غلات) وارد شده است، ارزیابی واکنش گیاهان زراعی به تنش های محیطی بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Passioura, 2007). در این زمینه عملکرد دانه و پایداری آن در مناطق متعددی که تنش های محیطی وجود دارد، بعنوان معیار مهمی در گزینش و معرفی ارقام مورد استفاده قرار گرفته است (Trethowan and Reynolds, 2007).

تاکنون روش های متعددی جهت ارزیابی پایداری عملکرد ارقام گیاهی در دامنه وسیعی از شرایط آب و هوایی ارائه شده اند. مقایسه عملکرد در شرایط محیطی متضاد (تنش و بدون تنش) و گزینش ژنوتیپ هایی که به هر دو محیط سازگار باشند، هدف اصلی این گونه پژوهش ها بوده است (Clarke *et al.*, 1992; Ehdaie *et al.*, 1988; Rajaram and Van Ginkel, 2001). ارزیابی مواد پیشرفته اصلاحی در چنین شرایطی این امکان را فراهم می آورد که علاوه بر شناسایی لاین ها / ارقام دارای پایداری عملکرد در هر دو شرایط، ژنوتیپ هایی شناسایی شوند که مناسب شرایط متفاوت رطوبتی باشند (Fernandez, 1992, Uddin *et al.*, 1992). گزینش تحت شرایط مطلوب، گزینش تحت شرایط تنش کامل و گزینش توأم تحت هر دو شرایط، سه راهکار عمده ای هستند که برای انتخاب ارقام متحمل به تنش پیشنهاد شده اند (Calhoun *et al.*, 1994). در مراحل به نژادی محصولات گیاهان جهت بررسی واکنش ژنوتیپ ها به تنش خشکی، معمولاً مواد گیاهی تحت شرایط بدون تنش و تنش آبی ارزیابی شده و لاین هایی که در هر دو محیط عملکرد مناسب تری دارند گزینش می شوند. در این گونه آزمایشات، ارزیابی ژنوتیپ ها بر اساس

شاخص های متعددی شامل شاخص های حساسیت و شاخص های تحمل به تنش خشکی صورت می گیرد (Fisher and Maurer, 1978; Rosielle and Hamblin, 1981; Clarke *et al.*, 1992; Fernandez, 1992; Rajaram and Van Ginkel, 2001). روش انتخاب و ارزیابی در دو شرایط تنش و بدون تنش آبی (یا آبیاری محدود) توسط محققان زیادی مورد استفاده قرار گرفته است (Aghaee-Sarbarzeh and Rostaei, 2008). نقاط ضعف و قوت هر یک از این موارد نیز توسط محققان زیادی مورد نقد و بررسی قرار گرفته اند (Gill, 1999; Naderi *et al.*, 1999).

در مراحل قبل از معرفی و تجاری شدن ارقام جدید گیاهی باید بررسی کافی در مورد پایداری عملکرد و واکنش آنها در شرایط تنش خشکی صورت پذیرد. به همین منظور، در تحقیق حاضر به بررسی و گزینش ژنوتیپ های پیشرفته جو که در مراحل انتهایی بررسی های به نژادی بودند، پرداخته شد.

مواد و روش ها

مواد آزمایشی شامل ۲۰ لاین پیشرفته جو همراه با دو رقم شاهد (سرارود ۱ و جو محلی) بود (جدول ۱) که به مدت سه سال زراعی (۸۴-۸۱) در شرایط مزرعه تحت سه شرایط دیم، یک بار آبیاری (در زمان کاشت) و دو بار آبیاری (یکی در زمان کاشت و دیگری در زمان اوایل گلدهی) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم سرارود، کرمانشاه مورد بررسی قرار گرفتند. ژنوتیپ ها در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در چهار تکرار کاشته شدند. هر ژنوتیپ در ۶ ردیف ۶ متری با تراکم بذر ۴۰۰ عدد در مترمربع با استفاده از بذرکار آزمایشی کاشته شد. کود مصرفی بر اساس فرمول کودی $N_{30}P_{30}$ قبل از کاشت به طور یکنواخت به کرت های آزمایشی اضافه گردید (Anonymus 2008). در آزمایش های آبیاری، پس از اندازه گیری میزان رطوبت موجود در

بود، و از طرفی ژنوتیپ هایی که دارای کمترین مجموع رتبه های حساسیت به تنش بودند، انتخاب شدند. تجزیه واریانس ساده و مرکب بر اساس مدل آماری طرح بلوک های کامل تصادفی انجام شد. به منظور ارزیابی ژنوتیپ ها از لحاظ پایداری از روش ابرهات و راسل (Eberhart and Russel, 1966) استفاده گردید. بدین منظور عملکرد ژنوتیپ ها در شرایط دیم، یکبار آبیاری و دو بار آبیاری در هر سال بعنوان یک محیط در نظر گرفته شد. تجزیه های آماری با استفاده از نرم افزارهای MSTAT-C و SPSS انجام پذیرفت. مقایسه میانگین عملکرد ژنوتیپ ها با استفاده از روش دانکن صورت گرفت. گزینش ژنوتیپ ها بر اساس مقادیر شاخص های تحمل خشکی، میزان عملکرد و پایداری آن صورت گرفت.

نتایج و بحث

ارزیابی ژنوتیپ ها از لحاظ پایداری عملکرد

تجزیه واریانس ساده عملکرد دانه طی سال های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۳ در شرایط دیم، یکبار آبیاری و دو بار آبیاری در جدول ۳ ارائه شده است. در سال ۱۳۸۳، بدلیل شیوع آفت سوسک قهوه ای در مزرعه تحت تیمار یکبار آبیاری و از بین رفتن تعداد زیادی از ژنوتیپ ها، نتایج این آزمایش حذف گردید. نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه ژنوتیپ ها در سال ۸۱ در شرایط دو بار آبیاری و سال ۸۲ در شرایط یکبار آبیاری و دو بار آبیاری و در سال ۸۳ در شرایط دیم اختلاف معنی داری نداشتند (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه نشان داد که ژنوتیپ های شماره ۲، ۷، ۹، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۲۲ (شاهد سرارود-۱) در تمام شرایط نسبت به بقیه ژنوتیپ ها برتر بودند (نتایج مقایسه میانگین عملکرد به تفکیک سال ها ارائه نشده اند).

تجزیه واریانس مرکب داده ها برای عملکرد دانه (جدول ۴) بین سال ها اختلاف معنی دار نشان داد. داده های هواشناسی نیز تفاوت سال ها را از نظر میزان و پراکندگی بارندگی نشان داد (جدول ۲). بعنوان مثال در

خاک، ۵۰-۱۰۰ میلی متر آب تا حد ظرفیت مزرعه به هر کرت اضافه شد. میزان بارندگی در سال های مورد ارزیابی در جدول ۲ ارائه شده است.

به منظور بررسی ژنوتیپ ها از لحاظ واکنش به تنش خشکی، با استفاده از میانگین عملکرد (کیلوگرم در هکتار) هریک از ژنوتیپ ها در آزمایش های دیم و دو بار آبیاری، شاخص های حساسیت SSI و TOL و شاخص های تحمل به تنش خشکی MP، GMP و STI (Fisher and Maurer, 1978; Rosielle and Hamblin, 1992; Fernandez, 1981) با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند:

$$SI = 1 - (\bar{Y}_s) / (\bar{Y}_p) \quad (۱)$$

$$SSI = [1 - (\bar{Y}_s / \bar{Y}_p)] / SI \quad (۲)$$

$$TOL = Y_p - Y_s \quad (۳)$$

$$MP = (Y_s + Y_p) / 2 \quad (۴)$$

$$GMP = \sqrt{(Y_p)(Y_s)} \quad (۵)$$

$$STI = (Y_s)(Y_p) / (\bar{Y}_p)^2 \quad (۶)$$

Y_p : عملکرد در شرایط بدون تنش، Y_s : عملکرد در شرایط تنش، Y_s : میانگین عملکرد کل ژنوتیپ ها در شرایط تنش، Y_p : میانگین عملکرد کل ژنوتیپ ها در شرایط بدون تنش، و SI : شدت تنش می باشند. با استفاده از شاخص های فوق، ارزش هر ژنوتیپ در واکنش به تنش خشکی محاسبه شد. با توجه به اینکه دو دسته شاخص (تحمل به تنش و حساسیت به تنش) مورد ارزیابی قرار گرفتند، رتبه ژنوتیپ ها برای هر شاخص در هر گروه جداگانه محاسبه شد. سپس مجموع رتبه شاخص هایی که مقادیر زیاد آنها مطلوب تر است (عملکرد در شرایط تنش، عملکرد در شرایط بدون تنش، MP ، GMP و STI) محاسبه و بطور جداگانه نیز مجموع رتبه شاخص هایی که مقادیر کم آنها مطلوب تر است (مانند SSI و TOL) تعیین شدند. در ادامه، ژنوتیپ هایی که مجموع رتبه های شاخص های تحمل به تنش آنها بیشتر از میانگین کل مجموع رتبه ها

سال های مورد بررسی به ترتیب ۴/۴۲۴، ۶/۵۸۷ و ۵/۴۳۱ میلیمتر بارندگی بوقوع پیوست که تفاوت زیادی در پراکندگی بارندگی مشاهده شد. به نحوی در انتهای دوره رشد (بوئژه خرداد ماه) بارندگی قابل توجهی در شرایط یکبار آبیاری، ژنوتیپ ها تفاوتی از نظر مرحله ساقه دهی در معرض تنش شدید خشکی قرار گرفتند.

جدول ۱- نام/شجره ژنوتیپ های جو مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Name/parentage of barley genotypes used in the experiment

شماره ژنوتیپ Ent. No.	نام/شجره Name/parentage
1	Lignee 131/3/4679/105//YEA168.4-4
2	Roho//Alger/Ceres 362-1-1/3/Alpha/Durra
3	Alpha/Gumhuriybt//Sonja
4	B-CB-74-2-1
5	B-CB-74-2-2
6	YEA557-6/YEA422-1//CWB117-5-9-5
7	Roho//Alger/Ceres 362-1-1/3/Alpha/Cum
8	CWB117-77-9-7/3/Roho/Alger//Ceres 362-1-1
9	4679/105//Yea168.4/3/Lignee 131/Arabi Abiad
10	Antares/KY63-1294//Lignee 131
11	Lignee 131/3/4679/105//YEA168.4-1
12	Lignee 131/3/4679/105//YEA168.4-2
13	CWB117-77-9-7/3/Roho//Alger/Ceres 362-1-1
14	Wieselburger/Ahor 1303-61//SlS
15	Roho//Alger/Ceres 362-1-1/3/Alpha/ Durra
16	SlS/Bda
17	CWB117-77-9-7//Antares/Ky63-1294
18	ICB-102893/3/Alpha//Sul/Nacta
19	Sadik8 (Alpha/Durra//Antares/Arabi Abiad)
20	Antares/Ky63-1294//Lignee 131
21	Check-1 (Mahali)
22	Check-2 (Sararood-1)

جدول ۲- میزان بارندگی سالانه (میلی متر) (۸۱ تا ۸۴) به تفکیک ماه در ایستگاه سرارود

Table 2. Monthly precipitation (mm) in 2002-05 cropping season in Sararood station

ماه Month	۸۱-۸۲ 2002-3	۸۲-۸۳ 2003-4	۸۳-۸۴ 2004-5
Oct. مهر	0.0	0.5	0.0
Nov. آبان	56.1	71.7	78.7
Dec. آذر	61.1	143.9	37.1
Jan. دی	53.5	144.0	51.6
Feb. بهمن	95.9	67.6	60.6
Mar. اسفند	45.2	8.6	148.3
Apr. فروردین	68.4	75.9	21.8
May. اردیبهشت	37.2	59.6	26.5
Jun. خرداد	6.5	14.2	6.9
Jul. تیر	0.0	1.6	0.0
Total جمع کل	424.4	587.6	431.5

جدول ۳- تجزیه واریانس ساده و میانگین مربعات عملکرد دانه ژنوتیپ های جو در سال های آزمایش

Table 2. Analysis of variance and mean square of grain yield of barley genotypes in three years of evaluations

میانگین مربعات (MS)										
			۸۲-۸۳			۸۳-۸۴				
			2002-3			2003-4			2004-5	
درجه آزادی			دیم	یکبار آبیاری	دوبار آبیاری	دیم	یکبار آبیاری	دوبار آبیاری	دیم	دوبار آبیاری
S.O.V	منابع تغییر	d.f	RF ⁺	1 IRR	2 IRR	RF ⁺	1 IRR	2 IRR	RF	2 IRR
Replication	تکرار	3	188268 ^{ns}	849598 ^{**}	15416879 ^{ns}	92266 ^{ns}	113579 ^{ns}	626281 ^{ns}	222762 ^{ns}	621400 ^{**}
Genenotype	ژنوتیپ	21	304196 ^{**}	1070998 ^{**}	535499 ^{ns}	118236 ^{**}	102370 ^{ns}	258641 ^{ns}	190194 ^{ns}	317798 ^{**}
Error	خطا	63	77552	159052	751037	54389	91397	155796	168217	141785
C.V (%)	ضریب تغییرات		8.99	10.13	20.38	9.82	10.55	11.19	14.76	12.47

ns: Non- significant

** significant at 1% probability level

⁺RF: Rainfed; 1 IRR: one time irrigation; 2 IRR: two times irrigation

ns: غیر معنی دار

** معنی دار در سطح احتمال یک درصد

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب سه ساله (دو مورد آزمایش های دیم و دوبار آبیاری) و دو ساله آزمایش یک بار آبیاری عملکرد دانه ژنوتیپ های جو

Table 3. Combined analysis of variance for three years (for RF and 2IRR), and two years (for 1IRR) in barley genotypes.

		ANOVA- RF		ANOVA-1 IRR ⁺		ANOVA-2 IRR	
S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (MS)	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (MS)	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (MS)
Year (Y)	سال	2	11571733 ^{**}	1	50485168 ^{**}	2	33686699 [*]
Error	خطا	9	167765	6	481589	9	5554853
Genotype (G)	ژنوتیپ	21	396362 ^{**}	21	658528 ^{ns}	21	596953 [*]
G×Y	ژنوتیپ×سال	42	108131 ^{ns}	21	514839 ^{**}	42	257492 ^{ns}
Error	خطا	189	100052	126	125224	189	349539
C.V(%)	ضریب تغییرات	11.50		10.40		16.42	

ns: Non- significant

^{*}, ^{**}: significant at 5% and 1% probability levels, respectively

⁺ ANOVA was performed based on 2 years of experiments

⁺RF: Rainfed; 1 IRR: one time irrigation; 2 IRR: two times irrigation

ns: غیر معنی دار

^{*} و ^{**}: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

⁺ تجزیه واریانس بر اساس داده های دو سال انجام شد

عملکرد نداشتند. بارندگی های پائیزه می تواند یکی از دلایل عمده عدم معنی دار شدن تیمار یکبار آبیاری (در زمان کاشت) باشد (جدول ۲). اثر متقابل ژنوتیپ × سال فقط در شرایط یکبار آبیاری معنی دار شد (جدول ۴). این موضوع نشان می دهد که با اعمال یک نوبت آبیاری در زمان کاشت، ژنوتیپ های مختلف در سال های مورد بررسی عملکرد دانه متفاوتی داشتند، هر چند که این تفاوت عملکرد ژنوتیپ ها از لحاظ آماری معنی دار

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ های جو در شرایط دیم، یکبار آبیاری و دوبار آبیاری بر اساس نتایج سه ساله (به جز آزمایش یک بار آبیاری در سال ۱۳۸۳)

Table 5. Mean comparison of grain yield of barley genotypes under rainfed, 1-irrigation, and 2- irrigations, based on three years experiments (except 1IRR in 2004)

شماره ژنوتیپ Genotype No.	میانگین عملکرد دانه Mean grain yield (kg.ha ⁻¹)		
	دیم	یک بار آبیاری	دوبار آبیاری
	RF*	1 IRR	2 IRR
1	2675.32de	3164.85cde	3291.95bc
2	3143.32a	3761.29ab	3743.70abc
3	2749.65bcde	3018.73de	3554.47abc
4	2638.65de	2916.20e	3487.21abc
5	2705.65cde	3018.60de	3541.47abc
6	2699.40cde	3382.25bcd	3592.52abc
7	2820.07abcde	3413.64bcd	3404.09abc
8	2514.48de	3370.44bcd	3917.09ab
9	2888.90abcd	3537.08abc	3899.50abc
10	2652.90de	3427.80bcd	3544.04abc
11	3075.40abc	3656.57ab	3736.37abc
12	2854.65abcde	3920.93a	3656.36abc
13	2722.40ce	3433.14bcd	3552.63abc
14	3114.57ab	3652.43ab	3980.18ab
15	2740.82bcde	3490.00bc	3515.71abc
16	2705.82cde	3631.02ab	3299.00abc
17	2475.98e	3392.62bcd	3541.03abc
18	2509.32de	2853.39E	3158.89c
19	2593.07de	3559.26abc	3633.26abc
20	2669.98de	3430.85bcd	3540.89abc
21	2715.57ce	3073.65de	3554.55abc
22	2847.82abcde	3719.14ab	4056.19a

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند
Means in each column, followed by at least one similar letter are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test

*RF: Rainfed; 1 IRR: one irrigation; 2 IRR: two times irrigation

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس مرکب بر اساس هشت محیط مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های جو

Table 6. The results of combined analysis of variance based on 8 environments in barley genotypes

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات MS
Environment (Env.)	محیط	7	34934189**
(Rep × Env)	تکرار × محیط	24	2201017
Genotype (G)	ژنوتیپ	21	1185015**
G × Env	ژنوتیپ × محیط	147	244658*
Error	خطا	504	199916

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

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

نبود، با این وصف مقایسه میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها آنها را در گروه‌های مختلفی قرارداد (جدول ۵).

میانگین سه ساله عملکرد ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی در سه شرایط رطوبتی مختلف (جدول ۵) نشان داد که در شرایط دیم به ترتیب ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۱۴، ۱۱، ۹، ۱۲، ۲۲ (شاهد سرارود) و ۷ بیشترین عملکرد را تولید کرده و در گروه برتر قرار گرفتند. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در شرایط یک بار آبیاری نیز نشان داد که به ترتیب ژنوتیپ‌های ۱۲، ۲، ۱۶ و ۱۴ بیشترین عملکرد را تولید نمودند. در شرایط دو بار آبیاری ژنوتیپ‌ها به دو گروه تقسیم شدند که در گروه اول تمام ژنوتیپ‌ها بجز ژنوتیپ‌های ۱ و ۱۸ قرار گرفتند. نتایج تجزیه مرکب نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۲۲ (شاهد سرارود)، ۱۴، ۷، ۱۲، ۱۱، ۹ و ۲ بیشترین عملکرد را داشته و در گروه برتر قرار گرفتند. نتایج تجزیه ساده و تجزیه مرکب در شرایط دیم و دو بار آبیاری از لحاظ ژنوتیپ‌های گزینش شده تا حدود زیادی تطابق داشتند.

به منظور روشن تر شدن نتایج مربوط به وضعیت ژنوتیپ‌ها، با ترکیب سال و شرایط آزمایش (دیم، یکبار آبیاری و دوبار آبیاری) بعنوان محیط، تجزیه مرکب تلفیقی انجام شد. در مجموع هشت محیط (آزمایش یکبار آبیاری در سال سوم از بین رفت) مختلف جهت تجزیه واریانس مرکب (جدول ۶) و تجزیه پایداری

مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که واریانس محیط‌ها و ژنوتیپ‌ها و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنی‌دار بودند (جدول ۶). با توجه به معنی دار شدن اثر متقابل، تجزیه پایداری صورت گرفت. در تجزیه پایداری به روش ابرهات و راسل ژنوتیپ‌های مطلوب بر اساس سه معیار، میانگین عملکرد بالاتر، شیب خط رگرسیون عملکرد ژنوتیپ‌ها روی شاخص محیطی (bj) (پایداری فنوتیپی) و حداقل واریانس انحراف از خط رگرسیون، ارزیابی می‌شوند. با توجه به معنی دار بودن انحراف از خط رگرسیون (جدول ۷) و بر اساس معیارهای سه گانه انتخاب ژنوتیپ‌ها (جدول ۸). ملاحظه شد که به ترتیب ژنوتیپ‌های شماره ۱۴، ۲، ۱۱، ۱۵ و ۱۲ بدلیل دارا بودن عملکرد دانه بالاتر، اختلاف شیب خط رگرسیون غیر معنی دار با عدد یک از ژنوتیپ‌های برتر بودند، هرچند که سه ژنوتیپ شماره ۱۴، ۲ و ۱۲ دارای انحراف از خط رگرسیون معنی‌دار بودند.

واکنش ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی

ارزیابی ژنوتیپ‌های جو از لحاظ واکنش به تنش خشکی بر اساس صفات عملکرد دانه در شرایط دیم (Ys) و عملکرد دانه در شرایط دوبار آبیاری (Yp) و شاخص‌های SSI، MP، TOL، STI و GMP بعنوان معیارهایی کلی صورت گرفت (جدول ۹). با استفاده از

جدول ۷- جدول تجزیه پایداری ژنوتیپ های جو مورد بررسی در هشت محیط بر اساس روش ابرهارت و راسل

Table 7. Stability analysis of barley genotypes in 8 environment using Eberhart and Russel (1966) method

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	مجموع مربعات SS	میانگین مربعات MS	F
Total کل	175	458971587.25	2622694.78	
G ژنوتیپ	21	24885305.35	1185014.54	13.83
E محیط	7	244539321.79	34934188.83	698.98
G×E	147	35964653.42	244657.51	4.90
E+(G×E)	154	124717633.92	809854.77	16.20
E (linear) محیط (خطی)	1	108007443.26	108007443.26	1260.08
G×E (linear) (خطی)	21	5395866.17	256946.01	3.00
ژنوتیپ×محیط انحراف	132	11314324.49	85714.58	1.72
1	6	264312.35	44052.06	0.88
2	6	646817.84	107802.97	2.16*
3	6	927063.81	154510.63	3.09**
4	6	631572.90	105262.15	2.11
5	6	636690.57	106115.10	2.12*
6	6	152804.77	25467.46	0.51
7	6	714468.44	119078.07	2.38*
8	6	482437.53	80406.26	1.61
9	6	325812.41	54302.07	1.09
10	6	200416.47	33402.75	0.67
11	6	460213.87	76702.31	1.53
12	6	679404.61	113234.10	2.27*
13	6	491434.56	81905.76	1.64
14	6	745150.96	124191.83	2.48*
15	6	532533.94	88755.66	1.78
16	6	1382226.17	230371.03	4.61**
17	6	262294.99	43715.83	0.87
18	6	632136.46	105356.08	2.11
19	6	320699.33	53449.89	1.07
20	6	87480.22	14580.04	0.29
21	6	574704.45	95784.07	1.92
22	6	163647.72	27274.62	0.55
Error خطا	504	100757905.32	49979.12	

خشکی بودند، انتخاب شدند که ژنوتیپ های شماره ۲۱، ۱۱، ۱۲، ۲۰، ۲ و ۱۳ را شامل بودند. این ژنوتیپ ها دارای ویژگی عملکرد بالاتر شرایط دو بار آبیاری، شاخص تحمل به تنش بالاتر و حساسیت به تنش کمتری بودند.

بحث

تحمل به تنش خشکی در گیاهان حاصل فرآورده های مختلف فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و فنولوژیکی زیادی است که به تنهایی و یا در ترکیب با هم، واکنش

مجموع رتبه شاخص های تحمل تنش و نیز مجموع رتبه شاخص های حساسیت به تنش ارزیابی ژنوتیپ ها، انتخاب صورت گرفت. با استفاده از این معیار ژنوتیپ هایی که دارای مجموع رتبه بیشتر از میانگین بودند انتخاب شدند این ژنوتیپ ها بترتیب شامل ژنوتیپ های شماره ۲۲، ۱۴، ۹، ۲۱، ۱۲، ۱۱، ۸، ۲۰، ۱۹، ۲ و ۱۳ بودند. نظر به اهمیت شاخص های حساسیت به تنش، از این ژنوتیپ ها، در مرحله بعد آنهایی که دارای مجموع رتبه کمتری از شاخص های حساسیت به تنش

جدول ۸- معیارهای گزینشی ژنوتیپ های جو براساس روش تجزیه پایداری ابرهات و راسل

Table 8. Selection criteria for barley genotypes based on Eberhart and Russel stability analysis

شماره ژنوتیپ	میانگین عملکرد دانه	پایداری فنوتیپی	انحراف واریانس (خطی)
Genotype. No.	Mean grain yield (kg.ha ⁻¹)	Phenotypic stability (bj)	Variance deviation (Linear)
1	3028.97 def	0.65*	-5927.1 ^{ns}
2	3523.02 a	1.00 ^{ns}	57823.9*
3	3118.82 de	0.75*	104531.5**
4	3026.37 ef	0.72*	55283.0 ^{ns}
5	3097.48 de	0.73*	56136.0*
6	3205.22 de	1.01 ^{ns}	-24511.7 ^{ns}
7	3187.69 de	0.87*	69099.0*
8	3254.70 bcd	1.47**	30427.1 ^{ns}
9	3430.20 ab	1.17 ^{ns}	4322.9 ^{ns}
10	3181.11 de	1.18 ^{ns}	-16576.4 ^{ns}
11	3468.90 a	0.78*	26723.2 ^{ns}
12	3422.24 abc	1.09 ^{ns}	63255.0*
13	3211.83 de	1.20*	31926.6
14	3574.07 a	0.96 ^{ns}	74212.7*
15	3219.16 cde	1.14 ^{ns}	38776.5 ^{ns}
16	3160.06 de	0.93 ^{ns}	180391.9**
17	3105.07 de	1.12 ^{ns}	-6263.3 ^{ns}
18	2839.49 f	0.66*	55377.0 ^{ns}
19	3225.28 cde	1.29*	3470.8 ^{ns}
20	3187.42 de	1.14 ^{ns}	-35399.1 ^{ns}
21	3120.36 de	0.86*	45805.0 ^{ns}
22	3519.47 a	1.29**	-22704.5 ^{ns}
Sx	51.76	0.131	

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند
Means in each column, followed by at least one similar letter are not significantly different at 5% probability leve, using Duncan's Multiple Range Test

ns: Non- significant

*, **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively

ns: غیر معنی دار

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

روش های آماری و مقایسه عملکرد در تجزیه های مرکب جداگانه برای هر شرایط و تجزیه تلفیقی تمام محیط ها مشخص شد که ژنوتیپ های شماره ۲، ۷، ۹، ۱۱، ۱۲ و ۱۴ نسبت به سایرین برتر بودند.

در تجزیه پایداری به روش ابرهات و راسل (Eberhart and Russel, 1966) نیز ژنوتیپ های شماره ۲، ۹، ۱۱، ۱۲، ۱۴ و ۲۲ از لحاظ عملکرد دانه برتر از بقیه ژنوتیپ ها بودند. اختلاف ضریب رگرسیون اغلب آنها با عدد یک معنی دار نبود و این موضوع نشان دهنده واکنش مشابه آنها به تغییرات محیط های مورد آزمون بود، اما از لحاظ معیار سوم این روش پایداری (واریانس انحراف از خطی) ژنوتیپ های شماره ۲، ۱۲ و ۱۴ دارای

گیاه را در مقابل تنش خشکی تعیین می نمایند (Passioura, 2007). به همین دلیل در برنامه های به نژادی برای گزینش ژنوتیپ های مناسب، از روش های متعددی بسته به زمان وقوع تنش (ابتدای فصل رشد یا اواخر فصل) استفاده می شود. ارزیابی ژنوتیپ ها در محیط بدون تنش (شرایط مطلوب)، گزینش تحت شرایط تنش کامل و گزینش توام تحت هر دو شرایط سه راهکار عمده ای هستند که برای انتخاب ارقام متحمل به تنش پیشنهاد شده اند (Ehdaie et al., 1988 ; Clarke et al., 1992; Rajaram and Van Ginkel, 2001). با عنایت به اینکه معمولاً مقایسه ژنوتیپ ها از لحاظ عملکرد اقتصادی مورد توجه زیادی است، با استفاده از

جدول ۹ - معیارهای برآورد تحمل به تنش خشکی، رتبه بندی ژنوتیپ های جو برای هر معیار و جمع رتبه ها برای مقایسه نهایی ژنوتیپ های مورد ارزیابی

Table 8. Stress tolerance/susceptibility criteria, rank and sum of ranks of barley genotypes for each criterion

Genotype No. شماره ژنوتیپ	عملکرد دانه دیم Grain yield Rainfed (kg.ha ⁻¹)		عملکرد دانه دوبار آبیاری Grain yield (2 IRR) (kg.ha ⁻¹)		STI		GMP		MP		Sum of Ranks جمع رتبه ها	SSI		TOL		Sum of Ranks جمع رتبه ها
	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه		میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	
	Mean	RANK	Mean	RANK	Mean	RANK	Mean	RANK	Mean	RANK		Mean	RANK	Mean	RANK	
1	2675.32	8	3291.95	2	0.63	1	2854.9	1	2883.97	1	13	0.711	5	815.97	9	14
2	3143.32	22	3743.70	18	0.72	8	3064.9	8	3126.51	10	66	0.608	1	1234.38	20	21
3	2749.65	15	3554.47	12	0.69	2	2989.5	2	3034.48	3	34	0.859	10	1039.99	18	28
4	2638.65	5	3487.21	5	0.70	4	3007.0	4	3040.14	5	23	0.923	14	894.14	12	26
5	2705.65	10	3541.47	9	0.72	7	3056.9	7	3090.06	7	40	0.895	12	902.82	13	25
6	2699.4	9	3592.52	14	0.74	9	3087.1	9	3122.71	8	49	0.943	16	939.62	15	31
7	2820.07	16	3404.09	4	0.70	5	3014.7	5	3037.04	4	34	0.651	2	734.11	6	8
8	2514.48	3	3917.09	20	0.81	16	3237.2	16	3296.21	17	72	1.358	22	1241.77	22	44
9	2888.9	19	3899.5	19	0.81	18	3244.4	18	3299.45	18	92	0.983	18	1200.1	19	37
10	2652.9	6	3544.04	10	0.74	10	3096.6	10	3124.85	9	45	0.954	17	838.39	11	28
11	3075.4	20	3736.37	17	0.78	15	3179.6	15	3221.10	15	82	0.671	3	1030.55	17	20
12	2854.65	18	3656.36	16	0.77	13	3151.0	13	3185.97	13	73	0.832	8	940.79	16	24
13	2722.4	13	3552.63	11	0.75	12	3109.9	12	3137.52	12	60	0.887	11	830.23	10	21
14	3114.57	21	3980.18	21	0.84	20	3302.8	20	3360.50	21	103	0.825	7	1239.36	21	28
15	2740.82	14	3515.71	6	0.75	11	3109.1	11	3132.68	11	53	0.836	9	766.06	8	17
16	2705.82	11	3299.00	3	0.72	6	3050.1	6	3059.54	6	32	0.682	4	478.93	4	8
17	2475.98	1	3541.03	8	0.78	14	3175.5	14	3194.43	14	51	1.141	21	693.21	5	26
18	2509.32	2	3158.89	1	0.70	3	3002.9	3	3006.77	2	11	0.780	6	304.24	1	7
19	2593.07	4	3633.26	15	0.81	17	3239.7	17	3261.08	16	69	1.086	19	744.36	7	26
20	2669.98	7	3540.89	7	0.84	19	3299.9	19	3308.15	19	71	0.933	15	465.49	3	18
21	2715.57	12	3554.55	13	0.85	21	3327.2	21	3334.56	20	87	0.895	13	439.98	2	15
22	2847.82	17	4056.19	22	0.98	22	3570.7	22	3599.76	22	105	1.130	20	912.87	14	34
	2750.6		3600.1		0.8		3144.2		3175.3			0.9		849.4		

هکتار)، تحمل به تنش بالا، حساسیت به تنش متوسط، ژنوتیپ شماره ۲ با تولید عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش، حساسیت کم به تنش خشکی، و ژنوتیپ های شماره ۱۲، ۱۳، ۲۱ (شاهد محلی) و سرارود-۱ با تولید عملکرد بالا در شرایط آبیاری تکمیلی و شاخص تحمل تنش بالا، از جمله ژنوتیپ های برتر بودند و بعنوان مواد ژنتیکی ارزشمند در برنامه تلاقی اصلاح جو برای مقاومت به خشکی و یا زراعت آنها در شرایط تنش خشکی قابل توصیه هستند.

استفاده از روش های ساده و قابل اطمینان برای گزینش ژنوتیپ های مناسب در شرایط تنش همواره مورد تاکید است. هر چند چنین روش هایی دارای ضعف هایی نیز می باشند، اما در برنامه های به نژادی می توانند کارآیی عملیاتی زیادی داشته و با استفاده از آنها می توان حجم زیادی از مواد را در زمان کمتری گزینش نمود. نتایج این آزمایش نشان داد روش دو مرحله ای که در مرحله اول تعدادی از ژنوتیپ ها بر اساس STI و در مرحله بعد از بین ژنوتیپ های انتخابی از مرحله قبل، ژنوتیپ های با SSI کمتر انتخاب می شوند، اطلاعات مفید و کاربردی تر ارائه می دهد.

واریانس معنی دار و در نتیجه نوسان عملکرد بودند. بنابر این، طبق این روش، ژنوتیپ های ۹، ۱۱ و ۲۲ واجد صفات مطلوبی بودند.

برخی از ژنوتیپ ها توانایی های ویژه ای در ارزیابی های صورت گرفته از خود نشان دادند، ژنوتیپ های شماره ۲، ۹، ۱۱، ۱۲، ۱۴ و سرارود-۱ دارای قابلیت های مثبت زیادی بوده و ظرفیت های ویژه ای از جمله عملکرد بالاتر، پایداری بیشتر و انحراف از رگرسیون غیر معنی دار داشتند. در مراحل گزینشی بعد مشخص گردید که ژنوتیپ های شماره ۲ و ۱۴ با داشتن انحراف از خط رگرسیون معنی دار در تجزیه پایداری، نوسان عملکردی داشته و بنابر این حائز یک صفت نامطلوب می باشند. حال آنکه شاخص های ارزیابی واکنش به شرایط تنش مشخص نمود که این ژنوتیپ ها نسبت به بقیه برتر بوده اند. بنابر این با در نظر گرفتن میزان عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش، پایداری نسبی عملکرد و معیارهای ارزیابی تحمل به تنش به ترتیب ژنوتیپ شماره ۱۱ با تولید عملکرد بالا در هر دو شرایط دیم و آبی (به ترتیب ۳۰۷۵ و ۳۷۳۶ کیلوگرم در هکتار)، ژنوتیپ شماره ۹ با تولید عملکرد بالا در شرایط آبیاری تکمیلی (۳۸۹۹ کیلوگرم در

References

- Aghaee-Sarbarzeh, M. and M. Rostae. 2008.** Evaluation of advanced bread wheat genotypes under drought stress in moderate and cold area. The 10th Iranian Congress of Crop Sciences, 18-20 Aug. 2008, SPII, Karaj, Iran. Pp 217. (In Persian).
- Anonymous, 2008.** Annual report of Sararood experiments. Dryland Agricultural Research Institute, Sararood, Kermashah, Iran. (In Persian).
- Calhoun, D. S., C. Gebeyehu., A. Miranda., S. Rajaram and M. Van Ginkel. 1994.** Choosing evaluation environments to increase grain yield under drought conditions. Crop Sci. 34: 673-678.
- Clarke, J. M., R. M. De Paauw and T. M. Towneley-Smith. 1992.** Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. Crop Sci. 32: 728-732.
- Eberhart, S. A. and W. L. Russel. 1966.** Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6: 36-40.
- Ehdaie, B., J. G. Waines. and A. E. Hall. 1988.** Differential responses of landrace and improved spring wheat

- genotypes to stress. *Crop. Sci.* 28: 838-842.
- Fernandez, G. C. J. 1992.** Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: proceeding of Int. symposium, Taiwan, 13-18 Aug. Chapter 25 pp: 257-270.
- Fisher, R. A. and R. Maurer. 1978.** Drought resistance in spring wheat cultivars. Grain yield response. *Aust. J. Agri. Res.* 29: 897-912
- Gill, M. S. 1999.** Breeding for drought resistance . In: Recent Concepts in Breeding for Resistance to Biotic and Abiotic Stresses in Crop Plants. Nanda G. S, Chahal G. S., Singh B. S., Allah Rang and M. S. Gill (Eds.) 4-22 Oct., pp 73-85, PAU, Ludhiana, India.
- Naderi, A., I. Majidi-Harvan, A. Hashemi-Dezfoli, A Rezaee and Gh. Normohammadi. 1999.** Analysis of efficiency of drought tolerance indices in crop plants and introduction of new criteria. *Seed and Plant J.*, 15:390-402. (In Persian with English abstract).
- Passioura, J. 2007.** The drought environment: Physical, biological and agricultural perspectives. *J. Exp. Bot.* 58: 113-117.
- Rajaram, S. and M. Van Ginkle. 2001.** Mexico, 50 years of international wheat breeding. In: Bonjean, A.P., Angus, W.J. (Eds.) the World Wheat Book: A History of Eheat breeding. Lavoisier pub., Paris, France, pp.579-604.
- Rosielle, A. A. and J. Hamblin. 1981.** Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop. Sci.* 21: 943-946.
- Trethowan, R. M. and M. Reynolds, 2007.** Drought resistance: Genetic approaches for improving productivity under stress. In: Buck H. R. et al. (Eds): Wheat Production in Stressed Environments, Springer Pub., the Netherlands. Pp. 289-299.
- Uddin, N., B.F. Carver. and A.C. Clutter. 1992.** Genetic analysis and selection for wheat yield in drought – stressed and irrigated environments. *Euphytica* 62: 89-96.

Evaluation of grain yield stability and two-steps screening for drought stress tolerance in barley genotypes

Aghaee-Sarbarzeh, M.¹, R. Rajabi² and Y. Ansari³

ABSTRACT

Aghaie-Sarbarzeh, M., R. Rajabi and Y. Ansari. 2010. Evaluation of grain yield stability and two-steps screening for drought stress tolerance in barley genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 12 (3) 305-317. (In Persian)

Twenty advanced barley lines, and two checks (Sararood-1, and local variety) were evaluated under three moisture regimes, i.e. rainfed, one irrigation at sowing, and two irrigations at sowing and flowering time. Three experiments were performed in randomized complete block design with four replications, for three years (2002-2005), at Sararood field station, Kermanshah, Iran. The barley genotypes were evaluated for drought stress tolerance by measuring different stress susceptibility/tolerance indices, using yield performances under rainfed and two irrigations conditions. Screening of tolerant genotypes for drought tolerance was carried out in two steps, first by selecting genotypes with highest sum for ranks of stress tolerance indices, and then eliminating of those with higher stress susceptibility indices. Grain yield stability analysis was also performed using Eberhart and Russel's method. Considering grain yield under stress and non stress conditions, grain yield stability parameters, and values of stress tolerance/susceptibility indices, genotypes 11, 2, 9, 12, 13 along with the checks showed outstanding performances that could be used in barley breeding programs as well as further tested in on-farm trials.

Key Words: Barley, Drought tolerance, Grain yield and Grain yield Stability.

Received: June, 2009 **Accepted:** January, 2010

1- Associate Prof., Seed and Plant Improvement Institute (Corresponding author) (Email: maghaee@yahoo.com)

2- Researcher, Dryland Agricultural Research Institute, Sararood, Kermanshah, Iran

3- Researcher, Dryland Agricultural Research Institute, Maragheh, Iran