"مجله علوم زراعی ایران"
جلد دوازدهم، شماره ۳ پاییز ۱۳۸۹

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 مرحله ای ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی جو. **مجله علوم زراعی ایران. ۱۲ (۳) ۳۱۷-۳۰۵.**

در این آزمایش۲۰ 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 بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار در ایستگاه سرارود کرمانشاه به مدت سه سال زراعی (۸۴-۱۳۸۱) ارزیابی شدند. بررسی ژنوتیپ ها 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 شاخص های 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 داده های سه نوع آزمایش، ارزیابی پایداری ژنوتیپ ها به روش ابرهارت 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 ژنوتیپ های 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 شناسائی و برای شرایط مشابه آزمایش حاضر قابل توصیه می باشند.

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

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.3.7.8]

مقدمه

در بـه نـژادی گیاهـان زراعـی بـرای شـرایط تـنش، انتخـاب محـیط (محـیط هـای) مناسـب جهـت گـزینش ژنوتیپ های مطلوب از اهمیت زیادی برخوردار است. با توجه خسارات قابـل تـوجهی کـه در سـال هـای اخیـر از تـنش هـای محیطـی (گرمـا، سـرما، خشـکی و....) بـه محصولات زراعی (از جملـه غـلات) وارد شـده اسـت، ارزیابی واکنش گیاهـان زراعـی بـه تـنش هـای محیطی بسیار مورد توجه قـرار گرفتـه اسـت (Passioura, 2007). در ایـن زمینـه عملکـرد دانـه و پایـداری آن در منـاطق متعددی که تنش های محیطی وجود دارد، بعنـوان معیـار مهمـی در گـزینش و معرفـی ارقـام مـورد اسـتفاده قـرار گرفته است (Trethowan and Reynolds, 2007).

تاکنون روش های متعددی جهـت ارزیـابی پایـداری عملکرد ارقام گیاهی در دامنـه وسـیعی از شـرایط آب و هوایی ارائه شده اند. مقایسه عملکرد در شـرایط محیطـی متضاد (تنش و بدون تنش) وگزینش ژنوتیپ هایی که به هـر دو محـیط سازگارباشـند، هـدف اصـلی ایـن گونـه پژوهش ها بوده اسـت (Clarke *et al*., 1992 ; Ehdaie *et al*., 1988 ; Rajaram and Van Ginkel, 2001). ارزیـابی مواد پیشرفته اصـلاحی در چنـین شـرایطی ایـن امکـان را فرآهم می آورد که علاوه بر شناسـایی لایـن هـا / ارقـام دارای پایداری عملکرد در هر دو شرایط، ژنوتیپ هـایی شناسایی شوند که مناسب شرایط متفاوت رطوبتی باشـند (Fernandez, 1992 , Uddin *et al*., 1992).. گـزینش تحت شرایط مطلوب، گزینش تحت شرایط تنش کامـل و گزینش توام تحت هر دو شرایط، سه راهکار عمـده‌ای هستند که برای انتخـاب ارقـام متحمـل بـه تـنش پیشـنهاد شـده‌انـد (Calhoum *et al*., 1994). در مراحـل بـه‌نـژادی محصولات گیاهان جهت بررسی واکنش ژنوتیپ هـا بـه تنش خشکی، معمولاً مواد گیـاهی تحـت شـرایط بـدون تنش و تنش آبی ارزیابی شده و لاین هایی که در هر دو محیط عملکرد مناسب‌تری دارند گـزینش مـی‌شـوند. در ایـن گونـه آزمایشـات، ارزیـابی ژنوتیـپ هـا بـر اسـاس شاخص‌هـای متعـددی شـامل شـاخص‌هـای حساسـیت و شاخص‌های تحمل به تـنش خشـکی صـورت مـی‌گیـرد (Fisher and Maurer, 1978 ; Rosielle and Hamblin, 1981; Clarke *et al*., 1992; Fernandez, 1992; Rajaram and Van Ginkel, 2001). ایـــــن روش انتخـــاب و ارزیـــابی در دو شـــرایط تـــنش و بدون تنش آبـی (یـا آبیـاری محـدود) توسـط محققـان زیـــادی مـــورد اســـتفاده قـــرار گرفتـــه اســـت (Aghaee-Sarbarzeh and Rostaee, 2008). نقاط ضعف و قوت هر یک از این موارد نیز توسـط محققـان زیـادی مورد نقد و بررسی قرار گرفته‌انـد (Gill, 1999 ; Naderi *et al*., 1999).

در مراحل قبل از معرفی و تجاری شدن ارقـام جدیـد گیاهی باید بررسی کـافی در مـورد پایـداری عملکـرد و واکنش آنها در شرایط تنش خشکی صـورت پـذیرد. بـه همـین منظـور، در تحقیـق حاضـر بـه بررسـی و گـزینش ژنوتیـپ هـای پیشـرفته جـو کـه در مراحـل انتهـائی بررسی‌های به نژادی بودند، پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

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 مزرعـه تحـت سه شرایط دیم، یک بار آبیاری (در زمـان کاشـت) و دو بار آبیـاری (یکـی در زمـان کاشـت و دیگـری در زمـان اوایـل گلـدهی) در ایسـتگاه تحقیقـات کشـاورزی دیـم سرارود، کرمانشاه مورد بررسی قرار گرفتند. ژنوتیپ هـا در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در چهار تکرار کاشته شدند. هر ژنوتیپ در ۶ ردیف ۶ متـری بـا تـراکم بذر ۴۰۰ عدد در مترمربع با استفاده از بـذرکار آزمایشـی کاشته شد. کود مصرفی بر اساس فرمـول کـودی $N_{30}P_{30}$ قبل از کاشت به طور یکنواخت به کرت هـای آزمایشـی اضـافه گردیـد (Anonymus 2008). در آزمـایش هـای آبیاری، پس از اندازه گیـری میـزان رطوبـت موجـود در

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.3.7.8]

خاک، ۱۰۰-۵۰ 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 ژنوتیپ‌ها 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، شاخص‌های حساسیت SSI و TOL و شاخص های تحمل به تنش خشکی MP، GMP و STI (Fisher and Maurer, 1978; Rosielle and Hamblin, 1981 ; Fernandez, 1992)با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند:

$$SI = 1 - (\bar{Ys})/(\bar{Yp}) \quad (۱)$$

$$SSI = [1 - (Ys / Yp)] / SI \quad (۲)$$

$$TOL = Yp - Ys \quad (۳)$$

$$MP = (Ys + Yp) / 2 \quad (۴)$$

$$GMP = \sqrt{(Yp)(Ys)} \quad (۵)$$

$$STI = (Ys)(Yp) / (\bar{Yp})^2 \quad (۶)$$

Yp: عملکرد در شرایط بدون تنش، Ys : عملکرد در شرایط تنش، :Ys میانگین عملکرد کل ژنوتیپ ها در شرایط تنش، Yp: 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 هرشاخص 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 نیزمجموع رتبه شاخص هایی که مقادیر کم آنها مطلوب‌تر است (مانند SSI و TOL) تعیین شدند. در ادامه، ژنوتیپ‌هایی که مجموع رتبه های شاخص های تحمل به تنش آنها بیشتر از میانگین کل مجموع رتبه ها 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 ابرهارت 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 ژنوتیپ‌ها 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 (جدول۴) بین سال ها اختلاف معنی دار نشان داد. داده‌های هواشناسی نیز تفاوت سال ها را از نظر میزان و پراکندگی بارندگی نشان داد (جدول ۲). بعنوان مثال در

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.3.7.8]

سال های مورد بررسی به ترتیب ۴۲۴/۴ ، ۵۸۷/۶ و ۴۳۱/۵ میلیمتر بارندگی بوقوع پیوست که تفاوت زیادی در پراکندگی بارندگی مشاهده شد. به نحوی در انتهای دوره رشد (بویژه خرداد ماه) بارندگی قابل توجهی حادث نشد (جدول ۲). بنابر این همه ژنوتیپ ها بعد از مرحله ساقه دهی در معرض تنش شدید خشکی قرار گرفتند.

در شرایط یکبار آبیاری، ژنوتیپ ها تفاوتی از نظر

جدول ۱- نام/شجره ژنوتیپ‌های 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

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.3.7.8]

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)							
			۸۱-۸۲			۸۲-۸۳			۸۳-۸۴	
			2002-3			2003-4			2004-5	
S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	دیم RF+	یکبار آبیاری 1 IRR	دوبار آبیاری 2 IRR	دیم RF+	یکبار آبیاری 1 IRR	دوبار آبیاری 2 IRR	دیم RF	دوبار آبیاری 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 — ns: غیر معنی‌دار

** significant at 1% probability level — **: معنی دار در سطح احتمال یک درصد

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

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب سه ساله (دو مورد آزمایش‌های 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 — ns: غیر معنی‌دار

*, **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively — * و**: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

+ ANOVA was performed based on 2 years of expeiments — + تجزیه واریانس بر اساس داده های دو سال انجام شد

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

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.3.7.8]

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 (جدول۴). 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 جزآزمایش 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 RF^{+}	یک بار آبیاری 1 IRR	دوبار آبیاری 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 میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری 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

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.3.7.8]

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 ژنوتیپ ها آنها را در گروه های مختلفی قرارداد (جدول ۵).

میانگین سه ساله عملکرد ژنوتیپ های مورد ارزیابی در سه شرایط رطوبتی مختلف (جدول ۵) نشان داد که در شرایط دیم به ترتیب ژنوتیپ های شماره ۲ ،۱۴ ، ۱۱ ، ۹ ، ۱۲ ، ۲۲ (شاهد سرارود۱) و ۷ بیشترین عملکرد را تولید کرده و در گروه برتر قرار گرفتند. مقایسه میانگین ژنوتیپ ها در شرایط یک بار آبیاری نیز نشان داد که به ترتیب ژنوتیپ های ۱۲، ۲ ، ۱۶ و ۱۴ بیشترین عملکرد را تولید نمودند. در شرایط دو بار آبیاری ژنوتیپ ها به دو گروه تقسیم شدند که در گروه اول تمام ژنوتیپ ها بجز ژنوتیپ های ۱ و ۱۸ قرار گرفتند. نتایج تجزیه مرکب نشان داد که ژنوتیپ های شماره ۲۲ (شاهد سرارود ۱)، 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 ژنوتیپ ها، 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 (جدول۶) و تجزیه پایداری مورد استفاده قرارگرفت.

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که واریانس محیط ها و ژنوتیپ ها 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 ابرهارت و راسل ژنوتیپ های مطلوب بر اساس سه معیار، میانگین عملکرد بالاتر، شیب خط رگرسیون عملکرد ژنوتیپ ها 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 ژنوتیپ ها (جدول ۸). ملاحظه شد که به ترتیب ژنوتیپ های شماره ۱۴، ۲، ۱۱، ۱۵ و ۱۲ بدلیل دارا بودن عملکرد دانه بالاتر، اختلاف شیب خط رگرسیون غیر معنی دار با عدد یک از ژنوتیپ های برتر بودند، هرچند که سه ژنوتیپ شماره ۱۴ ، ۲ و ۱۲ دارای انحراف از خط رگرسیون معنی‌دار بودند.

واکنش ژنوتیپ ها 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 شاخص های SSI, MP, TOL, STI و GMP بعنوان معیارهائی کلی صورت گرفت (جدول ۹). با استفاده از

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.3.7.8]

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
کل Total	175	458971587.25	2622694.78	
ژنوتیپ G	21	24885305.35	1185014.54	13.83
محیط E	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
محیط (خطی)E (linear)	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
خطا Error	504	100757905.32	49979.12	

مجموع رتبه شاخص های تحمل تنش و نیزمجموع رتبه شاخص های حساسیت به تنش ارزیابی ژنوتیپ ها، انتخاب صورت گرفت. با استفاده از این معیار ژنوتیپ‌هایی که دارای مجموع رتبه بیشتر از میانگین بودند انتخاب شدند این ژنوتیپ ها بترتیب شامل ژنوتیپ‌های شماره ۲۲، ۱۴، ۹، ۲۱، ۱۲،۱۱ ، ۸، ۲۰، ۱۹، ۲ و ۱۳بودند. نظر به اهمیت شاخص های حساسیت به تنش، از این ژنوتیپ ها، در مرحله بعدآنهایی که دارای مجموع رتبه کمتری از شاخص های حساسیت به تنش خشکی بودند، انتخاب شدندکه ژنوتیپ های شماره ۲۱، ۱۱، ۱۲، ۲۰، ۲ و ۱۳ را شامل بودند. این ژنوتیپ ها دارای ویژگی عملکرد بالادر شرایط دو بار آبیاری، شاخص تحمل به تنش بالاتر و حساسیت به تنش کمتری بودند.

بحث

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

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.3.7.8]

جدول ۸ – معیارهای گزینشی ژنوتیپ های جو براساس روش تجزیه پایداری ابرهارت و راسل

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

شماره ژنوتیپ Genotype. No.	میانگین عملکرد دانه Mean grain yield ($kg.ha^{-1}$)	پایداری فنوتیپی Phenotypic stability (bj)	انحراف واریانس (خطی) Variance deviation (Linear)
1	3028.97 def	0.65*	-5927.1 ns
2	3523.02 a	1.00ns	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	1.01ns	-24511.7 ns
7	3187.69 de	0.87*	69099.0 *
8	3254.70 bcd	1.47**	30427.1 ns
9	3430.20 ab	1.17ns	4322.9 ns
10	3181.11 de	1.18ns	-16576.4 ns
11	3468.90 a	0.78*	26723.2 ns
12	3422.24 abc	1.09ns	63255.0 *
13	3211.83 de	1.20*	31926.6
14	3574.07 a	0.96ns	74212.7 *
15	3219.16 cde	1.14ns	38776.5ns
16	3160.06 de	0.93ns	180391.9 **
17	3105.07 de	1.12ns	-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	1.14ns	-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 میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای 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 — ns: غیر معنی‌دار

*, **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively — * و**: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

گیاه را در مقابل تنش خشکی تعیین می نمایند (Passioura, 2007). به همین دلیل در برنامه های به‌نژادی برای گزینش ژنوتیپ های مناسب، از روش های متعددی بسته به زمان وقوع تنش (ابتدای فصل رشد یا اواخر فصل) استفاده می‌شود. 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 شده‌اند (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 روش‌های آماری و مقایسه عملکرد در تجزیه های مرکب جداگانه برای هر شرایط و تجزیه تلفیقی تمام محیط‌ها مشخص شدکه ژنوتیپ های شماره ۲، ۷، ۹، ۱۱،۱۲، ۱۴ و ۲۲ نسبت به سایرین برتر بودند.

در تجزیه پایداری به روش ابرهارت 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 محیط‌های مورد آزمون بود، اما از لحاظ معیار سوم این روش پایداری (واریانس انحراف از خطی) ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۱۲ و ۱۴ دارای

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.3.7.8]

جدول ۹ - معیارهای برآورد تحمل به تنش خشکی، رتبه بندی ژنوتیپ های جو برای هر معیارو جمع رتبه ها برای مقایسه نهایی ژنوتیپ های موردارزیابی

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		مجموع رتبه ها Sum of Ranks	SSI		TOL		مجموع رتبه ها Sum of Ranks
	میانگین Mean	رتبه RANK	میانگین Mean	رتبه RANK	میانگین Mean	رتبه RANK	میانگین Mean	رتبه RANK	میانگین Mean	رتبه RANK		میانگین Mean	رتبه RANK	میانگین Mean	رتبه 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		

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.3.7.8]

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 توانایی‌های ویژه‌ای در ارزیابی‌های صورت گرفته از خود نشان دادند، ژنوتیپ‌های شماره ۲ ، ۹ ،۱۱، ۱۲،۱۴ و سرارود -۱ دارای قابلیت های مثبت زیادی بوده و ظرفیت های ویژه‌ای از جمله عملکرد بالاتر، پایداری بیشتر و انحراف از رگرسیون غیر معنی‌دار 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 شاخص‌های 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 هکتار)، تحمل به تنش بالا، حساسیت به تنش متوسط، ژنوتیپ شماره ۲ با تولید عملکرد بالادر 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 روش‌های ساده و قابل اطمینان برای گزینش ژنوتیپ‌های 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 می‌توانند کارآیی عملیاتی زیادی داشته و با استفاده از آنها می‌توان حجم زیادی از مواد را در زمان کمتری گزینش نمود. نتایج این آزمایش نشان داد روش دو مرحله‌ای 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 می‌شوند، اطلاعات مفید و کاربردی‌تر ارائه می‌دهد.

منابع مورد استفاده

References

Aghaee-Sarbarzeh, M. and M. Rostaee. 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).

Calhoum, 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

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.3.7.8]

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.

R**osielle, 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.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.3.7.8]

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

Aghaee-Sarbarzeh, M.[1], R. Rajabi[2] and Y. Ansari[3]

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 furher 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

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.3.7.8]