

گزینش ژنوتیپ‌های جو (*Hordeum vulgare* L.) با استفاده از آماره‌های پایداری  
در مناطق معتدل ایران  
Selection of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Genotypes for Temperate Zones of  
Iran Using Stability Statistics

حمیدرضا نیکخواه، احمد یوسفی، مهرداد محلوچی، محسن آرزمجو، ذبیح اله راوری،  
محمدشریف الحسینی، محمدابراهیم پژومند و یداله مروتی

مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

تاریخ دریافت: ۱۳۸۳/۱۱/۶

چکیده

نیکخواه، ح. ر.، یوسفی، ا.، محلوچی، م.، آرزمجو، م.، راوری، ذ.، الحسینی، م. ش.، پژومند، م. ا.، و مروتی، ی. ۱۳۸۶. گزینش ژنوتیپ‌های جو (*Hordeum vulgare* L.) با استفاده از آماره‌های پایداری در مناطق معتدل ایران. نهال و بذر ۲۳: ۱۳-۱.

اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به وسیله واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها به شرایط متغیر محیطی ایجاد می‌شود. توجه به این پدیده برای پیشرفت در اصلاح نباتات ضروری است، عدم توجه به آن موجب محدود شدن دقت برآورد عملکرد دانه می‌شود. در این تحقیق به منظور تعیین پایداری عملکرد و بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، تعداد بیست ژنوتیپ امیدبخش جو در سال‌های زارعی ۸۱-۱۳۷۹ (به مدت دو سال) در هفت ایستگاه مناطق معتدل کشور شامل ایستگاه‌های تحقیقاتی کرج، کرمان، اصفهان، بیرجند، یزد، زرقان و نیشابور مورد بررسی قرار گرفتند. تجزیه واریانس مرکب بر روی عملکرد دانه تیمارها، اختلاف معنی‌دار برای اثر سال، مکان، اثر متقابل سال × مکان، ژنوتیپ و اثر متقابل سه جانبه ژنوتیپ × مکان × سال نشان داد. با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ × مکان × سال جهت بررسی دقیق‌تر ژنوتیپ‌ها و تعیین پایداری عملکرد آن‌ها از روش‌های مختلف تجزیه پایداری استفاده شد. پارامترهای پایداری واریانس محیطی ( $S_i^2$ )، ضریب تغییرات محیطی ( $CV_i$ )، میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون ( $S_{di}^2$ )، اکووالانس ( $W_i^2$ )، واریانس پایداری ( $\delta_i^2$ )، واریانس درون مکانی ( $MS_{(V/L)_i}$ )، ضریب تبیین ( $R_i^2$ )، میانگین رتبه ( $\bar{R}$ ) و انحراف معیار رتبه (SDR) و اثر متقابل ناشی از نامتجانسی در مقدار ( $SS_{(HV)_i}$ ) و اثر متقابل ناشی از انحراف از همبستگی کامل و مثبت رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها در محیط ( $SS_{(IC)_i}$ ) برای همه ژنوتیپ‌ها محاسبه شد. با توجه به معیارهای پایداری مورد استفاده ژنوتیپ‌های شماره ۴ (Trompillo/L.Moghan)، ۱۳ (Rihane -03) و ۱۵ (Gustoe/Arar) در اغلب روش‌های مورد مطالعه، پایداری مطلوب‌تری را نشان دادند، که این سه ژنوتیپ برای معرفی، به برنامه‌های به‌زراعی و آزمایش‌های تحقیقی - تطبیقی پیشنهاد شدند.

واژه‌های کلیدی: جو، پایداری عملکرد، آماره‌های مختلف پایداری، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط.

## مقدمه

هر ساله در برنامه به نژادی جو آبی کشور لاین‌های امیدبخش جو در هر یک از اقلیم‌های گرم، معتدل و سرد انتخاب و در دسترس می‌باشد. در انتخاب این لاین‌ها علاوه بر عملکرد و سایر صفات مهم مانند مقاومت به بیماری‌ها، آفات و تیپ زراعی مطلوب، باید به واکنش ژنوتیپ در محیط‌های مختلف (اثر متقابل ژنوتیپ × محیط) و پایداری عملکرد توجه نمود، بنابراین در راستای برنامه معرفی ارقام جدید جو، مطالعه و شناخت اثر متقابل ژنوتیپ × محیط با توجه به شرایط آب و هوایی مناطق مختلف کشور دارای اهمیت زیادی است. علاوه بر این واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها برای شرایط محیطی مختلف به ویژه زمانی که با تغییر در رتبه ژنوتیپی همراه است، شناسایی لاین‌های پایدار و برتر را محدود می‌نماید. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط می‌تواند شرایطی را در گزینش ژنوتیپ‌های دارای اثر متقابل مثبت با مکان و شرایط محیطی معمول آن منطقه (بهره‌وری از سازگاری خصوصی) یا ژنوتیپ‌های با تغییرات کم عملکرد (بهره‌وری از پایداری عملکرد) به وجود بیاورد (Annicchiarico, 2002).

بدون بررسی و شناخت اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نتیجه‌گیری از آزمایش‌های مختلف به زراعی و به نژادی اعتبار چندانی ندارد، زیرا عکس‌العمل ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف متفاوت است (Gauch, 1992). وجود اثر متقابل

ژنوتیپ × محیط از پایداری ارقام کاسته و موجب کاهش بازده ارقام در برخی از محیط‌ها می‌شود. عکس‌العمل ژنوتیپ‌های مختلف معمولاً به دلیل پاسخ متفاوت ژن‌ها و یا قدرت تظاهر متفاوت آن‌ها در محیط‌های مختلف است (Fan et al., 2001). در صورت وجود اثر متقابل، ایجاب می‌کند که علاوه بر میزان عملکرد معیار پایداری ارقام نیز در معرفی آن‌ها مورد توجه قرار گیرد (Cossa, 1990).

برای بررسی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها روش‌های آماری مختلفی ارائه شده است. رومر (Roemer, 1917) از واریانس ارقام به عنوان معیاری برای پایداری استفاده کرد. فرانسیس و کاننبرگ (Francis and Kannenberg, 1978) برای تعیین پایداری ارقام از ضریب تغییرات یک واریته در بین تمام محیط‌های آزمایشی استفاده کردند تا همبستگی احتمالی بین میانگین و واریانس ارائه شده توسط رومر را در این روش حذف کنند. ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966) شیب خط رگرسیون و متوسط عملکرد ارقام میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون را نیز در میزان پایداری ارقام مهم تلقی کردند. ریک (Wricke, 1962) سهم هر ژنوتیپ را در تشکیل مجموع مربعات اثر متقابل در همه محیط‌های آزمایشی به عنوان معیار پایداری معرفی نمود. شوکلا (Shukla, 1972) واریانس پایداری را که شکل تغییر یافته‌ای از معیار پایداری ریک است ارائه داد.

مشخص می شود. در واقع بخش اول تعیین کننده میزان حساسیت محیطی ژنوتیپ ها است و بخش دوم انحراف از همبستگی کامل جفت ژنوتیپ ها را به تغییر در رتبه نشان می دهد، به هر حال تفکیک اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به این دو بخش، اطلاعات بسیار مهمی را در خصوص توسعه روند اصلاحی فراهم می کند.

روش های غیر پارامتری متعددی به منظور تعیین پایداری ارقام پیشنهاد شده است که در اکثر آن ها ارقام هر محیط رتبه بندی شده و ژنوتیپی پایدار محسوب می شود که در کلیه محیط ها رتبه مشابهی داشته باشد. معیارهای غیر پارامتری دارای محاسنی در مقایسه با روش های پارامتری هستند. این روش ها بی نیاز از فرضیات نرمال و مستقل بودن داده ها یا یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی هستند، حساسیت کمتری در مقایسه با روش های پارامتری نسبت به خطا یا داده های پرت دارند، اضافه یا حذف کردن یک یا تعداد کمی از ژنوتیپ ها بر شاخص پایداری بی تأثیر است و تفسیر معیارهای غیر پارامتری راحت تر از معیارهای پارامتری است.

در عین حال روش های غیر پارامتری در مقایسه با روش های پارامتری از قدرت کمتری برخوردارند. زمانی که تعدادی ژنوتیپ در چند محیط بررسی می شوند و تعداد آن ها خیلی کم یا خیلی زیاد نباشد ریسک گزینش ژنوتیپ های ناپایدار به روش پارامتری کمتر است یا به

لین و بینز (Lin and Binns, 1991) چهار مفهوم پایداری را برای پارامترهای پایداری تک متغیره ارائه کردند. به طور خلاصه بر اساس نظر این محققان رقم پایدار رقمی است که: واریانس بین محیطی آن کوچک (نوع یک پایداری)، شیب وایازی متوسط (۱) (نوع دوم پایداری)، میانگین مربعات انحراف از رگرسیون تا حد امکان کوچک (نوع سوم پایداری) و میانگین مربعات بین سال ها یا تنوع درون مکانی آن کوچک باشد (نوع چهارم پایداری).

تغییر در بزرگی واریانس بین ژنوتیپ ها که به دلیل تغییر در رتبه نیست، تأثیری بر تصمیم گیری به نژادگر در گزینش پر عملکردترین ژنوتیپ ها ندارد (Tai, 1979). پی بردن به ماهیت اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بسیار مهم و ضروری است. با توجه به این که این اثر متقابل به دو صورت تغییر در مقدار یا تغییر در رتبه بروز می کند، می توان سهم هر یک از آن ها را در مجموع مربعات اثر متقابل تعیین کرد. مویر و همکاران (Muir et al., 1992) بر اساس تصادفی بودن محیط ها و ثابت بودن ژنوتیپ ها مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ  $\times$  محیط را به دو بخش تفکیک کردند: ۱- مجموع مربعات اثر متقابل ناشی از نامتجانسی در مقدار (نه رتبه) که با  $SS_{(HV)i}$  (Heterogeneous Variance) نشان داده می شود و ۲- اثر متقابل ناشی از انحراف از همبستگی ناقص و مثبت رتبه بندی ژنوتیپ ها در محیط که با  $SS_{(IC)i}$  (Incomplete Correlation)

تصادفی با بیست لاین و رقم (با احتساب دو شاهد) در چهار تکرار در هفت ایستگاه تحقیقاتی کرج، کرمان، اصفهان، زرقان، بیرجند، نیشابور و یزد برای مدت دو سال زراعی (۸۱-۱۳۷۹) اجرا شد. کرت‌های آزمایشی شامل دو پشته به طول شش متر بود. پهنای هر پشته ۶۰ سانتی‌متر و عرض هر کرت ۱/۲۰ متر بود. مساحت کاشت ۷/۲۰ مترمربع بود که پس از حذف نیم متر از بالا و پایین هر کرت مساحت برداشت هر کرت شش مترمربع بود. میزان بذر بر اساس ۳۵۰ دانه در هر مترمربع منظور شد و توزین بذر لازم برای کاشت در هر کرت با توجه به وزن هزار دانه ژنوتیپ‌ها انجام شد. در سال اجرای آزمایش عملیات تهیه زمین به طور معمول انجام شد. تعداد دفعات آبیاری مطابق نیاز گیاه با توجه به شرایط محیطی هر ایستگاه در نظر گرفته شد و در کلیه مناطق آبیاری به مقدار کافی برای تمام دوره رشد و نمو انجام شد. در پایان هر سال زراعی محصول کرت‌های آزمایشی به طور جداگانه برداشت و عملکرد دانه کرت‌ها اندازه‌گیری شدند. پس از جمع‌آوری اطلاعات کلیه ایستگاه‌ها محاسبات آماری آزمایش انجام شد. محاسبات آماری آزمایش به شرح زیر بود:

۱- تجزیه واریانس مرکب و آزمون F منابع تغییر بر اساس امید ریاضی میانگین مربعات با فرض تصادفی بودن مکان‌ها و سال‌ها و ثابت بودن ژنوتیپ‌ها و مقایسه میانگین مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها.

عبارتی دیگر احتمال گزینش ژنوتیپ‌های کاملاً پایدار حد اکثر خواهد بود (Helms, 1993). در روش‌های غیر پارامتری، ژنوتیپ‌ها به تفکیک در کلیه محیط‌ها بر حسب عملکرد دانه رتبه‌بندی شده و سپس میانگین عملکرد و انحراف معیار هر ژنوتیپ با توجه به عملکرد آن محاسبه می‌شود. در این رتبه‌بندی به بالاترین مقدار عملکرد دانه عدد یک داده می‌شود و هر اندازه میانگین رتبه یک ژنوتیپ (R) در کلیه محیط‌ها به عدد یک نزدیک‌تر بوده و انحراف معیار (SDR) آن کمترین مقدار باشد، آن ژنوتیپ دارای پایداری عملکرد بیشتری است (Ketata, 1988).

مناطق دارای اقلیم معتدل در ایران با تولید بیش از یک میلیون تن محصول دانه جو (تقریباً معادل یک سوم کل تولید محصول دانه جو آبی و دیم)، با سطح زیر کشت حدود ۳۲۵ هزار هکتار (تقریباً معادل یک پنجم کل سطح زیر کشت) و میانگین تولید ۳/۲ تن در هکتار سهم به سزائی در تولید جو و علوفه کشور دارد. بنابراین تولید ارقام اصلاح شده با عملکرد و سازگاری بالا برای این اقلیم حائز اهمیت است.

#### مواد و روش‌ها

به منظور تعیین پایداری و ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ارقام و لاین‌های امیدبخش جو، آزمایش مقایسه عملکرد یکنواخت سراسری منطقه معتدل در قالب طرح بلوک‌های کامل

محاسبه تفکیک اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به دو جزء اثر متقابل ناشی از نامتجانسی در مقدار  $(SS_{(HV)i})$  و اثر متقابل ناشی از انحراف از همبستگی ناقص و مثبت. رتبه بندی ژنوتیپ ها در محیط  $(SS_{(IC)i})$  که با استفاده از روش مویر و همکاران (Muir *et al.*, 1992) محاسبه شد.

۳- محاسبه پایداری ارقام با استفاده از روش رتبه بندی (Rank method) در این روش میانگین رتبه عملکرد ژنوتیپ ها (که براساس تعداد ۱۴ محیط برآورد شد) و نیز انحراف معیار رتبه (SDR) ژنوتیپ ها محاسبه شد و به عنوان معیاری غیر پارامتری در بررسی ارقام مورد استفاده قرار گرفت.

۲- برای تعیین پایداری عملکرد دانه در ارقام و لاین های مورد بررسی از معیارهای پیشنهادی ابرهات و راسل (Eberhart and Russell, 1966) با محاسبه ضریب خط رگرسیون  $(b_i)$  و انحراف از خط رگرسیون  $(S_{di}^2)$ ؛ اکووالانس ریک (Wricke, 1962) با محاسبه  $W_i^2$ ؛ واریانس پایداری شوکلا (Shukla, 1972) با محاسبه  $\sigma_i^2$ ؛ ضریب تغییرات پیشنهادی فرانسیس و کاننبرگ (Francis and Kannenberg, 1978) با محاسبه  $CV_i$ ؛ ضریب تبیین  $(R_i^2)$  طبق پیشنهاد پینتوس (Pinthus, 1973)؛ پارامتر پایداری تیپ چهار پیشنهادی لین و بینز (Lin and Binns, 1991) با محاسبه واریانس درون مکانی  $(MS_{(Y/L)i})$  برای هر ژنوتیپ و

جدول ۱- شجره ژنوتیپ های ارزیابی شده جو

Table 1. Pedigree of evaluated barley genotypes

Genotype No.	Pedigree
1	Rihane
2	L.527/Nk 1272//Eneldo"S"
3	C.C.89/(Atem/Uni 80//Gloria"S"/Come"S")
4	Trompillo/L.Moghan
5	LB.Iran/Una 8271//Gloria"S"/3/Alm/Una/80//Gloria
6	CIn/80-5138//Gloria/Copal/3/Sen/4/....
7	Violeta/Mja
8	Milagrosa/Cardo//Quina
9	Boldo/Aloe//Quina
10	LB.Iran/Una 8271//Gloria/Come/3/.....
11	Carbo/Gustoe
12	L.527/Chn-01/6/UC566/5/M64-76/Bon//Jo/York/3/M5/
13	Rihane -03
14	Lignee 527/Rhn//Arar
15	Gustoe/Arar
16	Rhn/Lignee 527
17	Lignee 640/Bgs//Cel
18	ER/Apm//AC253
19	Hd/Aths//Pyo/DL70/3/Apm/5106/4/Api/EB489-8-2-15-
20	MB-73-6(Karoon / Kavir)

**نتایج و بحث**

شجره ژنوتیپ‌های ارزیابی شده جو در جدول ۱ نشان داده شده است. به منظور بررسی وضعیت ارقام و لاین‌ها در مکان‌ها و سال‌های مختلف تجزیه واریانس مرکب داده‌های حاصل از هفت مکان و دو سال انجام شد. نتایج به دست آمده از تجزیه مرکب نشان داد که اثر سال، مکان، اثر متقابل سال × مکان، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × مکان × سال معنی‌دار بود (جدول ۲). معنی‌دار بودن اثر مکان و سال نشان‌دهنده اختلاف شرایط محیطی در مناطق و

سال‌های مورد آزمایش بوده و معنی‌دار بودن اثر ژنوتیپ نشان‌دهنده اختلاف ژنتیکی در بین ارقام و لاین‌های مورد بررسی است. در تجزیه واریانس مرکب با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ × مکان × سال می‌توان استنباط کرد که عملکرد ژنوتیپ‌ها در مکان‌ها و سال‌های مختلف دارای تغییراتی بوده و برای بررسی دقیق‌تر اثر متقابل و پیدا کردن ژنوتیپ‌های دارای عملکرد پایدار در شرایط محیطی مختلف باید تجزیه پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط ایستگاه‌های مختلف

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف جو در مکان‌های مختلف طی دو سال

Table 2. Combined ANOVA for grain yield of barley genotypes in different locations during two years

S. O. V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	میانگین مربعات MS	F آزمون
Year (Y)	سال	1	16.33	7.17*
Location (L)	مکان	6	223.39	98.12**
Y × L	سال × مکان	6	16.68	7.33**
YL (r-1)	تکرار در سال و مکان	42	2.28	4.75**
Genotype (G)	ژنوتیپ	19	2.16	1.94*
G × L	ژنوتیپ × مکان	114	1.35	1.21 <sup>ns</sup>
G × Y	ژنوتیپ × سال	19	1.24	1.11 <sup>ns</sup>
G × L × Y	ژنوتیپ × سال × مکان	114	1.11	2.30**
E <sub>b</sub>	اشتباه b	798	0.48	

ns, \* و \*\*: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns, \* and \*\*: Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

۵/۸۰، ۵/۷۴ و ۵/۷۳ تن در هکتار بیشترین عملکرد را دارا بودند (جدول ۳)، که با توجه به این که ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۲۰ شاهد بودند و اختلاف معنی‌دار بین این شش ژنوتیپ برتر

آزمایش انجام شود. مقایسه میانگین مرکب ژنوتیپ‌ها در دو سال نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۲۰، ۱۳، ۴، ۱، ۱۵ و ۱۶ به ترتیب با داشتن میانگین عملکرد ۵/۸۷، ۵/۸۵، ۵/۸۱،

وجود نداشت، چهار لاین شماره ۴، ۱۳، ۱۵ و ۱۶ مورد نظر قرار گرفتند. قبل از هرگونه انتخاب و توصیه لازم بود میزان پایداری عملکرد ژنوتیپها با استفاده از روش های تجزیه پایداری مشخص شود تا ژنوتیپهایی با عملکرد بالا و پایدار شناسایی شوند. یکی از رایج ترین و ساده ترین روش های تجزیه پایداری روش رگرسیون است. تجزیه واریانس عملکرد دانه ژنوتیپها بر اساس روش ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966) انجام و مشاهده شد که منابع تغییر ژنوتیپ، ژنوتیپ × محیط در سطح ۵٪ و ۱٪ معنی دار است. معنی دار شدن واریانس محیط خطی حاکی از این است که تغییرات عملکرد محیطها از روند خطی قابل توجهی برخوردار است. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط خطی معنی دار نشد که نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار ژنوتیپها از نظر شیب خط رگرسیون با یکدیگر است. مجموع مربعات انحراف از خط رگرسیون که جزئی از مجموع مربعات ژنوتیپ × محیط بوده و همان مجموع مربعات انحراف از خطی بودن کلیه ژنوتیپ (تلفیق شده) است معنی دار بود (جدول ۳). با توجه به عدم تفاوت معنی دار شیب خط رگرسیون ژنوتیپها، می توان نتیجه گرفت که همه ژنوتیپها دارای سازگاری عمومی بوده ولی هیچ یک سازگاری خصوصی ندارند. ژنوتیپها دارای سازگاری عمومی مطلوب، متوسط و ضعیف بودند. از بین ژنوتیپهایی که شیبی نزدیک به یک داشتند، ژنوتیپهای شماره ۲۰، ۱۳، ۴، ۱۵، ۱۶، ۱۸، ۵ و ۱۷ با عملکرد بالاتر از میانگین کل ( $0/065 \text{ tha}^{-1}$ ) دارای سازگاری عمومی مطلوب بودند. از طرفی با توجه به این که انحراف از خط رگرسیون ژنوتیپهای شماره ۴، ۱۳ و ۱۵ کمتر از بقیه و ضریب تبیین آنها نیز بالاتر بود می توان آنها را واجد سازگاری عمومی مطلوب دانست (جدول ۳). ضریب تبیین در واقع بخشی از تغییرات موجود در عملکرد یک ژنوتیپ را که علت برآزش مدل است نشان می دهد و چنانچه ضریب تبیین پایین یا واریانس انحراف از خط رگرسیون بالا باشد مدل قادر به توصیف خوب داده ها نبوده و لذا نمی تواند معیار خوبی برای تشخیص پایداری واقعی ژنوتیپها محسوب شود. آقائی و همکاران (۱۳۷۳) با استفاده از همین روش پایداری نه ژنوتیپ جو را به مدت چهار سال در تبریز مورد مطالعه قرار داده و رقم والفجر را با تولید عملکرد بیش از میانگین کل، ضریب رگرسیون نزدیک به یک و انحراف از خط رگرسیون غیر معنی دار برتر از سایر ارقام دانستند. قزوینی (۱۳۷۵) نیز این روش را در مقایسه با روش میانگین مربعات درون مکانی (Lin and Binns, 1991) روش مناسب تری برای مطالعه پایداری گزارش کرده است.

پارامترهای پایداری اکووالانس ریک  $W_i^2$  (Wricke, 1962) و واریانس ( $\sigma_i^2$ ) شوکلا (Shukla, 1972) در جدول ۳ آورده شده است. ژنوتیپهای شماره ۴، ۱۰، ۱۲، ۱۴ و ۱۵ با کمترین اکووالانس و واریانس پایداری شوکلا

وجود نداشت، چهار لاین شماره ۴، ۱۳، ۱۵ و ۱۶ مورد نظر قرار گرفتند. قبل از هرگونه انتخاب و توصیه لازم بود میزان پایداری عملکرد ژنوتیپها با استفاده از روش های تجزیه پایداری مشخص شود تا ژنوتیپهایی با عملکرد بالا و پایدار شناسایی شوند. یکی از رایج ترین و ساده ترین روش های تجزیه پایداری روش رگرسیون است. تجزیه واریانس عملکرد دانه ژنوتیپها بر اساس روش ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966) انجام و مشاهده شد که منابع تغییر ژنوتیپ، ژنوتیپ × محیط در سطح ۵٪ و ۱٪ معنی دار است. معنی دار شدن واریانس محیط خطی حاکی از این است که تغییرات عملکرد محیطها از روند خطی قابل توجهی برخوردار است. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط خطی معنی دار نشد که نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار ژنوتیپها از نظر شیب خط رگرسیون با یکدیگر است. مجموع مربعات انحراف از خط رگرسیون که جزئی از مجموع مربعات ژنوتیپ × محیط بوده و همان مجموع مربعات انحراف از خطی بودن کلیه ژنوتیپ (تلفیق شده) است معنی دار بود (جدول ۳). با توجه به عدم تفاوت معنی دار شیب خط رگرسیون ژنوتیپها، می توان نتیجه گرفت که همه ژنوتیپها دارای سازگاری عمومی بوده ولی هیچ یک سازگاری خصوصی ندارند. ژنوتیپها دارای سازگاری عمومی مطلوب، متوسط و ضعیف بودند. از بین ژنوتیپهایی که شیبی نزدیک به یک داشتند، ژنوتیپهای شماره

روش مناسب جهت تعیین پایداری دانستند و بر اساس آن ارقام تجن و اترک را به عنوان ارقام پر محصول و دارای سازگاری بیشتر برای اقلیم گرم و مرطوب شمال معرفی و توصیه کردند.

روش واریانس درون مکانی لین و بینز (Lin and Binns, 1991) پایدارترین ژنوتیپها را ژنوتیپهای شماره ۴، ۵، ۱۳، ۱۴ و ۱۸ تشخیص داد که به دلیل عملکرد بالاتر از میانگین و مقدار کمتر واریانس درون مکانی  $(MS_{(Y/L)i})$  ژنوتیپهای شماره ۴ و ۵ مطلوبترین ژنوتیپها تشخیص داده شدند و ژنوتیپهای شماره ۳، ۷، ۱۱ و ۲۰ به عنوان ناپایدارترین شناخته شدند (جدول ۳). روستائی و همکاران (۱۳۷۵) به منظور گزینش ارقام پایدار و پر محصول گندم و جو در دیمزارهای کشور از بین پارامترهای پایداری، پارامتر نوع چهارم (واریانس درون مکانی) لین و بینز (Lin and Binns, 1991) را به دلیل وراثت پذیر بودن و اکووالانس ریک (Wricke, 1962) و واریانس شوکلا (Shukla, 1972) را به خاطر گزینش ارقام پایدار و پر محصول به عنوان معیارهای مناسب توصیه کردند.

نتایج حاصل از ارزیابی ژنوتیپها با دو آماره غیرپارامتری میانگین رتبه ( $\bar{R}$ ) و انحراف معیار رتبه (SDR) نشان داد که ژنوتیپهای شماره ۴، ۱۳، ۱۵، ۲۰ و ۱ با دارا بودن کمترین مقدار میانگین رتبه و انحراف معیار رتبه به عنوان پایدارترین ژنوتیپها شناخته شدند که در این میان سه ژنوتیپ شماره ۴، ۱۳ و ۱۵ (۱ و ۲۰

جزء پایدارترین ژنوتیپها شناخته شدند که در این میان ژنوتیپهای شماره ۴ و ۱۵ به علت بالاتر بودن عملکردشان از میانگین کل مطلوب تر هستند. این ژنوتیپها برای گزینش و ورود به برنامه های بعدی و توصیه به کشاورزان مناسب هستند. ژنوتیپهای شماره ۷، ۱۸ و ۱۹ به دلیل بالا بودن این دو پارامتر جزء ناپایدارترین ژنوتیپها شناخته شدند. قزوینی و یوسفی (۱۳۷۸) به منظور تعیین پایداری عملکرد و بررسی اثر متقابل ژنوتیپ  $\times$  محیط تعداد ۱۹ رقم و لاین امیدبخش جو را طی سه سال و در هشت مکان (ایستگاه منطقه گرم) مورد بررسی قرار داده و با استفاده از روش های مختلف تجزیه پایداری، ژنوتیپ شماره ۵ (تروپی) را برای منطقه گرم جنوب و ژنوتیپ ۱۸ (صحرا) را برای منطقه گرم شمال معرفی کردند. مقادیر واریانس محیطی ( $S_i^2$ ) و ضریب تغییرات محیطی ( $CV_i$ ) برای هر ژنوتیپ در جدول ۳ آورده شده است. به طوری که مشاهده می شود ژنوتیپهای شماره ۱، ۴، ۵، ۶، ۱۰، ۱۳، ۱۴، ۱۷ و ۲۰ با کمترین مقدار واریانس محیطی و ضریب تغییرات محیطی پایدارترین ژنوتیپها در این روش شناسائی شدند که در این میان ژنوتیپهای شماره ۴، ۵ و ۱۳ با داشتن عملکرد بالاتر از میانگین کل مطلوب هستند (شماره های ۱ و ۲۰ شاهد هستند). ضعیفی زاده و همکاران (۱۳۷۵) پایداری بیست ژنوتیپ گندم بهاره را با شش روش پایداری در چهار منطقه طی سه سال بررسی نمودند و روش ضریب تغییرات (CV) را



شدند و ژنوتیپ‌های شماره ۷ و ۱۸ با بیشترین سهم در بیان  $SS_{(IC)i}$  جزء ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۴). محمدی نژاد (۱۳۸۱) در تفکیک اثر متقابل ژنوتیپ  $\times$  محیط به کمک روش مویر و همکاران (Muir *et al.*, 1992) در ارقام یولاف نشان دادند که ۹۰/۱۳٪ از مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ  $\times$  محیط را بخش  $SS_{(IC)i}$  و ۹/۸۷٪ آن را بخش  $SS_{(HV)i}$  تشکیل می‌دهد. در آزمایشی که توسط مرتضویان (۱۳۸۳) به منظور تعیین پایداری هیبریدهای ذرت انجام شد، نشان داده شد که ۹۷/۷۱٪ از مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ  $\times$  محیط را بخش  $SS_{(IC)i}$  و ۲/۲۹٪ آن را بخش  $SS_{(HV)i}$  تشکیل می‌دهد که در این میان هیبرید SC76 با داشتن کمترین مقدار  $SS_{(IC)i}$  و بیشترین مقدار  $SS_{(HV)i}$  به عنوان ژنوتیپ مطلوب شناخته شد.

بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق در مجموع ژنوتیپ شماره ۴ (Trompillo/L.Moghan) را به عنوان پایدارترین و مطلوب‌ترین ژنوتیپ معرفی و در مرحله بعدی ژنوتیپ‌های شماره ۱۳ (Rihane-03) و ۱۵ (Gustoe/Arar) مناسب تشخیص داده شدند.

از آن جایی که لاین‌های مورد مطالعه در چند سیکل متوالی (مقدماتی، پیشرفته و امیدبخش) انتخاب و آن هم برای همین مکان‌ها و اقلیم، بنابراین ممکن است که تنوع کافی در بین آن‌ها مخصوصاً از نظر عملکرد وجود

شاهد) قابل توصیه هستند. در این روش سه ژنوتیپ شماره ۲، ۱۱ و ۱۹ به عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (جدول ۳). فتاحی (۱۳۷۷) به منظور بررسی پایداری لاین‌های جو در مناطق معتدل آزمایشاتی طی سه سال در هشت مکان با ۱۹ ژنوتیپ انجام دادند، که نتایج حاصل از تجزیه پایداری با روش‌های مختلف پارامتری و غیرپارامتری در مجموع ژنوتیپ شماره ۶ (Karooon/Kavir) را به عنوان پایدارترین و پر محصول‌ترین ژنوتیپ معرفی کرد.

بر اساس روش مویر و همکاران (Muir *et al.*, 1992) مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ  $\times$  محیط به دو بخش ناشی از نامتجانسی واریانس  $SS_{(HV)i}$  و همبستگی ناقص  $SS_{(IC)i}$  تفکیک شد (جدول ۴). تفکیک مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای هر ژنوتیپ به دو بخش  $SS_{(HV)i}$  و  $SS_{(IC)i}$  نشان داد که ۹۳/۵۲٪ از مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را بخش  $SS_{(IC)i}$  و ۶/۴۸٪ آن را بخش  $SS_{(HV)i}$  تشکیل می‌دهد، بنابراین قضاوت بر مبنای مجموع مربعات  $SS_{(IC)i}$  می‌تواند ابزار مطمئن‌تری برای بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها فراهم کند. تفکیک اثر متقابل ژنوتیپ در محیط نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۱۰، ۱۲، ۱۴ و ۱۵ با داشتن کمترین مقدار  $SS_{(IC)i}$  دارای بیشترین پایداری هستند که در بین آن‌ها دو ژنوتیپ شماره ۴ و ۱۵ با داشتن عملکرد بالاتر از میانگین مطلوب تشخیص داده

جدول ۴- واریانس نامتجانسی جهت تفکیک اثر تغییر در مقدار و تغییر در رتبه ژنوتیپ‌های جو

Table 4. Heterogeneous Variance ( $SS_{(HV)_i}$ ) and Incomplete Correlation ( $SS_{(IC)_i}$ ) in barley genotypes

Genotype No.	$SS_{(HV)_i}$	(%)	$SS_{(IC)_i}$	(%)	$SS_{(GE)}$	(%)
1	0.233	4.73	3.861	5.43	4.095	5.38
2	0.128	2.60	3.033	4.26	3.161	4.15
3	0.261	5.29	3.444	4.84	3.705	4.87
4	0.125	2.54	2.674	3.76	2.799	3.68
5	0.144	2.92	3.252	4.57	3.396	4.46
6	0.554	11.22	3.616	5.08	4.170	5.48
7	0.307	6.22	6.288	8.84	6.595	8.67
8	0.123	2.50	3.545	4.98	3.668	4.82
9	0.233	4.73	3.788	5.32	4.021	5.28
10	0.215	4.36	2.522	3.54	2.737	3.60
11	0.170	3.45	4.107	5.77	4.277	5.62
12	0.128	2.59	2.459	3.46	2.587	3.40
13	0.128	2.59	3.335	4.69	3.463	4.55
14	0.444	8.99	2.256	3.17	2.700	3.55
15	0.294	5.95	2.763	3.88	3.057	4.02
16	0.148	3.00	3.960	5.56	4.108	5.40
17	0.401	8.13	3.256	4.57	3.657	4.81
18	0.168	3.41	4.919	6.91	5.087	6.68
19	0.591	11.97	4.226	5.94	4.817	6.33
20	0.139	2.81	3.865	5.43	4.004	5.26
Total	4.934	6.48	71.168	93.52	76.104	100.00

کمک به ثبات و حفظ پایداری عملکرد نیز قابل توجه باشد و این امر نکته‌ای است که باید از سوی به نژادگر در خصوص معرفی ارقام جدید مد نظر قرار گیرد.

در بین روش‌های تجزیه پایداری مورد استفاده، معیارهای پیشنهادی ابرهات و راسل (Eberhart and Russell, 1966) و روش غیر پارامتری رتبه‌بندی میانگین عملکرد ( $\bar{R}$ ) و انحراف معیار هر ژنوتیپ (SDR)، به دلیل متمایز کردن پایدارترین ژنوتیپ‌ها با بالاترین مقدار عملکرد دانه به عنوان مناسب‌ترین روش‌ها در این تحقیق شناخته شدند.

نداشته باشد، ولی از نظر صفات دیگر مانند زودرسی و مقاومت به خوابیدگی ژنوتیپ‌های انتخابی نسبت به شاهد برتر باشند. ژنوتیپ شماره ۴ حدود ۱۰-۷ روز و دو ژنوتیپ دیگر پنج روز زودرس‌تر از شاهد بودند، از طرفی نتایج حاصل از مطالعات مختلف بیانگر آن است که افزایش تنوع موجب افزایش ثبات و پایداری تولید می‌شود که این امر در ارتباط با ممانعت از گسترش و همه‌گیری آفات و بیماری‌ها و تا حدودی تنش‌های غیرزنده قابل توجه است. بر این اساس چنین به نظر می‌رسد که اولویت کشت یک رقم در یک منطقه نه فقط از دیدگاه برتری عملکرد بلکه از جهت افزایش تنوع و

## References

## منابع مورد استفاده

- آقائی، م.، مقدم، م.، ولی زاده، م.، و کاظمی، ح. ۱۳۷۳. تجزیه پایداری و تجزیه همبستگی عملکرد دانه در تعدادی از ارقام جو. چکیده مقالات سومین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات. دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز. صفحه ۱۵۰.
- روستائی، م.، مقدم، م.، و محفوظی، س. ۱۳۷۵. مقایسه روش های برآورد پارامترهای پایداری برای انتخاب در ارقام پایدار و پر محصول گندم و جو در دیمزارهای ایران. چکیده مقالات چهارمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه صنعتی اصفهان. صفحه ۲۵۲.
- ضعیفی زاده، م.، مقدم، م.، اکبری، ع.، و محفوظی، س. ۱۳۷۵. بررسی پارامترهای مختلف پایداری و تعیین ارقام پایدار گندم های بهاره آبی مناطق نیمه گرمسیر ساحل خزر. چکیده مقالات چهارمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان. صفحه ۲۶۳.
- فتاحی، ف. ۱۳۷۷. بررسی روش AMMI و مقایسه آن با سایر روش ها در تعیین پایداری ارقام جو. پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات. دانشگاه تربیت مدرس.
- قزوینی، ح. ۱۳۷۵. بررسی پارامترهای مختلف پایداری برای تعیین ارقام پایدار جو در مناطق سردسیر. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
- قزوینی، ح.، و یوسفی، ا. ۱۳۷۸. بررسی سازگاری و مقایسه عملکرد ارقام پیشرفته جو در اقلیم های گرم کشور. مجله علوم زراعی ایران ۱(۴): ۴۱-۲۹.
- محمدی نژاد، ق. ۱۳۸۱. مقایسه پارامترهای مختلف پایداری در ارقام یولاف. پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات. دانشگاه صنعتی اصفهان.
- مرتضویان، س. ع. ۱۳۸۳. بررسی روش AMMI و مقایسه آن با سایر روش ها در تعیین پایداری هیبریدهای ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات. دانشگاه تهران.
- Annicchiarico, P. 2002.** Genotype×Environment Interaction. Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome.
- Crossa, J. 1990.** Statistical analysis of multilocation trials. *Advances in Agronomy* 44: 55-85.
- Eberhart, S.A., and Russell, W. A. 1966.** Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science* 6: 36-40.
- Fan, L. J., Hu, B. M., Shi, C. H., and Wu, J. G. 2001.** A method of choosing locations based on genotype×environment interaction for regional trials of rice. *Plant Breeding* 120: 139-142.

- Francis, T. R., and Kannenberg, L. W. 1978.** Yield stability studies in short-season maize: I-A descriptive method for grouping genotypes. Canadian Journal of Plant Science 58: 1029-1034.
- Gauch, H. G. 1992.** Statistical Analysis of Regional Yield Trials: AMMI Analysis of Factorial Designs. Elsevier, Amsterdam.
- Helms, T. 1993.** Selection for yield and stability among oat lines. Crop Science 33: 423-426.
- Ketata, H. 1988.** Genotype and environment interaction. Proceedings, Biometrical Techniques for Cereal Breeders. ICARDA. Aleppo, Syria: pp. 16-32.
- Lin, C. S., and Binns, M. R. 1991.** Genetic properties of four types of stability parameter. Theoretical and Applied Genetics 82: 505-509.
- Muir, W., Nyquist, W. E., and Xu, S. 1992.** Alternative partitioning of the genotype by environment interaction. Theoretical and Applied Genetics 84: 193-200.
- Pinthus, M. J. 1973.** Estimate of genotypic value: A proposed method. Euphytica 22: 121-123.
- Roemer, T. 1917.** Sind die ertragsreichen sorten ertragssichers? Mitt. DLG. 32: 87-89.
- Shukla, G. K. 1972.** Some statistical aspect of partitioning genotype-environmental components of variability. Heredity 29: 237-245.
- Tai, G. C. C. 1979.** Analysis of genotype environment interaction of potato yield. Crop Science 19: 434-438.
- Wricke, G. 1962.** Uber eine methods zur erfassung der okologschen streubreite in feld versuchen. Z. Pflanzenzucht 47: 92-96.

---

آدرس نگارندگان:

حمیدرضا نیکخواه و احمد یوسفی - بخش تحقیقات غلات، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، صندوق پستی ۴۱۱۹، کرج ۳۱۵۸۵.  
مهرداد محلوچی، محسن آرزومجو، ذبیح الله راوری، محمد شریف الحسینی، محمدابراهیم پژومند و یدالله مروتی - به ترتیب مرکز تحقیقات  
کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، خراسان (بیرجند)، کرمان، خراسان رضوی، فارس و یزد.