دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

بررسی سازگاری و پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم دوروم

هاجر بدری[۱]، رضا محمدی[۲] و علیرضا اطمینان[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران، (نویسنده مسوول: hajarbadri0000@gmail.com)
۲- دانشیار، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، معاونت سرارود، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران
۳- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحدکرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۴/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۰
صفحه: ۱۱۹ تا ۱۲۶

چکیده

به منظور بررسی سازگاری و پایداری عملکرد دانه ۱۶ ژنوتیپ گندم دوروم، آزمایشی در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در طی سه سال ۹۳-۱۳۹۱ در ایستگاه تحقیقات دیم سرارود (کرمانشاه) انجام گرفت. داده‌های حاصل از عملکرد دانه با استفاده از روش‌های آماری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین اثرات اصلی افزایشی ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد. بزرگی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط نسبت به اثر ژنوتیپ حدود دو برابر بود که بیانگر وجود احتمالی گروه‌های مختلف محیطی برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی می‌باشد. تجزیه گرافیکی بای‌پلات داده‌های عملکرد بر اساس مدل AMMI نشان داد که ژنوتیپ‌ها دارای واکنش متفاوتی به محیط‌های مورد بررسی بودند، به طوری‌که ژنوتیپ‌های سازگار برای هر گروه محیطی تعیین گردید. با توجه به معیارهای روش ابراهات و راسل، ژنوتیپ‌های شماره G1 و G3 با عملکرد بالاتر از میانگین کل، انحراف از رگرسیون حداقل و ضریب رگرسیونی در حد واحد دارای ترکیب مناسبی از عملکرد بالا و پایداری بودند. بر اساس آماره ارزش پایداری AMMI (ASV)، ژنوتیپ‌های G13، G6 و G10 پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ×محیط، بای پلات، پایداری عملکرد، سازگاری، گندم دوروم

مقدمه

گندم اولین غله و مهم‌ترین گیاه زراعی دنیاست که در تغذیه انسان از ارزش بالایی برخوردار است. دانه گندم حاوی نشاسته فراوان و مقداری پروتئین است. (۱۱). گندم دوروم (*Tritcum Turgidum* L.var durum) به عنوان یک محصول غذایی با اهمیت، تولیدی معادل۳۷/۵/۳ میلیون تن در جهان را داراست و محصول اصلی چندین کشور دنیا می‌باشد (۸). مبدا و منشا پیدایش گندم دوروم را نواحی غربی ایران می‌دانند. معمولاً سازگاری یک ژنوتیپ در چند محیط به وسیله‌ی اثر متقابل آن ژنوتیپ با محیطهای متفاوت آزمون می‌شود. یک ژنوتیپ هنگامی سازگاری یا پایداری بالایی دارد که میانگین عملکرد بالایی نیز داشته باشد و در ضمن، عملکرد نیز نوسان اندکی در سال‌ها و مکان‌های مختلف داشته باشد (۱). موفقّیّت عملکرد ارقام در مکان‌ها و سال‌های مختلف از اهمّیّت ویژه‌ای برخوردار است. در حالی که برخی از ارقام به طیف وسیعی از شرایط محیطی سازگاری دارند (سازگاری عمومی)، در مقابل برخی از ارقام به طیف محدودی از محیط سازگاری دارند (سازگاری خصوصی). ارقامی وجود دارند که با وجود حاصل‌خیزی محیط، عملکرد مشابهی دارند. ارقامی نیز عملکردشان به طور مستقیم با استعداد حاصل‌خیزی محیط، در ارتباط است . تلاش اصلاح گران بر این است ژنوتیپ‌هایی را انتخاب کنند که قدرت پایداری و عملکرد بالایی در همه‌ی سال‌ها و مکان‌ها داشته باشند. محققان به منظور بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط روش‌های آماری مختلفی از جمله تجزیه واریانس مرکب، رگرسیون، روش‌های غیرپارامتری مانند رتبه‌بندی و میانگین عملکرد ارقام مختلف در سال‌ها و مناطق مختلف و روش‌های پارامتری چند متغیره مبتنی بر بای‌پلات از جمله AMMI و GGE biplot را پیشنهاد نموده‌اند (۱۰). در بررسی روش‌های مختلف، پارامترهای پایداری را به چند گروه تقسیم و برای هر کدام ویژگی‌هایی را بیان کرده‌اند. یک راه مفید برای استخراج اطلاعات مربوط به اثر متقابل این است که بر روی باقیمانده‌های حاصل از اثرات جمع پذیر، از روش تجزیه به مقادیر منفرد[۱] یا تجزیه به مولفه‌های اصلی استفاده گردد. روش چند متغیره اثرات اصلی جمع‌پذیر و اثرات متقابل ضرب پذیر (AMMI) یکی از روش‌های چند متغیره است که از اعتبار و کاربرد فراوانی برخوردار است (۶). در روش چند متغیره اثرات اصلی جمع پذیر و اثرات متقابل ضرب‌پذیر این روش ابتدا تجزیه واریانس معمولی بر روی داده‌های دو طرفه ژنوتیپ و محیط انجام شده و سپس با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه اصلی[۲] بر روی اثرات متقابل انجام می‌گیرد. اگر در تجزیه AMMI فقط مؤلفه اصلی اول معنی‌دار شد و یا به عبارت دیگر مؤلفه اصلی اول بیش از ۹۰ درصد تغییرات را توجیه کرد مدل AMMI1 خوانده می‌شود و اگر دو مؤلفه اصلی اول بیش از ۹۰ درصد تغییرات را توجیه کردند مدل AMMI2، به همین ترتیب برای مولفه های بعدی نشان داده می‌شود. حال اگر هیچ‌کدام و یا مجموع چند مولفه اصلی معنی‌دار نشد، مدل AMMI0 نام‌گذاری می‌شود که فاقد محورهای IPCA می‌باشد و همان مدل تجزیه واریانس است (۶). برای انتخاب و معرفی ارقام پر محصول و پایدار، آزمایش‌های مقایسه عملکرد تکرار دار در چند سال و چند مکان انجام می‌شود. در این آزمایش‌ها ضروری است که

1- Singular value decomposition
2- Principal Component Analysis (PCA)

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-29]
[DOI: 10.29252/jcb.12.33.119]

علاوه بر میزان عملکرد دانه سازگاری ژنوتیپ‌ها به محیط‌های مختلف نیز در معرفی آنها مد نظر قرار گیرد (۱۷). ابرهارت و راسل پاسخ قابل پیش بینی ژنوتیپ‌ها را در شرایط محیطی مختلف با شاخص پایداری ضریب رگرسیون خطی و پاسخ غیرقابل پیش‌بینی آنها را با شاخص انحراف از رگرسیون خطی نشان دادند و ارقام با سازگاری عمومی برای تمامی مناطق و سازگاری خصوصی برای هر منطقه را شناسایی کردند (۳). در پژوهشی برای تجزیه اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط بر روی عملکرد دانه ۱۸ ژنوتیپ پیشرفته گندم دوروم و دو رقم شاهد سرداری (گندم نان) و زردک (گندم دوروم) با استفاده از تجزیه مدل اثرات اصلی افزایشی و ضرب پذیر و همچنین ارزیابی ژنوتیپ‌ها، محیط‌ها و اثر متقابل آنها از آماره‌های پایداری AMMI و اکوالانس ریک استفاده شد. نتایج حاصل از تجزیه AMMI نشان داد که اثرات اصلی ژنوتیپ، محیط، اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط و سه مولفه اول اثر متقابل معنی‌دار می‌باشند (۱۵). یولکر و همکاران (۱۸) برای تعیین پایداری عملکرد دانه در گندم، ۱۱ لاین انتخاب شده از گندم نان را در سه منطقه به مدت دو سال بررسی و از دو پارامتر پایداری ضریب رگرسیون و انحراف از رگرسیون برای تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها استفاده نمودند و اثرات متقابل معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها، مکان‌ها و سال‌ها گزارش نمودند. براساس برآوردهای دو پارامتر پایداری، ۹ ژنوتیپ برای عملکرد دانه پایداری نشان دادند در حالی که بر اساس ضریب رگرسیون و میانگین عملکرد دانه فقط ۲ لاین به دلیل عملکردهای بالاتر از مقدار متوسط در تمام شرایط محیطی در این مطالعه گزینش شدند. فرشادفر (۴) از شاخص‌های پایداری AMMI برای تعیین ارقام پایدار با عملکرد بالا در گندم استفاده کرد و ارزش پایداری امی (ASV) و عملکرد را در یک شاخص تحت عنوان شاخص انتخاب ژنوتیپ (GSI) ادغام کرد و از آن برای انتخاب توأم پایداری با عملکرد بالا استفاده نمود. شاخص برتری (P) یکی دیگر از شاخص‌هایی است که عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف را مقایسه می‌نماید در این روش ژنوتیپ‌های با بالاترین عملکرد در هر محیط را شناسایی و به عنوان نقطه مرجع مورد بهره برداری قرار می‌دهد ژنوتیپی که بیشترین اختلاف عملکردی با نقطه مرجع داشته باشد مقدار P بالاتری را به خود اختصاص می‌دهد (۱۲). مطالعه سازگاری و پایداری ارقام در شرایط محیطی مختلف، اهمیت ویژه‌ای در برنامه‌های اصلاحی و معرفی رقم دارد، زیرا با استفاده از آن می‌توان رقمی که عملکرد قابل قبولی در همه مناطق اقلیمی دارد ودارای سازگاری عمومی خوبی با محیط‌های مختلف است را انتخاب و توصیه کرد (۲).

هدف از انجام این تحقیق انتخاب ژنوتیپ مناسب پرمحصول و سازگار با شرایط محیطی استان کرمانشاه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای عملکرد دانه ۱۶ ژنوتیپ (لاین اصلاحی و رقم) گندم دوروم (جدول ۱) به مدت سه سال زراعی (۱۳۹۳-۱۳۹۱) در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم (سرارود، کرمانشاه) در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی (دوبار آبیاری در مراحل گلدهی تا رسیدن) بررسی گردید. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا و هر ژنوتیپ در ۶ خط ۶ متری با فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر کشت شد. عملیات تهیه زمین در هر دو شرایط به یک شکل صورت گرفت. در هر شرایط، عملیات تهیه زمین طبق اصول متعارف انجام گرفت و کودهای مورد استفاده ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم و ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره در مرحله کاشت مصرف گردید. مبارزه با علف‌های هرز به صورت شیمیایی انجام گرفت. برداشت در هر سال به وسیله کمباین تحقیقاتی انجام شد. عملکرد دانه بر اساس مدل تجزیه واریانس امی مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از مدل‌های بای‌پلات AMMI1 و AMMI2 میزان پایداری و سازگاری ژنوتیپ‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

به منظور بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها از آماره ارزش پایداری امی (ASV) بصورت زیر استفاده شد:

$$ASVi = \sqrt{\left[\frac{IPCA1\ SS}{IPCA2\ SS} \times IPCA1\ Score\right]^2 + [IPCA2\ Score]^2}$$

ارزیابی پاسخ‌های ارقام به تغییرات محیط با استفاده از ضریب رگرسیون خطی (bi) و واریانس انحرافات رگرسیون به روش ابراهات و راسل (۳) انجام شد. ژنوتیپ‌های با ضریب رگرسیون برابر با واحد دارای سازگاری عمومی به محیط‌های مورد بررسی، در حالیکه ژنوتیپهای با مقادیر بیشتر و یا کمتر از واحد به ترتیب به شرایط مطلوب و نامطلوب سازگاری ویژه دارند. همچنین ژنوتیپ‌های با حداقل واریانس انحراف از رگرسیون دارای بیشترین پایداری نسبت به سایر ژنوتیپها می باشند. بر اساس مدل رگرسیون ژنوتیپی پایداری است که دارای کمترین مقدار واریانس انحراف از رگرسیون باشد. کلیه محاسبات آماری هم با استفاده از نرم‌افزار IRRISTAT صورت گرفت.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-29]

[DOI: 10.29252/jcb.12.33.119]

جدول ۱- شماره و شجره ژنوتیپ‌های گندم دوروم مورد مطالعه

Table 1. Number and pedigree of durum wheat genotypes studied

شماره	نام ژنوتیپ
G1	Saji (check)
G2	G-1252
G3	61-130
G4	BCRIS/BICUM//…
G5	D94528/3/2*STOT//…
G6	CBC509HILE/SOMAT_3.1/3/…
G7	MINIMUS/COMBDUCK_2//…
G8	MINIMUS/COMBDUCK_2//CHAM_3/3/
G9	CF4-JS 1//RASCON_39/TILO_1
G10	PNE/2*RASCON_37/3/….
G11	SORA/2*PLATA_12//…
G12	1A.1D 5+10-6/2*WB881//1A.1D 5+106/3*MOJO/3/SOOTY_9/RASCON
G13	INTER_16/SNITAN/9/…
G14	CF4JS40/10/PLATA_10/6/…
G15	P91.272.3.1/3*MEXI75/3/…
G16	SORA/2*PLATA_12/3/…

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس AMMI برای اثرات اصلی افزایشی و ضرب پذیر در جدول ۲ آمده است. تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها، محیط‌ها و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت. تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط با استفاده از مدل AMMI نشان داد که مؤلفه اول اثر متقابل در سطح احتمال ۱٪ و مؤلفه دوم در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شدند. مؤلفه اصلی اول ۴۴/۱٪ و مؤلفه اصلی دوم ۵ /۲۷٪ از مجموع مربعات اثر متقابل را به خود اختصاص دادند و مجموعاً ۷۱/۶ ٪ از تغییرات را توجیه نمودند.

با توجه به تعدد روش‌های چند متغیره و استفاده وسیع آنها در تمام زمینه‌ها و از جمله در ارزیابی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف، روش‌های مختلفی برای مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط پیشنهاد شده است. آنالیز گرافیکی داده‌های حاصل از آزمایشات ناحیه‌ای عملکرد علاوه بر اینکه کار تفسیر داده‌ها را آسان می‌سازد برای داده‌های با حجم زیاد نیز موثر می‌باشد. یکی از روش‌های مهم استفاده از بای‌پلات می‌باشد. این روش توسط گابریل (۵) ابداع شده است. به منظور بررسی روابط ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها از نمایش گرافیکی بای پلات AMMI استفاده شد. در بای پلات شکل ۱ محور افقی نمایانگر اثرات اصلی جمع‌پذیر یا میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها بر حسب کیلوگرم در هکتار و محور عمودی آثار متقابل ضربی یا مقادیر اولین مؤلفه اصلی ، برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها به طور جداگانه می‌باشد. ۸۴/۷٪ از تغییرات توسط بای پلات AMMI1 توجیه گردید (شکل ۱). هرچه ژنوتیپی به مرکز بای‌پلات AMMI1 نزدیکتر باشد دارای اثر متقابل کمتری بوده و پایدارتر است. همچنین ژنوتیپ‌ها و محیط‌هایی که دارای بیشترین مقادیر اولین مولفه اصلی (مثبت یا منفی) باشند اثر متقابل بالاتری دارند در حالی که ژنوتیپ‌ها و محیط‌های واجد مقادیر اولین مؤلفه اصلی نزدیک به صفر دارای اثر متقابل پایین می باشند. بر این اساس ژنوتیپ‌های ۴ ،۷ ،۶ و ۱۳ دارای اثر متقابل کمتری می‌باشند. ژنوتیپ‌های ۶ و ۱۳ با دارا بودن حداقل مقدار اثر متقابل و میانگین عملکرد نسبتاً خوب به عنوان ژنوتیپ مطلوب معرفی می‌گردد. بر این اساس ژنوتیپ‌های ۳، ۲، ۱۵، ۱، ۱۶ و ۱۲ دارای بالاترین میزان اثر متقابل بودند و ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها محسوب می‌گردند اگرچه عملکرد خوبی از خود نشان داده‌اند. شکل ۲ بای‌پلات AMMI2 بر اساس دو مؤلفه اصلی اول و دوم را نشان می‌دهد. براساس AMMI2 سه ژنوتیپ ۳، ۴ و ۱۳ با توجه به اینکه دارای کمترین فاصله از مرکز بای پلات بودند جز پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. همچنین با توجه به زاویه برداری محیط‌ها، می‌توان محیط‌ها را به سه گروه تقسیم‌بندی نمود.

محیط‌های IR93 و RF93 در یک گروه با ژنوتیپ‌های برتر ۷ و ۱۴ و محیط‌های RF91 و IR91 با ژنوتیپ‌های برتر شماره ۱، ۲، ۳ و ۱۲ که بالاترین عملکرد را در این محیط‌ها داشتند. زاویه بین دو بردار محیطی نشان دهنده همبستگی دو محیط می‌باشد. اگر زاویه بین دو بردار حاده باشد دو محیط دارای همبستگی مثبت در انتخاب ژنوتیپ‌های برتر می‌باشند. اگر زاویه بین دو محیط منفرجه باشد دو محیط دارای همبستگی منفی بوده و دو محیط هر کدام گرایش به انتخاب ژنوتیپ‌های خاصی دارند. اگر زاویه بین بردارهای دو محیط قائمه باشد دو محیط مستقل از هم عمل می‌نمایند و با یکدیگر همبستگی ندارند (۱۹). ارزیابی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های مورد بررسی بر اساس روش ابرهارت و راسل (۳)

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-29]

[DOI: 10.29252/jcb.12.33.119]

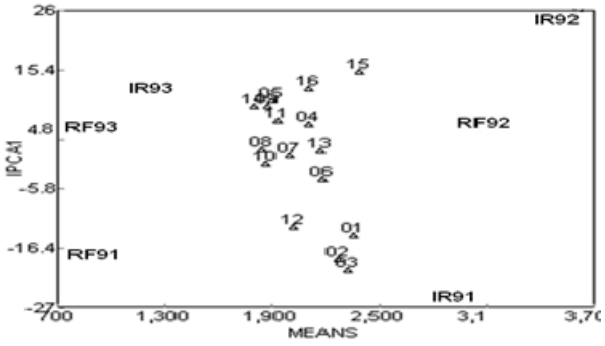
در جدول ۳ آمده است. ژنوتیپ‌هایی با ضریب رگرسیون بزرگتر از ۱ سازگار با شرایط مطلوب و ژنوتیپ‌های با ضریب رگرسیون کمتر از ۱ سازگار با شرایط نامطلوب می‌باشند. همچنین ژنوتیپ‌هایی که ضریب رگرسیون مساوی ۱ دارند نسبت به تمامی محیط¬ها سازگاری متوسط دارند و پایدارترین‌ترین ژنوتیپ‌ها آنهایی هستند که ضریب رگرسیون مساوی صفر دارند (۱۵). با توجه به معیارهایی که ابراهات و راسل برای پایداری ژنوتیپ‌ها قائل‌اند می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ شماره ۱۵ با دارا بودن میانگین عملکرد ۲۳۹۵ کیلوگرم در هکتار، که نسبت به میانگین کل آزمایش‌ها تفاوت معنی‌داری نشان می‌دهد و همچنین دارا بودن ضریب رگرسیون بیشتر از یک و واریانس انحراف از رگرسیون بالا، ناپایدار و دارای سازگاری به شرایط مطلوب می‌باشد. همچنین سازگارترین ژنوتیپ در شرایط نامطلوب رشد ژنوتیپ شماره ۷ بود. ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۱۳ نیز با میانگین عملکرد بیشتر از متوسط دارای ضریب رگرسیونی در حدود واحد بودند و به عنوان ژنوتیپ‌هایی با پایداری متوسط و دارای سازگاری عمومی انتخاب شدند.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه گندم دوروم با استفاده از مدل AMMI برای ۱۶ ژنوتیپ در ۶ محیط

Table 2. Combined analysis of variance for grain yield durum wheat using the AMMI model for 16 genotypes in 6 environments

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	آزمون F	درصد توجیه واریانس
تیمار	۹۵	۴۵۶۹۰۰۲	۲۷/۶۲**	۸۷/۲
ژنوتیپ	۱۵	۶۸۶۶۳۲	۴/۱۵**	۲/۱
محیط	۵	۸۰۱۸۵۱۳۰	۸۹/۲**	۸۰/۶
بلوک	۱۲	۸۹۸۹۳۸	۵/۴۳**	۲/۲
ژنوتیپ x محیط	۷۵	۳۰۴۴۰۰	۱/۸۴**	۴/۶
مولفه اول اثر متقابل	۱۹	۵۳۰۱۵۰	۳/۲**	۴۴/۱
مولفه دوم اثر متقابل	۱۷	۳۶۸۳۶۷	۲/۲۳*	۲۷/۵
باقیمانده	۳۹	۱۶۶۵۳۶	۱/۰۱ns	۲۸/۴
خطا	۱۸۰	۱۶۵۴۴۹		۶/۰
کل	۲۸۷			

**، * و ns: معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیرمعنی‌دار

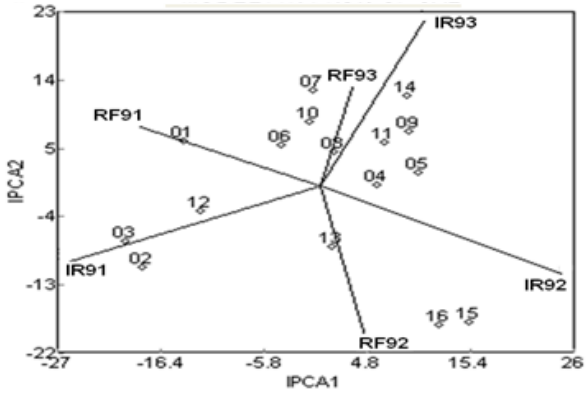


شکل۱- بای پلات AMMI1 برای ۱۶ ژنوتیپ گندم دوروم در ۶ محیط. حروف RF و IR به ترتیب معرف شرایط دیم و آبیاری تکمیلی می‌باشند. کدهای ۹۱، ۹۲ و ۹۳ به ترتیب معرف سال‌های زراعی ۹۱-۱۳۹۰، ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ می‌باشند.

Figure 1. AMMI1 biplot for 16 durum wheat genotypes in 6 environments. RF and IR represent for rainfed and supplemental irrigation conditions. Codes 91, 92 and 93 stand for 2011-12, 2012-13 and 2013-14 cropping seasons.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-29]

[DOI: 10.29252/jcb.12.33.119]



شکل۲-بای پلات AMMI2 برای ۱۶ ژنوتیپ گندم دوروم در ۶ محیط.
حروف RF و IR به ترتیب معرف شرایط دیم و آبیاری تکمیلی می‌باشند. کدهای ۹۱، ۹۲ و ۹۳ به ترتیب معرف سال‌های زراعی ۹۱-۱۳۹۰، ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ می‌باشند.

Figure 2. AMMI2 platform model for 16 genotypes durum wheat in 6 environments.
RF and IR represent for rainfed and supplemental irrigation conditions. Codes 91, 92 and 93 stand for 2011-12, 2012-13 and 2013-14 cropping seasons.

جدول ۳- مقادیر عملکرد دانه و آماره‌های ابرهارت و راسل برای ۱۶ ژنوتیپ گندم دوروم در ۶ محیط

Table 3. Mean yield and Eberhart and Russell statistics for 16 durum wheat genotypes across 6 environments

ژنوتیپ	میانگین عملکرد (yield)	ضریب رگرسیون (b)	واریانس انحراف از رگرسیون (S^2di)
G1	۲۳۶۰	۰/۹۲۰	۱۲۷۰۴۰/۴
G2	۲۲۷۳	۱/۰۹۴	۱۹۵۵۵۰/۳
G3	۲۳۲۳	۰/۹۷۷	۲۲۴۸۲۳/۳
G4	۲۱۰۶	۱/۰۳۱	۳۶۶۱۹/۴۱
G5	۱۹۰۲	۰/۹۶۷	۱۰۴۹۵۲/۲
G6	۲۱۸۹	۰/۸۷۲	۲۴۶۰۶/۱۹
G7	۱۹۹۸	۰/۸۵۸	۸۴۶۹۲/۸
G8	۱۸۴۴	۰/۹۶۰	۲۵۷۰۶/۱۲
G9	۱۸۸۲	۰/۹۶۴	۷۲۶۶۴/۱۶
G10	۱۸۷۰	۰/۹۱۰	۵۴۰۵۳/۸۱
G11	۱۹۳۳	۰/۹۸۹	۵۷۱۷۸/۲۴
G12	۲۰۲۵	۱/۰۴۵	۱۱۶۱۵۲/۳
G13	۲۱۶۹	۱/۰۵۷	۴۵۱۵۸/۲
G14	۱۸۰۴	۰/۸۶۲	۷۰۷۸۸/۷۲
G15	۲۳۹۵	۱/۲۸۱	۱۲۱۵۶۴/۹
G16	۲۱۰۶	۱/۲۵۷	۶۴۶۴۰/۴۸
میانگین	۲۰۷۳		

بر اساس واریانس انحراف از رگرسیون همچنین ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۳ با عملکرد بالاتر از میانگین کل، انحراف از رگرسیون و ضریب رگرسیونی در حد واحد برترین ژنوتیپ‌ها از لحاظ پایداری و عملکرد بودند. مهتا و همکاران (۱۴) ضمن مطالعه پایداری ارقام گندم از روش ابرهارت و راسل برای تعیین ارقام سازگار و با عملکرد پایدار استفاده و ارقام با عملکرد بالا، ضریب رگرسیون بالاتر از یک و انحراف از خط رگرسیون کم را برای مناطق حاصلخیز توصیه کردند. در روش ارزش پایداری AMMI ، ژنوتیپی پایدار در نظر گرفته می‌شود که ASV کمتری داشته باشد. بسیاری از محققان در بررسی برهمکنش ژنوتیپ × محیط، پارامتر ASV را به علت صحت و دقت بیشتر نتایج مربوط به آن به عنوان پارامتر مهم پایداری معرفی کردند. همچنین پارامتر ASV تمام مؤلفه‌های معنی‌دار را در بر می‌گیرد و نسبت به نمودار بای‌پلات که فقط دو مؤلفه اول را در بر می‌گیرد از اعتبار بیشتری برخوردار است. مقادیر ارزش پایداری AMMI برای ۱۶ ژنوتیپ گندم دوروم در جدول ۴ آمده است. پایدارترین ژنوتیپ براساس این پارامتر ژنوتیپ شماره ۱۳ بود. که

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-29]
[DOI: 10.29252/jcb.12.33.119]

کمترین مقدار این پارامتر را دارا بود. پس از ژنوتیپ شماره ۱۳، ژنوتیپ‌های ۶ و ۱۰ به ترتیب در رده‌های بعدی قرار داشتند. ناپایدارترین ژنوتیپ براساس این پارامتر، ژنوتیپ‌های ۳ و ۲ بودند اگرچه این ژنوتیپ‌ها دارای پتانسیل عملکرد بالایی هستند ولی در مواجهه با محیط‌های مختلف عملکرد آنها به طور قابل توجهی نوسان دارد زیرا پایداری مناسبی ندارند. به نظر می‌رسد که این ژنوتیپ‌ها سازگاری خصوصی به شرایط مساعد را دارند و برای کشت در شرایط نامساعد قابل توصیه نمی‌باشند. پارامتر ارزش پایداری امی دارای مفهوم زراعی پایداری است که در این مفهوم از پایداری، یک پاسخ قابل پیش‌بینی نسبت به عوامل محیطی وجود دارد و احتمال افزایش عملکرد ژنوتیپ‌ها با بهبود شرایط محیطی وجود دارد.

هدف اصلی به‌نژادگران، گسترش پایداری و عملکرد دانه بالا می‌باشد. به این ترتیب علاوه بر پایداری، عملکرد نیز در گزینش ژنوتیپ‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است (۹). ژنوتیپ‌های ۲ و۳ با حداکثر ارزش پایداری جزء ارقام ناپایدار بودند و برای محیط‌های خاص سازگاری خصوصی نشان می‌دهند. می‌توان اختلافات در پایداری و سازگاری ژنوتیپ‌ها به محیط‌ها را به صورت کمی با استفاده از نمودار بای‌پلات AMMI ارزیابی نمود. از این رو، در نمودار بای‌پلات ژنوتیپ‌هایی که در مرکز بای پلات قرار دارند از پایداری عمومی برخوردار هستند و برای کشت در اکثر محیط‌ها توصیه می‌شوند و ژنوتیپ‌هایی که دور از مرکز بای پلات قرار دارند دارای پایداری خصوصی می‌باشند. با توجه به بای‌پلات امی ژنوتیپ‌های ۶، ۱۰، ۱۳ و۴ که در مرکز بای پلات قرار داشتند واکنش بالایی به تغییرات محیط نشان ندادند. بنابراین به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته می‌شوند. همچنین ژنوتیپ‌های ۲، ۳ ، ۱۵، ۱۶ و۱ با بیشترین فاصله از مرکز بای‌پلات به عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. در این پژوهش نتایج حاصل از بای پلات با نتایج ارزش پایداری AMMI کاملاً مطابقت داشت و قدرتی نیاری و عبدالشاهی (۸) گزارش نمودند که به‌طور معمول نتایج نمودار بای پلات و ارزش پایداری AMMI با هم مطابقت دارند. آنها اظهار نمودند در صورت وجود اختلاف بین نتایج این دو روش، ارزش پایداری AMMI دارای دقت بیشتری است و بایستی به آن استناد نمود.

جدول ۴- آماره ارزش پایداری AMMI برای ۱۶ ژنوتیپ گندم دوروم موردبررسی

Table 4. AMMI stability statistics for 16 genotypes durum wheat studied

ژنوتیپ	ارزش پایداری AMMI (ASV)
G1	۲۳/۴۵۴
G2	۳۱/۳۳۷
G3	۳۳/۱۴۹
G4	۹/۳۹۵
G5	۱۶/۰۸۶
G6	۸/۴۱۵
G7	۱۳/۰۴۷
G8	۱۵/۱۰۶
G9	۱۶/۱۳۶
G10	۸/۸۶۷
G11	۱۱/۹۱۶
G12	۲۰/۲۱۶
G13	۸/۰۲۴
G14	۱۸/۷۳۶
G15	۳۰/۲۱۷
G16	۲۶/۷۳۵

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-29]

[DOI: 10.29252/jcb.12.33.119]

منابع

1. Ashraf, M.Y., A.S. Qureshi, A. Ghafoor, N. Ahmadkhan. 2001. Genotype environment interaction in Wheat. Online Journal of Biological Science, (15): 356-357. Congress, pp: 226
2. Dashtaki, M., A. Yazdansepa, T. Najafi Mirak, M.R Ghannadha, R. Jokar, M.R. Eslampour, A.A. Moayyedi, A.R Kochaki, M Nazeri, M.S. Abedi Oskouy, Gh.R Aminzade, R. Soltani and Sh. Ashori. 2004. Study on grain yield stability and harvest index in winter and aculdative bread wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). Seed and Plant Improvement Journal, 20: 263-279.
3. Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, 6: 36-40.
4. Environment interactions of rice (*Oryza sativa* L.) on seed yield of French bean. Indian J. Agril.
5. Farshadfar, E. 2008. Incorporation of AMMI stability value and grain yield in a single non-parametric index (GSI) in bread wheat. Pakistan Journal of Biological Science, 11(14): 1791-1796.
6. Gabriel, K.R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. Bio metrikal, 58: 453-467.
7. Gauch, H.G. 1992. Statistical Analysis of regional Yield trials: AMMI Analysis of Factorial designs. Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 278 pp.
8. Ghodrati-Niari, F. and R. Abdolshahi. 2014. Evaluation of yield stability of 40 bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes using additive main effects and multiplicative interaction (AMMI). Iranian Journal of Crop Sciences, 16: 322-333 (In Persian).
9. Guzman, C., R.J. Pena, R.Singh, E. Autrique, S. Dreisigacker, J. Crossa, J. Rutkoski, J. Poland and S. Battenfield. 2016. Wheat quality improvement at CIMMYT and the use of genomic selection on it. Applied and Translational Genomics 11: 3-8.
10. Haji Mohammad, M., A. Jahromi, M. Khodarahmi, A.R. Mohammadi and A. Mohammadi.2011.Stability analysis for grain yield of promising durum wheat genotypes in Southern warm and dry agro-climatic zone of Iran. Iranian Journal of Crop Sciences, 13: 565-579 (In Persian).
11. Hybrids in the east coast saline region of Tamil Science, 74(7): 366-369.
12. Kang, MS. 1988. A rank-sum method for selecting high-yielding, stable corn genotypes. Cereal Research Communications, 16: 113-115.
13. Khodabandeh, N. 1998. Secale farming. Tehran University Press (In Persian).
14. Lin, C.S., M.R. Binns and L.P. Lefkovitch. 1986. Stability analysis: where do we stand? Crop Science, 26: 894-900.
15. Lin, CS. and M.R. Binns. 1988. A superiority measure of cultivar performance for cultivar × location data. Canadian Journal of Plant Sciences 68: 193-198.
16. Mehta, H., R. Sawhney, N. Singh, S.S. Chaudhary, H.B. Sharma, D.N. and J.B. Sharma. 2000. Stability analysis of high yielding wheat at varying fertility levels. Indian Journal of Genetics and Plant Breeding, 60(4): 471-476.
17. Mohammadi, R., D. Sadeghzadeh, M. Armin and M.M. Ahmadi. 2011. Analysis of stability and adaptability of grain yield in durum wheat genotypes. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) 91: 70-78 (In Persian).
18. Motzo, R. and F. Giunta. 2007. The effect of breeding on the phonology of Italian durum wheats: From landraces to modern cultivars. European Journal of Agronomy, 26: 462-470.
19. Nadu. In the Proceedings of 2nd International Rice.
20. Soughi, H., M. Vahabzade, M. Kalate Arabi, J. Alat. Jafarby, S. Khavarinejad, M. Gasemi, H.A Fallahi and A Amini. 2009. Study on grain of some promising bread wheat lines in northern warm and humid climate of Iran. Seed and Plant Improvment Journal, 25(1): 211-222 (In Persian).
21. Ulker, M., F. Sonmez. V. Ciftci. N. Yilmaz and R. Apak. 2006. Adaptation and stability analysis in the selected lines of tir wheat. Pakistan Journal of Botany, 38(4): 1177-1183.
22. Yan, W., L.A. Hunt, Q. Sheng, Z. Szlavnics. 2000. Cultivar evaluation and mega environment investigation based on the GGE biplot. Crop Science, 40: 597-605.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-29]

[DOI: 10.29252/jcb.12.33.119]

Study on Adaptability and Grain Yield Stability of Durum Wheat Genotypes

Hajar Badri[1], Reza Mohammadi[2] and Alireza Atminan[3]

1- Graduated M.Sc. Student, of Agronomy and Plant Breeding Department, Kermanshah Branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran (Corresponding author: hajarbadri0000@gmail.com)
2- Associate Professor, Dryland Agricultural Research Institute, Sararood branch, AREEO, Kermanshah, Iran
3- Associate Professor, Department of Plant Breeding, Kermanshah Branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran

Received: July 22, 2019 Accepted: February 29, 2020

Abstract

In order to evaluation of adaptability and grain yield stability of 16 durum wheat genotypes, an experiment was conducted under rainfed and supplemental irrigation conditions based on a randomized complete block design with three replications at Sararood dryland agricultural research station (Kermanshah, Iran) for three cropping seasons (2012-13, 2013-14 and 2014-15). Analysis of variance (ANOVA) indicated significant differences (P<0.01) between the main effects due to genotype, environment, and genotype x environment (GE) interaction. The magnitude of GE interaction was greater about twice times than the genotype effect that indicates the probability of different environmental groups for the genotypes adaptation. Biplot analysis of grain yield data based on AMMI model showed that the genotypes had different responses to the environments, so the adapted genotypes were determined for each environmental group. According to Ebrahat and Russell's criteria, genotype G1 and G3 with higher yield than grand mean, and minimum variance deviation and regression coefficient close to unit, were found as desirable genotypes. Based on AMMI stability value (ASV), genotypes G13, G6 and G10 were identified as most stable genotypes.

Keywords: Genotype × environment interaction, Bi-plot, Yield stability, Adaptation, Durum wheat

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-29]

[DOI: 10.29252/jcb.12.33.119]