دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

بررسی پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم دوروم با استفاده از روش AMMI

مهناز قائدرحمتی[۱]، طهماسب حسین‌پور[۲] و علی احمدی[۳]

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (نویسنده مسوول: M.ghaedrahmati@areeo.ac.ir)

۲ و ۳- استادیار پژوهش و محقق ، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۵ تاریخ پذیرش: ۹۵/۵/۱۹

چکیده

به‌منظور تعیین پایداری عملکرد دانه ۲۰ ژنوتیپ گندم دوروم، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار طی چهار سال زراعی (۹۲-۱۳۸۸) در ایستگاه تحقیقاتی سراب چنگایی خرم‌آباد انجام شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر محیط، ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ × محیط بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج تجزیه AMMI، دو مؤلفه اصلی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. همچنین برای استفاده هم‌زمان از اطلاعات حاصل از مؤلفه‌های معنی‌دار AMMI، از شاخص ارزش پایداری امی (ASV) استفاده شد. بر اساس شاخص ASV، ژنوتیپ‌های G2، G12، G14 و G19 کمترین میزان ASV را داشتند و به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. ژنوتیپ G9 با بیشترین میزان ASV و بیشترین فاصله از مرکز بای‌پلات به‌عنوان ژنوتیپی ناپایدار شناخته شد. همچنین، ژنوتیپ G9 بیشترین میزان عملکرد دانه را به خود اختصاص داد. با تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس ارزش پایداری امی، ژنوتیپ‌ها به سه گروه تقسیم شدند که ژنوتیپ‌های هر گروه از نظر پایداری مشابه بودند.

واژه‌های کلیدی: ارزش پایداری امی، تجزیه امی، عملکرد دانه، گندم دوروم

مقدمه

گندم دوروم یا گندم ماکارونی (*Triticum turgidum var. durum Desf.*) (AABB، ۲n=۴x=۲۸) با میزان پروتئین بالا یک محصول غذایی با اهمیت به‌شمار می‌رود (۳۷). باوجود ویژگی‌هایی همچون گلوتن سنگین، خمیر غیرچسبنده و سنگین از آن برای تهیه ماکارونی و اسپاگتی استفاده می‌شود (۳۷). در بعضی از کشورها به‌منظور افزایش کیفیت نان درصد کمی از گندم دوروم را با گندم نان مخلوط می‌کنند و مورد استفاده قرار می‌دهند. با وجود شرایط خشک سالی و تغییرات اقلیمی که در سال‌های اخیر در کشور ایران روی داده است لازم است تلاش‌هایی در جهت آزادسازی ارقام جدید انجام پذیرد که نه تنها باعث افزایش تولید شود بلکه موجب بهبود پایداری عملکرد در دامنه‌ای از شرایط محیطی مختلف گردد. بنابراین به حداقل رساندن برهمکنش ژنوتیپ × محیط (GE) امری بدیهی و مهم است که به خصوص از طریق به‌کارگیری ژنوتیپ‌های گندم دوروم با پایداری بالا بدست می‌آید. تحت شرایط دیم، عملکرد محصول به علت کمبود آب، استرس گرمایی در طول مرحله پرشدن دانه، بارندگی‌های کم و غیرقابل پیش‌بینی و دمای بالا در انتهای فصل رشد، کاهش می‌یابد (۷، ۲۳، ۲۵ و ۲۷). هنگامی‌که یک ژنوتیپ در محیط‌های مختلف کشت می‌شود، نوسانات معنی‌داری در عملکرد دانه آن نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها در آن محیط‌ها روی می‌دهد. این نوسانات از شرایط محیطی تأثیر می‌پذیرد و به‌عنوان برهمکنش GE بر برنامه اصلاحی تأثیر می‌گذارد و ارزیابی و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر را مشکل می‌سازد (۱۰). به‌طورمعمول، زمانی برهمکنش GE وجود دارد که ژنوتیپ‌های مختلف در تعدادی از محیط‌ها (سال‌ها و یا مکان‌ها) آزمون می‌شوند و برای به‌نژادگران پیش‌بینی رفتار ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف قبل از توصیه کاشتی در محیط مهم است. روش‌های مختلفی برای کاهش واکنش ژنوتیپ در موقعیت‌های مختلف معرفی شده است. بااین‌وجود، هدف به‌نژادگران توسعه ارقام با پایداری بالای عملکرد و سازگاری وسیع است. یک ژنوتیپ ایده‌آل از عملکرد خوبی در سال‌ها و دامنه وسیعی از محیط‌ها برخوردار است (۱۵). با وجود برهمکنش GE، ژنوتیپ‌های مختلف پاسخ‌های متضادی در محیط‌ها نشان می‌دهند (۸). عملکرد دانه از ژنوتیپ، محیط و برهمکنش GE تأثیر می‌پذیرد. از این‌رو، آزمایشات چند محیطی برای بررسی پایداری عملکرد، سازگاری و پیش‌بینی عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف مهم هستند (۳۱). ارزیابی سهم نسبی ژنوتیپ، محیط و برهمکنش GE در عملکرد ژنوتیپ‌ها جهت تعیین سازگاری لازم است تا مشخص شود که علی‌رغم محدودیت‌ها کدام یک از ژنوتیپ‌ها توانایی رسیدن به پتانسیل کامل در یک محیط خاص را دارند. برهمکنش GE بالا و معنی‌دار، به‌عنوان کاهش عملکرد نسبی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف تعریف شده است (۷ و ۳۴). در بسیاری از محصولات به‌خصوص در گندم دوروم، عدم پایداری عملکرد به‌عنوان یک عامل مهم اختلاف بین پتانسیل عملکرد و عملکرد واقعی به‌ویژه در محیط‌های خشک شناخته شده است (۹). بعضی از محققان پیشنهاد نمودند که عملکرد خوب تحت تنش‌های مختلف و ماکزیمم پتانسیل عملکرد در محیط‌های بهینه مفاهیم متضادی دارند (۴). از جمله برنامه‌های اصلاحی مرکز

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.67]

تحقیقات بین‌المللی تحقیقات ذرت و گندم (سیمیت)، شناسایی ژنوتیپ‌ها با سازگاری وسیع و انتخاب ژنوتیپ‌ها با پتانسیل عملکرد بالا در محیط می‌باشد (۶، ۳۹ و ۴۰). معمولاً پایداری به‌عنوان عملکرد غیرقابل تغییر ژنوتیپ در سال‌ها و یا مکان‌ها تعریف شده است و از دو دیدگاه مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد: ۱- پایداری استاتیک یا مفهوم بیولوژیکی که به عدم پاسخ ژنوتیپ به هر تغییر محیطی اشاره دارد ۲- پایداری دینامیک یا مفهوم اگرونومیکی که به این واقعیت برمی‌گردد که ژنوتیپ به‌طور قابل پیش‌بینی به شرایط رشدی مناسب پاسخ خواهد داد (۲۶). معمولاً مفهوم استاتیک پایداری مربوط به ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین است (۸) در حالی که مفهوم اگرونومیک باید با پتانسیل عملکرد خوب تکمیل گردد تا مطمئن شویم که برتری یک ژنوتیپ تحت دامنه وسیعی از محیط‌ها، عملیات مدیریتی و تنش‌های زنده و غیرزنده پایدار می‌ماند (۳۸). معمولاً برهمکنش بالای GE از تخمین دقیق عملکرد جلوگیری می‌کند و همبستگی بین مقادیر ژنوتیپی و فنوتیپی را کاهش می‌دهد. پایداری به‌عنوان ثبات عملکرد در طی سال‌ها تعریف شده است. ژنوتیپ‌های دارای عملکرد خوب در محیط‌ها سازگار می‌باشند (۱۰). سازگاری عمومی یا خصوصی بسته به هدف محقق ممکن است به‌عنوان فاکتور مهم انتخاب در نظر گرفته شود. ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد متوسط در محیط‌های مختلف، سازگاری عمومی دارند. ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا در شرایط خاص و پتاسیل عملکرد ضعیف در شرایط غیرهدف به عنوان ژنوتیپ‌های با سازگاری خصوصی شناخته می‌شوند (۲۴). روش‌های تجزیه پایداری بر اساس رگرسیون خطی، بخش کوچکی از مجموع مربعات برهمکنش GE را توجیه می‌کنند. تحقیقات نشان دادند که تکنیک رگرسیون، اثرات متقابل و اثرات اصلی را با یکدیگر اشتباه گرفته و قادر به پیش‌بینی پاسخ غیرخطی ژنوتیپ در محیط‌ها نمی‌باشد (۳۲). تجزیه اثرات جمع‌پذیر و اثرات متقابل ضرب‌پذیر (AMMI) یکی از روش‌های چند متغییره تجزیه پایداری است که سازگاری و پایداری ژنوتیپ را پیش‌بینی می‌کند. در مدل امی، از تجزیه واریانس برای تعیین اثرات اصلی ژنوتیپ و محیط استفاده می‌شود و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی اثرات متقابل را تعیین می‌کنند. تجزیه امی روشی کارا برای بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها در محیط‌ها است زیرا بخش بزرگی از مجموع مربعات GE را محاسبه می‌کند و اثرات اصلی و متقابل را به‌طور واضحی از هم تفکیک می‌کند و اغلب تفسیر معنی‌دار اگرونومیکی از داده‌ها خواهد داشت (۱۲، ۱۴و ۱۶). همچنین با استفاده از تجزیه AMMI، ژنوتیپ‌های با سازگاری و پایداری عمومی و خصوصی تعیین می‌گردند. سودمندی و اعتبار روش AMMI در محصولات مختلف توسط محققان گزارش شده است (۵،۳،۱). کریمی‌زاده و همکاران (۲۰) با بررسی ۱۹ ژنوتیپ پیشرفته گندم دوروم انتخابی از آزمایشات پیشرفته مقایسه عملکرد در پنج منطقه طی سه سال زراعی با استفاده از تجزیه امی دو ژنوتیپ پایدار با عملکرد بالا معرفی نمودند. تجزیه پایداری به روش امی برای ۲۲ ژنوتیپ گندم دوروم نشان داد که ۹۲/۵ درصد از تنوع داده‌ها توسط مدل AMMI توجیه شدند که ۴/۵ برابر روش تجزیه رگرسیون خطی بود (۱۳). موسویان و همکاران (۳۰) با بررسی پایداری عملکرد دانه و سازگاری ۱۸ ژنوتیپ پیشرفته گندم زمستانه و بینابین در نه ایستگاه تحقیقاتی اقلیم سرد کشور در طی دو سال زراعی نشان دادند که مدل امی قادر به تفکیک محیط‌ها به گروه‌های متفاوت می‌باشد. به‌طوری‌که هر محیط یا گروه محیطی قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های برتر با سازگاری خصوصی می‌باشد. همچنین اظهار داشتند که ژنوتیپ‌های با سازگاری عمومی از بیشترین مقدار انتقال مجدد در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بودند. برهمکنش ژنوتیپ × محیط ۱۴ رقم و لاین گندم دوروم در سه ایستگاه تحقیقاتی در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی در طی سه سال زراعی بررسی شد و بر اساس نتایج تجزیه امی، سه لاین پایدار با عملکرد بالا معرفی شد (۲۸). حاجی محمد علی جهرمی و همکاران (۱۸) به‌منظور بررسی برهمکنش ژنوتیپ × محیط عملکرد دانه، ۱۸ ژنوتیپ امیدبخش گندم دوروم را در ده محیط با استفاده از روش امی مورد بررسی قرار دادند و گزارش نمودند که سه مؤلفه اول در مجموع ۶۶/۶۴ درصد از مجموع مربعات برهمکنش را توجیه نمودند.

به‌منظور شناسایی درجه سازگاری لاین‌های جدید به شرایط متفاوت محیطی ارزیابی آنها در قالب آزمایش‌های یکنواختی مهم است تا پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف تعیین شود و ژنوتیپ‌های پایدار گزینش شوند. هدف از انجام این مطالعه بررسی برهمکنش ژنوتیپ × محیط و تعیین پایداری عملکرد دانه ارقام و لاین‌های گندم دوروم در شرایط دیم از طریق تجزیه AMMI بوده است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی برهمکنش ژنوتیپ × محیط، آزمایشی با ۱۸ ژنوتیپ پیشرفته گندم دوروم به همراه دو رقم شاهد سیمره و دهدشت در چهار سال زراعی (۱۳۹۲-۱۳۸۸) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه سراب چنگائی خرم آباد انجام شد. شجره و نام لاین‌ها و ارقام مورد بررسی در جدول ۱ درج شده است. مشخصات جغرافیای مزرعه تحقیقاتی شامل طول ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی، عرض ۳۳ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۱۶۴ متر از سطح دریا بود. متوسط بارندگی سالانه ۵۲۰ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالانه ۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد بود. بافت خاک محل اجرای آزمایش سیلتی کلی لومی با pH=۷/۸ بود. اطلاعات هواشناسی مربوط به چهار سال در جدول ۲ آورده شده است. در این تحقیق، ۲۰ ژنوتیپ گندم در اواخر آبان ماه کشت و در اواخر خرداد ماه برداشت شدند. کاشت به روش معمول زراعی و هر واحد آزمایشی شامل شش خط شش متری و با فاصله ۲۰ سانتی‌متر بود. کاشت بذر با استفاده از بذرکار مخصوص آزمایشی انجام گرفت. در طول دوره‌ی رشد مراقبت‌های زراعی لازم از قبیل کنترل علف‌های هرز، مبارزه با آفات و بیماری‌ها انجام پذیرفت. مقدار کود لازم بر اساس نتایج آزمون خاک تعیین شد و به‌طور یکنواخت در کرت‌های آزمایشی مصرف گردید. کلیه کودها به جزء

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.67]

نیتروژن، قبل از کاشت و در هنگام تهیه زمین مورد استفاده قرار گرفتند. کود نیتروژن نیز طی دو مرحله زمان کاشت و پنجه زنی مصرف گردید. در مرحله پنجه‌زنی از علف‌کش‌های تاپیک و گرانستار به میزان ۱ لیتر و ۲۰ گرم در هکتار برای کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ و باریک برگ استفاده شد. در پایان فصل پس از رسیدگی کامل، با حذف ۰/۵ مترمربع از ابتدا و انتهای خطوط، محصول دانه هر کرت توزین و عملکرد دانه هر کرت آزمایشی تعیین گردید. کلیه عملیات کاشت، داشت و برداشت در سال‌های مختلف به صورت یکنواخت انجام پذیرفت.

جدول ۱- شماره و شجره ژنوتیپ‌های گندم دوروم مورد مطالعه در آزمایش

Table 1. The number and pedigree of durum wheat genotypes measured in trial

کد ژنوتیپ	نام/ شجره
G1	ACUATICO_1/RASCON_33//ACUATICO_1/3/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_13CDSS96Y00570S-8Y-0M-0Y-1B-0Y-0B-0B
G2	GAUNT_10/SNITANCDSS97Y00638S-4Y-0M-0Y-0B-0B-3Y-0BLR-1Y-0B
G3	SOMO/CROC_4//LOTUS_1/3/KITTI/4/STOT//ALTAR 84/ALDCDSS99Y00636S-0M-0Y-34Y-0M-0Y-0B
G4	CMH82A.1062/3/GGOVZ394//SBA81/PLC/4/AAZ_1/CREX/5/HUI//CIT71/CII/6/STOT//ALTAR 84/ALDCDSS99Y00643S-0M-0Y-16Y-0M-0Y-0B
G5	SRN_1/6/FGO/DOM//NACH/5/ALTAR
G6	LLARETA
G7	RASCON_21/3/MQUE/ALO//FOJACDSS94Y00099S-7M-0Y-0B-1Y-0B-0BLR-5Y-0B
G8	GEDIZ/FGO//GTA/3/SRN_1/4/TOTUS/5/ENTE/MEXI_2//HUI/3/YAV_1/GEDIZ/6/SOMBRA_20/7/STOT//ALTAR 84/ALDCDSS97Y00835S-0TOPM-4Y-0M-0Y-0B-0B-3Y-0BLR-1Y-0B
G9	STOT//ALTAR
G10	ALTAR 84/STINT//SILVER_45/3/STOT//ALTAR 84/ALDCDSS99Y 00373S-7Y-0M-0Y-0BLR
G11	STOT//ALTAR 84/ALD/3/GREEN_18/FOCHA_1 //AIRON_1CDSS 99B00467S-0M-0Y-75Y-0M-0Y-2M-0Y
G12	RASCON_21/3/MQUE/ALO//FOJA/4/GREEN_38/BUSHEN_4/5/CADO/BOOMER
G13	STOT//ALTAR
G14	SRN_1/6/FGO/DOM//NACH/5/ALTAR
G15	AINZEN-1/SORD_3CDSS99B00317S-0M-0Y-104Y-0M-0Y-1M-0Y
G16	PLATA_8/4/GARZA/AFN//CRA/3/GTA/5/RASCON/6/CADO/BOOMER_33/7/STOT//ALTAR 84/ALDCDSS99B00843S-0TOPY-0M-0Y-5Y-
G17	ALTAR 84/STINT//SILVER
G18	ALTAR 84/BINTEPE 85/3/ALTAR
G19	Saimareh
G20	Dehdasht

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی سال‌های ۹۲-۱۳۸۸ در خرم آباد

Table 2. Meteorological information of 2009- 2013 cropping years in Khorramabad

	سال زراعی			
	۸۹-۱۳۸۸	۹۰-۱۳۸۹	۹۱-۱۳۹۰	۹۲-۱۳۹۱
متوسط میزان بارندگی (میلی‌متر)	۴۹۰/۰۹	۳۶۴/۲۵	۲۹۴/۱۵	۳۶۳/۶
تعداد روزهای یخبندان در سال (روز)	۲۵	۵۷	۸۲	۴۹
متوسط حداکثر درجه حرارت مطلق (سانتی گراد)	۲۶/۹	۲۸/۳	۲۵/۹	۲۷

تجزیه و تحلیل آزمایش طی چهار مرحله انجام پذیرفت:
الف- تجزیه واریانس ساده در هر سال و آزمون بارتلت برای بررسی یکنواختی واریانس خطاها ب- تجزیه واریانس مرکب برای بررسی اثرات اصلی و متقابل ج- تجزیه برهمکنش ژنوتیپ × محیط با استفاده از روش چند متغیره امی.
مدل ریاضی تجزیه امی به صورت ذیل برآورد گردید:

$$Y_{ger} = \mu + \sigma_g + \beta_e + \sum \lambda_n y_{gn} \delta_{en} + P_{ge} + \varepsilon_{ger}$$

Y_{ger}=عملکرد ژنوتیپgام در محیط eام و تکرار rام، μ = میانگین کل، σ_g=اثر اصلی ژنوتیپ، β_e=اثر اصلی محیط، λ_n= مقدار منفرد برای محور مؤلفه اصلی nام، که برابر با مقدار ویژه مربوط به همان مؤلفه اصلی است، n= تعداد محورهای PCA باقی‌مانده در مدل AMMI، y_{gn}=بردار ویژه ژنوتیپ gام از n مؤلفه اصلی برهمکنش (IPCA)، δ_{en}= بردار ویژه محیط eام از n مؤلفه اصلی برهمکنش، P_{ge}= نویز، ε_{ger}= خطای آزمایش

ج- بررسی پایداری عملکرد با استفاده از ارزش پایداری امی (ASV) (AMMI Stability Value)

$$ASV_i = \sqrt{\left[\frac{SSIPCA1}{SS_{G\times E}} \times IPCA1\ Score\right]^2 + \left[\frac{SSIPCA2}{SS_{G\times E}} \times IPCA2\ Score\right]^2}$$

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.67]

د- تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس مقادیر ارزش پایداری امی (ASV) تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام پذیرفت. تجزیه کلاستر داده‌ها با نرم‌افزار SPSS 16 با روش Ward و ضریب فاصله مربع اقلیدوسی انجام شد. برای تجزیه امی و رسم بای‌پلات از نرم‌افزار CropStat7.2 استفاده شد.

نتایج و بحث

در ابتداء تجزیه واریانس ساده برای هر محیط انجام شد و آزمون یکنواختی واریانس اشتباهات آزمایشی با استفاده از آزمون بارتلت انجام پذیرفت. با انجام آزمون بارتلت بر داده‌های چهار سال فرض همگنی واریانس خطاهای آزمایش مورد تائید قرار گرفت (χ^2=۵/۲۷^{ns}). تجزیه واریانس مرکب برای چهار سال نشان داد که اثر سال و برهمکنش ژنوتیپ × سال در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). معنی‌داری اثر سال بدین معنی است که واکنش ژنوتیپ‌ها به شرایط آب و هوایی طی چهار سال آزمایش متفاوت بوده است. همچنین ژنوتیپ‌ها از نظر عمکرد دانه با هم تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال آماری یک درصد داشتند (جدول ۳) که نشان از تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بود. معنی‌دار بودن برهمکنش ژنوتیپ × محیط نشان‌دهنده واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها در سال‌های مختلف بود. همچنین معنی‌دار بودن برهمکنش ژنوتیپ × محیط، ارزیابی ژنوتیپ‌ها را در چندین محیط به‌منظور شناسایی سازگاری عمومی و خصوصی نشان می‌دهد. در این تحقیق اثر محیط بیشترین سهم را در توجیه مجموع مربعات کل به خود اختصاص داد که نشان دهنده‌ی دامنه وسیع‌تر اثرات اصلی محیط نسبت به اثرات اصلی ژنوتیپ بود. آقائی سربرزه و همکاران (۲) نیز با بررسی برهمکنش ژنوتیپ × محیط روی ژنوتیپ‌های گندم دوروم بخش عمده تنوع کل را به محیط نسبت دادند. نتایج سایر تحقیقات در این راستا روی گندم دوروم و دیگر محصولات، اهمیت محیط را در محاسبه درصد بیشتر مجموع مربعات کل نسبت به اثرات ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ × محیط نشان دادند (۱۱، ۲۹، ۳۳، ۳۵، ۳۶ و ۴۱).

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم دوروم در چهار سال

Table 3. Analysis of combined variance for grain yield of durum wheat genotypes in four years

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)
سال	۳	۷۱۰/۱۴	۲۳۶/۷۱**
سال × تکرار	۱۲	۱/۹۹	۰/۱۷ ^{ns}
ژنوتیپ	۱۹	۱۸/۲۵	۰/۹۶**
ژنوتیپ × سال	۵۷	۵۰/۹۱	۰/۸۹**
خطا	۲۲۸	۲۳/۸۶	۰/۱
ضریب پراکنش (CV٪)		۸/۶	

^{ns} و ** : به ترتیب غیرمعنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪

باوجود برهمکنش ژنوتیپ × محیط، تجزیه واریانس معمولی قادر به توجیه پایداری ژنوتیپ‌ها نمی‌باشد. بنابراین لازم بود با استفاده از روش‌های تجزیه پایداری، برهمکنش ژنوتیپ × محیط تجزیه و مورد بررسی قرار گرفته شود تا ژنوتیپ‌های پایدار مشخص شوند. در مدل امی، میانگین مربعات دو مؤلفه اصلی اول و دوم در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار بودند و به‌طور تجمعی حدود ۹۶/۵ درصد از کل برهمکنش GE را توجیه کردند (جدول ۴). به‌طوری‌که مؤلفه اصلی اول و دوم به ترتیب ۵۳/۵۶ و ۴۲/۹۷ درصد از مجموع مربعات برهمکنش GE را به خود اختصاص دادند. با استفاده از این دو مؤلفه سهم هر ژنوتیپ در برهمکنش مشخص شد. به‌طوری‌که هر چه سهم ژنوتیپ از برهمکنش کمتر باشد نشان‌دهنده‌ی پایداری بیشتر آن ژنوتیپ است. بعضی از محققان اظهار نمودند که بهترین مدل، مدلی است که فقط دو مؤلفه اصلی اول معنی‌دار شوند و سایر مؤلفه‌ها واریانس کمی را به خود اختصاص داده باشند (۱۹،۲۱). در مطالعه‌ای بر روی ۲۰ ژنوتیپ گندم نان در ۲۴ محیط تحت شرایط دیم، توجیه ۹۰ درصدی برهمکنش GE توسط اولین و دومین مؤلفه اصلی گزارش شده است (۳۵).

جدول ۴- تجزیه واریانس عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم دوروم با استفاده از روش AMMI

Table 4. Variance analysis of grain yield for durum wheat genotypes using AMMI method

منابع	درجه آزادی	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)	درصد تغییرات	درصد تجمعی تغییرات
ژنوتیپ	۱۹	۱۸/۲۵	۰/۹۶**	-	-
محیط	۳	۷۱۰/۱۴	۲۳۶/۷۱**	-	-
برهمکنش ژنوتیپ × محیط	۵۷	۵۰/۹۱	۰/۸۹**	-	-
مؤلفه اصلی اول (IPCA1)	۲۱	۲۷/۲۶	۱/۳**	۵۳/۵۶	۵۳/۵۶
مؤلفه اصلی دوم (IPCA2)	۱۹	۲۱/۸۷	۱/۱۵**	۴۲/۹۷	۹۶/۵۳
مؤلفه اصلی سوم (IPCA3)	۱۷	۱/۷۶	۰/۱^{ns}	۳/۴۷	۱۰۰
کل	۷۹	۷۷۹/۳		–	–

** و ns : به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ و غیرمعنی‌دار

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.67]

میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در چهار محیط از ۳/۴۱ تن در هکتار برای ژنوتیپ G6 تا ۴/۲۷ تن در هکتار برای ژنوتیپ G9 متغیر بود (جدول ۵). برای استفاده هم‌زمان از اطلاعات دو مؤلفه معنی‌دار از ارزش پایداری امی (ASV) استفاده شد. در روش ارزش پایداری امی، 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 به‌عنوان 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 (۱۷ و ۴۰). در این تحقیق ژنوتیپ‌های G19، G14، G2 و G12 با کمترین ارزش پایداری امی (به ترتیب ۰/۰۵، ۰/۰۵، ۰/۰۷، ۰/۰۸) پایدارترین ژنوتیپ‌ها در بین ۲۰ ژنوتیپ مورد بررسی بودند (جدول ۵). همچنین ژنوتیپ‌های G18، G7، G9، G15 و G16 با بیشترین ارزش پایداری امی (به ترتیب ۰/۴۳، ۰/۴۲، ۰/۳۶، ۰/۳۳ و ۰/۳۲) به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند (جدول ۵). اگر چه این ژنوتیپ‌ها دارای پتانسیل عملکرد بالنسبه بالایی هستند ولی در مواجهه با محیط‌های مختلف عملکرد آنها به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یابد زیرا پایداری مناسبی ندارند. به‌نظر می‌رسد که این ژنوتیپ‌ها سازگاری خصوصی به شرایط مساعد را دارند و برای کشت در شرایط نامساعد قابل توصیه نمی‌باشند. حاجی محمد علی جهرمی و همکاران (۱۸) اظهار داشتند که پارامتر ارزش پایداری 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 ارقام با پایداری و عملکرد دانه بالا می‌باشد. به‌این ترتیب علاوه بر پایداری، عملکرد نیز در گزینش ژنوتیپ‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، ژنوتیپ‌های G12، G14 و G2 با عملکرد نزدیک به میانگین کل (۳/۷ تن در هکتار) قابل گزینش می‌باشند و به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی با سازگاری عمومی خوب شناخته شدند. بنابراین در صورتی‌که شرایط محیطی متغیر باشد و پایداری نسبت به پتانسیل عملکرد از اهمیت بیشتری برخوردار باشد، ژنوتیپ‌های G12، G14 و G2 با عملکرد دانه متوسط و پایداری بالا قابل توصیه خواهند بود. ژنوتیپ‌های G16، G15، G9، G7 و G18 با حداکثر ارزش پایداری جزء ارقام ناپایدار بودند و برای محیط‌های خاص سازگاری خصوصی نشان می‌دهند.

جدول ۵- میانگین عملکرد دانه، مقادیر مؤلفه‌های معنی‌دار (IPCA) و شاخص ارزش پایداری امی (ASV) ژنوتیپ‌های گندم دوروم مورد آزمایش

Table 5. Mean grain yield, significant components scores (IPCA) and AMMI stability value of durum wheat genotypes evaluated

کد ژنوتیپ	عملکرد دانه (t/ha)	IPCA1	IPCA2	ASV	YIR	% Over check 1	% Over check2
G1	۳/۶۷$^{e-h}$	-۰/۲۳۵	۰/۰۶۷	۰/۱۳	۹۷	۹۹	۹۵
G2	۳/۵۴$^{g-ı}$	-۰/۱۳۲	-۰/۰۴۲	۰/۰۷	۹۴	۹۶	۹۱
G3	۴/۰۶^{abc}	۰/۰۲۴	۰/۵۷۲	۰/۲۵	۱۰۸	۱۱۰	۱۰۵
G4	۳/۷۹^{defg}	-۰/۴۱	۰/۰۱۷	۰/۲۲	۱۰۱	۱۰۲	۹۸
G5	۳/۷۴^{efg}	-۰/۱۱	-۰/۳۱۳	۰/۱۵	۹۹	۱۰۱	۹۷
G6	۳/۴۱ i	۰/۲۵۱	۰/۲۱۳	۰/۱۶	۹۰	۹۲	۸۸
G7	۳/۸۲^{cder}	-۰/۷۴۴	۰/۲۸۴	۰/۴۲	۱۰۱	۱۰۳	۹۹
G8	۴/۲۲^{a}	-۰/۲۸۵	۰/۵۴۱	۰/۲۸	۱۱۲	۱۱۴	۱۰۹
G9	۴/۲۷^{a}	۰/۶۱۶	۰/۳۵۸	۰/۳۶	۱۱۳	۱۱۵	۱۱۰
G10	۳/۴۵^{hı}	-۰/۲۹۱	-۰/۱۴۷	۰/۱۷	۹۲	۹۳	۸۹
G11	۳/۷^{efgh}	۰/۱۱۱	-۰/۵۵۳	۰/۲۴	۹۸	۱۰۰	۹۶
G12	۳/۶۳^{efghı}	-۰/۰۶۶	-۰/۱۶۹	۰/۰۸	۹۶	۹۸	۹۴
G13	۳/۵۴^{ghı}	-۰/۳۲۱	-۰/۲۴۷	۰/۲	۹۴	۹۶	۹۱
G14	۳/۵۷^{fghı}	-۰/۰۹۶	-۰/۰۳۸	۰/۰۵	۹۵	۹۶	۹۲
G15	۴/۰۸^{ab}	۰/۵۴۷	۰/۳۷۲	۰/۳۳	۱۰۸	۱۱۰	۱۰۵
G16	۴/۰۲^{abcd}	۰/۵۱	۰/۴	۰/۳۲	۱۰۷	۱۰۹	۱۰۴
G17	۳/۶۹^{efgh}	۰/۲۷۸	-۰/۲۹۲	۰/۱۹	۹۸	۱۰۰	۹۵
G18	۳/۶۷^{efgh}	۰/۵۷۶	-۰/۷۰۳	۰/۴۳	۹۷	۹۹	۹۵
G19 (Saimareh)	۳/۷^{efgh}	۰/۰۷۶	-۰/۰۸۵	۰/۰۵	۹۸	۱۰۰	۹۶
G20 (Dehdasht)	۳/۸۷^{bcde}	-۰/۳	-۰/۲۳۵	۰/۱۹	۱۰۳	۱۰۵	۱۰۰

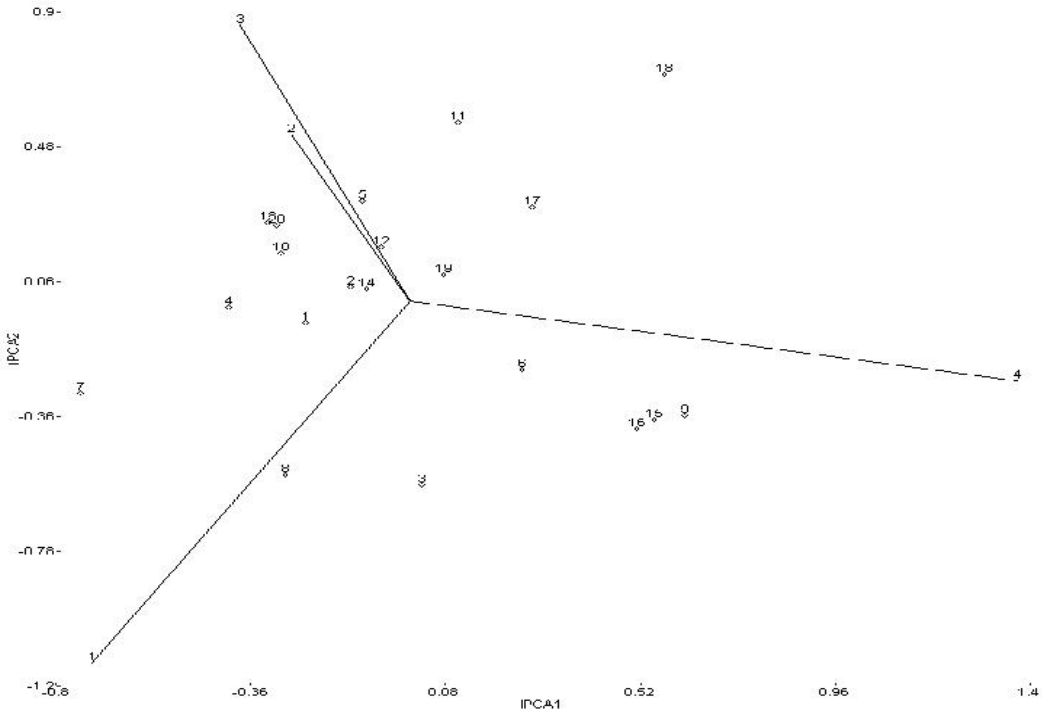
YIR (Yield Index Ratio): نسبت میانگین عملکرد هر ژنوتیپ به میانگین کل ژنوتیپ‌ها، IPCA1: مؤلفه اصلی اول، IPCA2: مؤلفه اصلی دوم، ASV (AMMI Stability Value): ارزش پایداری امی، Over check 1 %: نسبت میانگین عملکرد هر ژنوتیپ به میانگین عملکرد واریته شاهد سیمره، Over check2 %: نسبت میانگین عملکرد هر ژنوتیپ به میانگین عملکرد واریته شاهد دهدشت،

می‌توان اختلافات در پایداری و سازگاری ژنوتیپ‌ها به محیط‌ها را به صورت کمی با استفاده از نمودار بای‌پلات ارزیابی کرد که در نمودار بای‌پلات ژنوتیپ‌ها بر اساس نمره IPCA پراکنش می‌یابند. هر چه نمرات IPCA به صفر نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده‌ی پایداری بیشتر ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مورد آزمون است. از این‌رو، در نمودار بای‌پلات ژنوتیپ‌هایی که در مرکز بای‌پلات قرار دارند از پایداری عمومی برخوردار هستند و برای کشت در اکثر محیط‌ها توصیه می‌شوند و ژنوتیپ‌هایی که دور از مرکز بای‌پلات پراکنش یافته‌اند دارای پایداری خصوصی می‌باشند. نمودار بای‌پلات در شکل ۱ درج شده است. در مجموع این بای‌پلات ۹۶/۵ درصد اطلاعات مربوط به برهمکنش را توجیه نمود. بنابراین، این

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.67]

نمودار بای‌پلات امی برای تفسیر اثرات اصلی و متقابل سودمند است. در این بای‌پلات، پراکنش ژنوتیپ‌ها نشان داده شده است و محیط‌ها به صورت بردار نشان داده شدند. زاویه‌ی بین دو بردار همبستگی دو محیط را نشان می‌دهد. هر چه زاویه بین دو محیط کوچک‌تر باشد، دو محیط همبستگی بالاتری داشته و نقش مشابهی در گزینش ژنوتیپ‌ها خواهند داشت. محیط‌های ۲ و ۳ همبستگی مثبت و بسیار بالایی با یکدیگر داشتند (شکل ۱) که این مسأله نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌ها واکنش مشابهی در سال‌های دوم و سوم نشان دادند. روابط محیط‌های ۲ و ۳ با ۱ و ۴ نشان دهنده‌ی همبستگی منفی این محیط‌ها می‌باشد و بر شرایط متفاوت از نظر برهمکنش ژنوتیپ × محیط دلالت دارد که گزینش را مشکل‌تر می‌سازد. همچنین با توجه به شکل بای‌پلات ژنوتیپ‌های G19، G2، G14 و G12 کمترین فاصله را نسبت به مبداء مختصات داشتند بنابراین این چهار ژنوتیپ واکنش زیادی به محیط‌ها نشان نمی‌دهند و به تغییر محیط‌ها حساس نیستند. به‌این‌ترتیب، برای سال‌های مختلف قابل توصیه می‌باشند. ژنوتیپ‌های G9، G16، G15، G7 و G18 با بیشترین فاصله از مبداء مختصات به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. در این پژوهش نتایج حاصل از بای‌پلات با نتایج ارزش پایداری امی کاملاً مطابقت داشت. قدرتی نیاری و همکاران (۱۷) نیز گزارش نمودند که به‌طور معمول نتایج نمودار بای‌پلات و ارزش پایداری امی با هم مطابقت دارند. آنها اظهار نمودند در صورت وجود اختلاف بین نتایج این دو روش، ارزش پایداری امی دارای دقت بیشتری است و بایستی به آن استناد نمود.



شکل ۱– بای پلات مدل AMMI دو مؤلفه اول برای برهمکنش ژنوتیپ‌ها و محیط‌های مورد بررسی

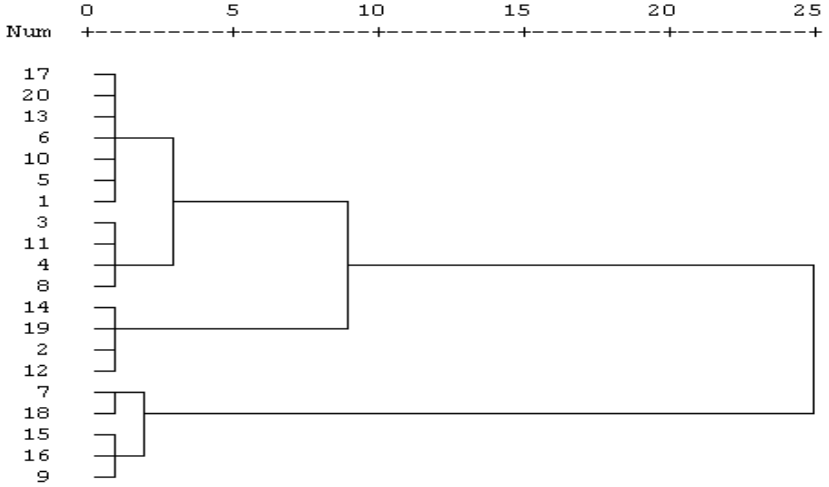
Figure 1. Biplot of AMMI model of first two components for interaction between the genotypes and environments evaluated

میزان عملکرد نسبی ژنوتیپ‌ها در مقایسه با میانگین کل ۲۰ ژنوتیپ مورد بررسی، همچنین عملکرد ژنوتیپ‌ها نسبت به هر یک از شاهدها (دهدشت و سیمره) در جدول ۴ آورده شده است. به‌طورکلی تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر میزان عملکرد تولیدی نسبت به میانگین کل ژنوتیپ‌ها در سال‌های مختلف وجود داشت. در بین ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ‌های G15، G16، G9، G8، G3 و G7 عملکرد بیشتر یا در حد شاهدها داشتند و ژنوتیپ G9 با ۱۰٪ عملکرد بیشتر نسبت به شاهد دهدشت (که دارای عملکرد بیشتری نسبت به شاهد سیمره بود) از نظر عملکرد دانه در بین سایر ژنوتیپ‌ها برتر بود. به منظور بررسی دقیق‌تر پایداری ژنوتیپ‌ها، تجزیه خوشه‌ای بر مقادیر ارزش پایداری امی ژنوتیپ‌ها انجام شد. با تجزیه خوشه‌ای بر ارزش پایداری امی ژنوتیپ‌ها، سه گروه بدست آمد (شکل ۲). گروه اول شامل ژنوتیپ‌های G7، G18، G15، G16 و G9 با بیشترین میزان ارزش پایداری امی بودند. ژنوتیپ‌های G2، G12، G14 و G19 در گروه دوم قرار گرفتند که کمترین میزان ارزش پایداری امی را به خود اختصاص دادند. گروه سوم شامل ژنوتیپ‌های G17، G13، G11، G10، G8، G6، G5، G4، G3 و G1 بودند که مقادیر متوسطی از ارزش پایداری امی را دارا بودند. نمودار تجزیه

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.67]

خوشه‌ای و بای‌پلات نتایج مشابهی را از نظر پایداری ژنوتیپ‌ها نشان دادند. کوچکی و همکاران (۲۲) نیز با بررسی پایداری و سازگاری ۲۰ ژنوتیپ جو و انجام تجزیه خوشه‌ای بر اولین و دومین مؤلفه اصلی اثر متقابل (IPCA1 و IPCA2) ژنوتیپ‌ها را به سه گروه با پایداری بالا، پایداری متوسط و پایداری پایین گروه‌بندی نمودند. به‌طورکلی، با توجه به این‌که در شرایط محیط متغیر پایداری نسبت به پتانسیل عملکرد از اهمیت بیشتری برخوردار است کشت ژنوتیپ‌های G2، G12، G14 و G19 با پایداری بالا و عملکرد متوسط توصیه می‌شود. ژنوتیپ G3 برای کشت در شرایط مساعد مناسب می‌باشد زیرا ژنوتیپ نامبرده دارای پتانسیل عملکرد بالا و پایداری متوسطی است. علی‌رغم عملکرد بالای ژنوتیپ G9 پایداری آن پایین است. به نظر می‌رسد برای کشت در مناطق اجرای آزمایش مناسب نباشد.



شکل۲- تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های گندم دوروم بر اساس ارزش پایداری امی (ASV)

Figure 2. Cluster analysis of durum wheat genotypes based on AMMI stability value (ASV)

منابع

1. Abay, F. and A. Bjørnstad. 2009. Specific adaptation of barley varieties in different locations in ethiopia. Euphytica, 167: 181-195.
2. Aghae Sarbarzeh, M., M. Dastfal, H. Farzadi, B. Andarzian, A. Shahbaz Pour Shahbazi, M. Bahari and H. Rostami. 2012. Evaluation of durum wheat genotypes for yield and yield stability in warm and dry areas of Iran. Iranian Journal of Crop Sciences, 28: 315-325 (In Persian).
3. Alwala, S., T. Kwolek, M. McPherson, J. Pellow and D. Meyer. 2010. A Comprehensive comparison between Eberhart and Russell joint regression and GGE biplot analyses to identify stable and high yielding maize hybrids. Field Crops Research, 119: 225-230.
4. Annicchiarico, P., F. Bellah and T. Chiari. 2005. Defining sub regions and estimating benefits for a specific-adaptation strategy by breeding programs: a case study. Crop Science, 45: 1741-1749.
5. Annicchiarico, P., N. Harzic and A.M. Carroni. 2010. Adaptation, diversity, and exploitation of global white Lupin (*Lupinus albus* L.) Landrace Genetic Resources. Field Crops Research, 119: 114-124.
6. Araus, J.L., G.A. Slafer, M.P. Reynolds and C. Royo. 2002. Plant breeding and drought in C3 cereals: what should we breed for? Annals Botany, 89: 925-940.
7. Araus, J.L., G. Slafer, C. Royo and M.D. Serret. 2008. Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. Critical Reviews in Plant Sciences, 27: 377-412.
8. Becker, H.C. and J. Leon. 1988. Stability analysis in plant breeding. Plant Breeding, 101: 1-23.
9. Cattivelli, L., F. Rizza, F.W. Badeck, E. Mazzucotelli, A.M. Mastrangelo, E. Francia, C. Mare, A. Tondelli and A.M. Stanca. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: an integrated view from breeding to genomic. Field Crops Research, 15: 1-14.
10. De Vita, P., A.M. Mastrangelo, L. Matteu, E. Mazzucotelli, N. Virzi, M. Palumbo, M.L. Storto, F. Rizza and L. Cattivelli. 2010. Genetic improvement effects on yield stability in durum wheat genotypes grown in Italy. Field Crops Research, 119: 68-77.
11. Dehghani, H., N. Sabaghnia and M. Moghaddam. 2009. Interpretation of genotype-by-environment interaction for late maize hybrids' grain yield using a biplot method. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 333: 139-148.
12. Ebdon, J.S. and H.G. Gauch. 2002. Additive main effect and multiplicative interaction analysis of national turf grass performance trials: II. Cultivar recommendations. Crop Science, 42: 497-506.
13. Farshadfar, E. and J. Sutka. 2006. Biplot analysis of genotype-environment interaction in durum wheat using the AMMI model. Acta Agronomica Hungarica, 54: 459-467.
14. Farshadfar, E., N. Mahmodi and A. Yaghotipoor. 2011. AMMI stability value and simultaneous estimation of yield and yield stability in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Australian Journal of Crop Science, 5: 1837-1844.
15. Fufa, H., P.S. Baenziger, B.S. Beecher, R.A. Graybosch and K.M. Eskridge. 2005. Genetic improvement trends in agronomic performances and end-use quality characteristics among hard red winter wheat cultivars in Nebraska. Euphytica, 144: 187-198.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.67]

16. Gauch, H.G. 1992. Statistical analysis of regional yield trials: AMMI Analysis of Factorial Designs. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Netherlands, 278 pp.
17. 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).
18. Haji Mohammad Ali Jahromi, M., 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).
19. Kandus, M., D. Almorza, R. Boggio Ronceros and J.C. Salerno. 2010. Statistical models for evaluating the genotype-environment interaction in maize. International Journal of Experimental Botany, 79: 39-46.
20. Karimizadeh, R.A., M. Mohammadi, M. Sheykhmamo, V. Bavi, T. Hossein pour, H. Khanzadeh, H. Ghojogh and M. Armeiun. 2012. Methods application of cluster and AMMI analysis for evalution of grain yield stability of durum wheat genotypes under rain-fed regions of Iran. New genetic, 6: 33-48 (In Persian).
21. Katsura, K., Y. Tsujimoto, M. Oda, K.I. Matsushima, B. Inusah, W. Dogbe and J.I. Sakagami. 2016. Genotype-by-environments interaction analysis of rice (oryza spp) yield in a flood plain ecosystem in West Africa. European Journal of Agronomy, 73: 152-159.
22. Koocheki, A.R., B. Sorkhi and M.R. Eslamzadeh Herasi. 2013. Study on stability of Elite Barley (*Hordeum Vulgare* L.) genotypes for cold regions of Iran using AMMI method. Cereal Research, 2: 249-261(In Persian).
23. Latiri, K., J.P. Lhomme, M. Annabi and T.L. Setter. 2010. Wheat production in Tunisia: progress, inter-annual variability and relation to rainfall. European Journal of Agronomy, 33: 33-42.
24. Lin, C.S. and M.R. Binns. 1991. Genetic properties of four types of stability parameter. Theoretical Applied Genetic, 82: 505-509.
25. Loss, S.P. and K.H.M. Siddique. 1994. Morphological and physiological traits associated with wheat yield increases in Mediterranean environments. Advances in Agronomy, 52: 229-276.
26. Messina, C.D., D. Podlich, Z. Dong, M. Samples and M. Cooper. 2011. Yield trait performance landscapes: from theory to application in breeding maize for drought tolerance. Journal of Experimental Botany, 62: 855–868.
27. Mir, R.R., M. Zaman-Allah, N. Sreenivasulu, R. Trethowan and R.K. Varshney. 2012. Integrated genomics, physiology and breeding approaches for improving drought tolerance in crops. Theoretical Applied Genetic, 125: 625-645.
28. Mohammadi, R., M. Armeiun and M.M. Ahmadi. 2011. Genotype × environment interactions for grain yield of durum wheat genotypes using AMMI model. Seed Plant Improvement Journal, 27: 183-198 (In Persian).
29. Mohammadi, R., E. Farshadfar and A. Amir. 2015. Interpreting genotype environment interactions for grain yield of rain-fed durum wheat in Iran. The Crop Journal, 8-10-pp.
30. Mosavian, M.H., A. Yazdansepas, A. Amini, M.R. Bihamta and M.J. Haji Alyan. 2013. Study of morpho-physiologic traits and grain yield stability of promising genotypes of winter and facultative bread wheat for cold regions of Iran. Iranian Journal of Field Crop Science, 43: 447-459 (In Persian).
31. Mortazavian, S.M.M., H.R. Nikkhah, F.A. Hassani, M. Sharif- Al- Hosseini, M. Taheri and M. Mahlooji. 2014. GGE biplot and AMMI analysis of yield performance of barley genotypes across different environments in Iran. Journal of Agricultural Science and Technology, 16: 609-622.
32. Nachit, M.M., M.E. Sorrells, R.W. Zobel, H.G. Gauch, R.A. Fischer and W.R. Coffman. 1992. Association of environmental variables with sites' mean grain yield and components of genotype-environment interaction in durum wheat. Journal of Plant Breeding and Genetics, 46: 369-372.
33. Pourdad, S.S. and M. Jamshid Moghaddam. 2013. Study on genotype × environment interaction through GGE biplot for seed yield in spring rapeseed (Brassica Nupus L.) in rainfed condition. Journal of Crop Breeding, 5(12): 1-14.
34. Rharrabti, Y., D. Villegas, C. Royo, V. Martos-Nunez and L.F. García Del Moral. 2003. Durum quality in Mediterranean environments II. Influence of climatic variable sand relationships between quality parameters. Field Crops Research, 80: 133-140
35. Roostae, M., R. Mohammadi and A. Amri. 2014. Rank correlation among different statistical models in ranking of winter wheat genotypes. The Crop Journal, 2: 154-163.
36. Safavi, S. M. and S. Bahraminejad. 2017. The evaluation of genotype × environment interactions for grain yield of oat genotypes using AMMI model. Journal of Crop Breeding, 9(22): 125-132.
37. Schulthess, A., I. Matus and A.R. Schwember. 2013. Genotypic and environmental factors and their interactions determine semolina color of elite genotype of durum wheat (*Triticum turgidum* L. *var. durum*) grown in different environments of Chile. Field Crops Research, 149: 234-244.
38. Singh, R.P. and R.M. Trethowan. 2007. Breeding spring bread wheat for irrigated and rain-fed production systems of the developing world. In: Kang, M.S., P. M. Priyadarshan (eds.), Breeding Major Food Staples. Blackwell Publishing, Oxford, pp: 109-139.
39. Subira, J., F. Alvaro, L.F. Garcia Del Moral and C. Royo. 2015. Breeding effects on the cultivar × environment interaction of durum wheat yield. European Journal of Agronomy, 68: 78-88.
40. Trethowan, R.M., M. Van Ginkel and S. Rajaram. 2002. Progress in breeding wheat for yield and adaptation in global drought affected environments. Crop Science, 42: 1441-1446.
41. Yan, W. and M. Kang. 2003. GGE Biplot Analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL, 288 pp.
42. Zali, H., S.S. Sabagh Pour, A.A. Farshadfar and P. Pezeshk Pour. 2009. Stability analysis of chickpea genotypes using ASV parameter and compared with some methods of stability analysis. Iranian Journal of Crop Sciences, 2: 21-29 (In Persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.67]

Study of Grain Yield Stability of Durum Wheat Genotypes using AMMI

Mahnaz Ghaedrahmati[1], Tahmaseb Hossein Pour[2] and Ali Ahmadi[3]

1- Assistant Professor of Seed and Plant improvement Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO) Khorramabad, Iran (Corresponding Author: M.ghaedrahmati@areeo.ac.ir)

2 and 3- Assistant Professor and Master, Seed and Plant improvement Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO) Khorramabad, Iran

Received: August 27, 2015 Accepted: August 9, 2016

Abstract

In order to determine yield stability of 20 durum wheat genotypes, a trial was carried as randomized complete block design with four replications in four years during 2009- 2014 in Sarab-Changae station of Khorramabad, Iran. Analysis of combine variance showed that environment, genotype and genotype × environment interaction were significant at 1% probability level. Variance analysis of additive main effects and multiplicative (AMMI) showed that two IPCAs were significant at 1% probability level. Also, AMMI stability value (ASV) was used for simultaneously using information obtained from two significant components of AMMI. According to ASV index, genotypes G2, G12, G14 and G19 had the lowest ASV value and were known as the most stable genotypes. Genotype G9 had the highest ASV value and distance from the center of Bi-plot. Therefore, it was known as stable genotype. Also, Genotype G9 had the highest grain yield. Using cluster analysis of genotypes based on ASV, genotypes divided to three groups that genotypes of each group were similar as stable.

Keywords: AMMI analysis, AMMI stability value, Durum wheat, Grain yield

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.67]