بررسی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های گندم نان بر اساس روش‌های تک‌متغیره پارامتری و مدل AMMI

امیرمحمد مهدوی[۱]، نادعلی باباییان جلودار[۲]، عزت‌الله فرشادفر[۳] و نادعلی باقری[۴،*]

۱- دانشجوی دکتری، گروه اصلاح‌نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری

۲- استاد، گروه اصلاح‌نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری

۳- استاد، گروه زراعت و اصلاح‌نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی کرمانشاه، کرمانشاه

٤- دانشیار، گروه اصلاح‌نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۲۷ – تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۰٦)

چکیده

به‌منظور تعیین پایداری عملکرد ۲۳ ژنوتیپ گندم نان به‌همراه دو رقم شاهد پیشتاز و پیشگام، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سه سال زراعی (۹۷-۱۳۹٤) در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه انجام شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر محیط، ژنوتیپ و برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط در سطح احتمال ۱ درصد برای صفت عملکرد دانه معنی‌دار بود. جهت ارزیابی پایداری از آماره‌های واریانس محیطی، ضریب تغییرات، اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا، شیب‌خط رگرسیون، انحراف از رگرسیون، آماره‌های پلاستد و پترسون و روش AMMI استفاده شد. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس AMMI سه مؤلفه اصلی اول در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بودند. این سه مؤلفه در مجموع ۸۵/۷ درصد از مجموع مربعات برهم‌کنش‌ها را توجیه نمودند. هم‌چنین جهت استفاده هم‌زمان از اطلاعات حاصل از مؤلفه‌های AMMI از ارزش پایداری امیASV استفاده شد. بر اساس شاخص ASV، ژنوتیپ‌های پیشتاز، Wc-4958 و پیشگام با کمترین مقدار ASV به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. ژنوتیپ‌های Wc-4987، Wc-47615، Wc-47399 و Wc-47638 با بیشترین فاصله از مرکز بای‌پلات ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. رقم پیشتاز به‌دلیل داشتن رتبه اول از نظر پارامترهای مورد بررسی و نیز خاصیت نانوایی مناسب و مقاومت به خشکی مطلوب، به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ قابل معرفی می‌باشد. در مجموع، با توجه به تغییرات اقلیمی در کشور به‌ویژه در شرایط دیم، بر پایه آماره‌های مورد بررسی و بای‌پلات حاصل از تجزیه امی می‌توان لاین Wc-4958 را در کنار دو رقم پیشتاز و پیشگام، به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی پایدار و سازگار برای شرایط دیم منطقه مورد بررسی پیشنهاد نمود.

واژگان کلیدی: ارزش پایداری امی، تجزیه امی، عملکرد دانه، گندم نان

* نویسنده مسئول، آدرس پست الکترونیکی: n.bagheri@sanru.ac.ir

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-05-06]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.1.1.8]

[DOI: 10.52547/pgr.7.1.2]

مقدمه

گندم نان (*Triticum aestivum* L.) به‌عنوان اصلی‌ترین و مهم‌ترین محصول زراعی قلمداد می‌شود که به‌دلیل تنوع ژنتیکی بالا و همچنین سازگاری وسیعی که با محیط‌های گوناگون دارد از تنوع ارقام بالایی برخوردار است (Jasemi *et al.*, 2017). به‌علاوه گندم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تأمین‌کننده پروتئین و کالری، بر اقتصاد و امنیت غذایی جهان تأثیر بسزایی دارد؛ بنابراین توسعه پایدار ارقام امیدبخش گندم با عملکرد دانه بالا برای حفظ امنیت غذایی بسیار ضروری می‌باشد (Mondal *et al.*, 2016).

از طرفی اهمیت اقتصادی و تغذیه‌ای گندم ایجاب می‌کند تا راهکارهای مختلفی برای بهینه‌سازی و تولید این محصول ارزشمند در سراسر جهان مورد استفاده قرار گیرد (Aghaee-Sarbarzeh *et al.*, 2009)؛ بنابراین دستیابی به این هدف مستلزم این است که همواره ارقامی در دسترس کشاورزان قرار گیرد که از پایداری عملکرد بالایی برخوردار باشند (Adugna and Labuschagne, 2006). به‌نژادی برای پایداری عملکرد همواره مهم بوده است. لیکن بر اساس پیش‌بینی‌های انجام شده، در آینده، تغییرات اقلیمی موجب تنوع بیشتر آب و هوایی از سالی به سال دیگر می‌شود؛ بنابراین اهمیت به‌نژادی برای افزایش پایداری عملکرد رو به افزایش می‌باشد (Mustatea *et al.*, 2009). با توجه به شرایط خشک‌سالی و تغییرات اقلیمی که در سال‌های اخیر در ایران روی داده است، ضرورت دارد تلاش‌هایی در جهت آزادسازی ارقام جدید انجام پذیرد. این امر از یک‌سو باعث افزایش تولید و از سوی دیگر موجب ارتقای پایداری عملکرد در دامنه‌ای از شرایط محیطی متفاوت با توجه به نوسانات اقلیمی می‌گردد. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (تغییر در ترتیب ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف) که سبب ناپایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌شود، پدیده پیچیده‌ای است که در برگیرنده شرایط محیطی نظیر عوامل اگرواکولوژیکی، آب و هوایی، زراعی و همچنین عوامل ژنتیکی است که تعیین‌کننده رشد و نمو گیاهان هستند (Annicchiarico, 2002)؛ بنابراین به حداقل رساندن اثر متقابل ژنوتیپ در محیط (Genotype × Environment Interaction) می‌تواند از مهم‌ترین اهداف برنامه‌های به‌نژادی در بررسی پایداری عملکرد باشد؛ که این مهم، خود از طریق به‌کارگیری ژنوتیپ‌های گندم نان با پایداری عملکرد بالا محقق خواهد شد. بنابراین ارقامی که بتوانند در محیط‌های مختلف، در مواجهه با تنش‌های محیطی عملکرد بالاتری را تولید کنند و پایداری عملکرد خود را در سال‌های مختلف و در مناطق گوناگون حفظ کنند، جزء ارقام موفق خواهند بود (Amini *et al.*, 2008; Becker and Leon, 1988).

پایداری عملکرد از دو دیدگاه استاتیک یا بیولوژیکی و دینامیک یا آگرونومیکی مورد بررسی قرار می‌گیرد (Messina *et al.*, 2011). مفهوم استاتیک پایداری مربوط به ژنوتیپ‌هایی است که عملکرد پایینی دارند (Becker and Leon, 1988). در حالی‌که مفهوم آگرونومیک بایستی با پتانسیل عملکرد بالا تکمیل گردد تا مطمئن شویم که برتری یک ژنوتیپ تحت دامنه وسیعی از محیط‌ها و انواع تنش‌ها، پایدار می‌ماند. در این رابطه محققان معیارهای متفاوتی را جهت بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و تشخیص پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها معرفی نموده‌اند (Zali *et al.*, 2012). این روش‌ها به دو گروه پارامتری و ناپارامتری تقسیم می‌شوند. روش‌های آماری پارامتری خود به دو گروه تک‌متغیره و چندمتغیره تقسیم می‌شوند. روش‌های تک‌متغیره شامل روش‌های مبتنی بر تجزیه واریانس و مبتنی بر رگرسیون می‌باشند. از روش‌های مبتنی بر تجزیه واریانس می‌توان به واریانس محیطی S^2i (Rommer, 1917)، ضریب تغییرات محیطی *CV* (Francis and Kannenberg, 1978)، اکووالانس ریک Wi^2 (Wricke, 1962) و واریانس پایداری شوکلا σi^2 (Shukla, 1972) اشاره کرد. ضریب رگرسیونی فینلی و ویلکینسون *bi* (Finlay and Wilkinson, 1963) و انحراف از خط رگرسیون S^2di (Eberhart and Russell, 1966) از روش‌های مبتنی بر تجزیه رگرسیون می‌باشند. در بین روش‌های چندمتغیره، اثر اصلی جمع‌پذیر و اثر متقابل ضرب‌پذیر (AMMI)، در بررسی برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط (G × E) می‌تواند کاربرد بیشتری داشته باشد. استفاده از مدل AMMI برای بررسی

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-05-06]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.1.1.8]
[DOI: 10.52547/pgr.7.1.2]

برهم‌کنش G × E در گیاهان مختلف از جمله برنج (Sharifi *et al.*, 2017)، لوبیا (Temesgen *et al.*, 2015)، نخود زراعی (Zali *et al.*, 2012)، گندم نان (Mohammadi *et al.*, 2018; Roustaie *et al.*, 2014; Safavi and Bahraminejad, 2013) و گندم دوروم (Mohammadi and Amri, 2008) گزارش شده است.

آقایی سربرزه و همکاران (Aghaee-Sarbarzeh *et al.*, 2009) به‌منظور دستیابی به ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار گندم دوروم در ٦ منطقه گرمسیر از مدل AMMI استفاده کردند. نتایج حاصل از رسم بای‌پلات توسط مدل AMMI نشان داد که لاین‌های شماره ۱۸ و ۲۰ با کمترین اثر متقابل به‌عنوان پایدارترین لاین‌ها شناخته شدند. AMMI می‌تواند سه ویژگی مهم داشته باشد که عبارت‌اند از: ۱) در برگیرنده تجزیه واریانس و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی است؛ ۲) عملکرد در این روش با بالاترین دقت برآورد می‌شود و ۳) باعث شفاف‌سازی برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط می‌شود (Bose *et al.*, 2014). این روش الگوها و ارتباطات ژنوتیپ و محیط را به سهولت مشخص می‌کند (Annicchiarico *et al.*, 2012). پس می‌توان نتیجه گرفت که روش AMMI بخش بزرگی از اثرات متقابل را توجیه می‌کند و اثرات اصلی و متقابل را از هم تفکیک می‌نماید (Ebdon and Gauch, 2002). پرکاس (Purchase, 1997) پارامتر ارزش پایداری امی (ASV) را ارائه نمود که یکی از پارامترهای جدید امی می‌باشد. این پارامتر درواقع فاصله نقطه مختصات مربوط به هر ژنوتیپ از مبدأ مختصات نمودار بای‌پلات دو مؤلفه اصلی اثر متقابل می‌باشد که بر اساس دو مؤلفه IPCA1 و IPCA2 (اولین و دومین محور مؤلفه‌های اصلی) مدل AMMI برای هر ژنوتیپ به‌دست می‌آید. بنابراین ژنوتیپ‌هایی که کمترین مقدار از آماره ASV را داشته باشند، به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته می‌شوند (Temesgen *et al.*, 2015).

با توجه به مطالب ارائه شده، هدف از این پژوهش ارزیابی عملکرد ۲۵ ژنوتیپ گندم نان در شرایط اقلیمی کرمانشاه طی سه سال زراعی (۹۷-۱۳۹٤) و دو شرایط تنش خشکی و نرمال با استفاده از پارامترهای پایداری تک‌متغیره و چندمتغیره می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۲۳ ژنوتیپ گندم نان به‌همراه دو رقم شاهد پیشتاز و پیشگام (جدول ۱)، در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو محیط آبی (بدون تنش) و دیم (تنش) در مزرعه تحقیقاتی گروه زراعت و اصلاح‌نباتات دانشگاه رازی کرمانشاه با عرض جغرافیایی ۳٤ درجه و ۲۱ دقیقه، طول جغرافیایی ٤۷ درجه و ۹ دقیقه، ارتفاع ۱۳۱۹ متر، بارندگی متوسط سالیانه ٤۸۰-٤٥۰ میلی‌متر و بافت خاک سیلتی‌رسی طی سه سال متوالی (۹۷-۹٤) ارزیابی شدند. ترکیب سال‌ها (سه سال) و مکان‌ها (دیم و آبی) جمعاً شش محیط را تشکیل دادند. ژنوتیپ‌های گندم مورد بررسی در این تحقیق درواقع جزئی از مواد اصلاحی بوده که در برنامه‌های اصلاحی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج برای شرایط دیم تحت بررسی بوده و برای این پژوهش انتخاب شده‌اند.

شرایط آب و هوایی محل اجرای طرح در جدول شماره ۲ آمده است. کاشت بذر در اوایل آبان‌ماه هر سال زراعی به‌صورت دستی انجام گرفت. اولین بارندگی پس از کاشت به‌عنوان تاریخ کشت در نظر گرفته شد. برای اعمال تنش خشکی از هیچ‌گونه آبیاری استفاده نشد و این امر تنها با اکتفا به باران‌های پاییزه و بهاره انجام گرفت (به‌صورت دیم). با توجه به اینکه تنش خشکی در فصل بهار بعد از مرحله گل‌دهی شروع شد، بنابراین تیمار بدون تنش (محیط آبی) از زمان گل‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیکی در سه نوبت گل‌دهی، اواسط دانه بستن و اواخر تشکیل دانه و هر مرحله به میزان ۲۵ میلی‌متر به روش بارانی تحت تأثیر تیمار آبی قرار گرفت. هر کرت شامل ٥ خط ۲ متری به فاصله ۲۰ سانتی‌متر و تراکم ٤۰۰ بذر در مترمربع در نظر گرفته شد. مقدار کود لازم بر اساس نتایج حاصل از آزمون خاک و توصیه‌های محققان آب و خاک منطقه صورت گرفت. کودهای نیتروژن، پتاس و فسفر به‌طور یکنواخت به کرت‌های آزمایشی اضافه گردید. در مرحله پنجه‌زنی از علف‌کش پوماسوپر و گرانستار به‌ترتیب به میزان ۱/٥ لیتر

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-05-06]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.1.1.8]
[DOI: 10.52547/pgr.7.1.2]

و ۲۰ گرم در هکتار به‌همراه وجین دستی برای مبارزه با علف‌های هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ استفاده شد. در طول فصل رشد، عملیات زراعی به‌طور مرتب انجام گرفت و یادداشت‌برداری‌های لازم از صفات مورد نظر به‌عمل آمد. در پایان هر سال زراعی و پس از رسیدگی محصول، عملیات برداشت توسط کمباین آزمایشی انجام گرفت. برای این کار ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر کرت به‌منظور حذف اثر حاشیه حذف گردید. پس از تعیین عملکرد مربوط به هر ژنوتیپ، ابتدا با انجام آزمون بارتلت و اثبات یکنواختی واریانس خطاها، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با فرض ثابت بودن اثر ژنوتیپ‌ها انجام شد. روش تجزیه واریانس مرکب معمول‌ترین روش برای شناسایی وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در آزمایش‌های چندمحیطی است (Martin and Alberts, 2004). برای ارزیابی و مقایسه پایداری ارقام، از روش‌های تجزیه پایداری تک‌متغیره از جمله پارامترهای واریانس محیطی Si^2 (Rommer, 1917)، ضریب تغییرات محیطی CV_i (Francis and Kannenberg, 1978) واریانس پایداری شوکلا σi^2 (Shukla, 1972)، اکووالانس ریک Wi^2 (Wricke, 1962)، ضریب رگرسیون ابرهارت و راسل، S_d^2: (Eberhart and Russell, 1966) روش پلاستد و پترسون θ_i (Plaisted and Peterson, 1959)، روش پلاستد $\theta_{(i)}$ (Plaisted, 1960) و سه آماره برآورد شده از مدل چندمتغیره AMMI شامل: IPCA1 و IPCA2 به‌همراه پارامتر ارزش پایداری امی (ASV) از رابطه پرکاس (Purchase, 1997) برآورد گردید.

به‌منظور تجزیه AMMI ابتدا ماتریس انحراف حاصل از اثرات جمع‌پذیر (ماتریس GE) محاسبه و سپس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی یک‌بار بر روی ماتریس GE برای ژنوتیپ‌ها و بار دیگر بر روی ماتریس GE برای محیط‌ها انجام شد. مدل آماری AMMI به‌صورت زیر در نظر گرفته شد (Gauch and Zobel, 1996):

$$Y_{ij} - \mu - G_i - \beta_j = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{1j} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{2j} + \varepsilon_{ij}$$

در رابطه بالا، Y_{ij} میانگین i امین ژنوتیپ در j امین محیط، μ میانگین کل، β_j اثر محیط jام، G_i اثر ژنوتیپ i ام، λ_1 و λ_2 به‌ترتیب مقادیر منفرد اولین و دومین مؤلفه اصلی (PC_1 و PC_2)، ξ_{i1} و ξ_{i2} به‌ترتیب بردارهای ویژه محیط j ام برای PC_1 و PC_2 و $\eta 1\ j$ و $\eta 2\ j$ به‌ترتیب بردارهای ویژه محیط j ام برای PC_1 و PC_2 می‌باشند. به‌منظور مطالعه پارامتر ارزش پایداری امی (ASV) رابطه زیر مورد استفاده قرار گرفت (Purchase *et al.*, 2000):

$$ASV=\sqrt{\left[\frac{SS_{IPCA1}}{SS_{IPCA2}}(\text{IPCA1 score})^2+(\text{IPCA2 score})^2\right]}$$

در رابطه فوق SS_{IPCA1} و SS_{IPCA2} به‌ترتیب مجموع مربعات مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل اول و دوم و *IPCA1* و *IPCA2* به‌ترتیب مقدار مؤلفه اصلی اول و دوم اثر متقابل مربوط به یک از ژنوتیپ‌ها می‌باشند. در پارامتر ASV، پایدارترین ارقام، کمترین مقدار ASV را دارا می‌باشند. اجزای ژنوتیپی و محیطی اثر متقابل توسط بای‌پلات مورد بررسی قرار گرفتند. برای انجام تجزیه واریانس و آزمون بارتلت از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ استفاده شد و تجزیه AMMI و سه آماره مربوط به آن و رسم بای‌پلات‌های مربوطه نیز با استفاده از نرم‌افزار IRRSTAT انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه برای ۲۵ ژنوتیپ مورد مطالعه در شش محیط در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها، محیط‌ها و برهم‌کنش G × E در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت. معنی‌دار بودن اثر محیط بیانگر این است که محیط‌ها از نظر عملکرد ژنوتیپ‌ها با هم اختلاف دارند. در حالی‌که معنی‌دار بودن برهم‌کنش G × E نشان دهنده آن است که واکنش ژنوتیپ‌ها به محیط‌های مورد بررسی متفاوت بوده و این امر بیانگر تفاوت در عملکرد ژنوتیپ‌ها از محیطی به محیط دیگر می‌باشد.

واریانس توجیه شده توسط محیط، ژنوتیپ و برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط به‌ترتیب ۳۸/۷۵، ۹/۷۹ و ۲۵/۴۵ درصد بود. بنابراین سهم برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط بیشتر از دو برابر سهم ژنوتیپ بود که نشان دهنده پاسخ متفاوت ژنوتیپ‌ها به محیط‌ها می‌باشد (جدول ۳).

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-05-06]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.1.1.8]
[DOI: 10.52547/pgr.7.1.2]

جدول ۱- شماره و کد ژنوتیپ‌های گندم نان

Table 2. Entry number and code of bread wheat genotypes

شماره ژنوتیپ Genotype No.	کد ژنوتیپ Genotype code	منشأ Origin	شماره ژنوتیپ Genotype No.	کد ژنوتیپ Genotype code	منشأ Origin
G1	Wc-4924	Iran	G14	Wc-4994	Iran
G2	Wc-4582	Iran	G15	Pishgam (check2)	Iran
G3	Wc-4592	Iran	G16	Wc-47583	Iran
G4	Wc-47341	Iran	G17	Wc-47522	Iran
G5	Wc-4965	Iran	G18	Wc-47569	Iran
G6	Wc-4840	Iran	G19	Wc-47399	Iran
G7	Wc-4958	Iran	G20	Wc-47638	Iran
G8	Pishtaaz (check1)	Iran	G21	Wc-47640	Iran
G9	Wc-4600	Iran	G22	Wc-47467	Iran
G10	Wc-4987	Iran	G23	Wc-4553	Iran
G11	Wc-47615	Iran	G24	Wc-4583	Iran
G12	Wc-4612	Iran	G25	Wc-4554	Iran
G13	Wc-5001	Iran	-	-	-

جدول ۲- وضعیت اقلیمی ایستگاه کرمانشاه طی سال‌های زراعی ۹۷-۱۳۹٤

Table 2. Climate conditions of Kermanshah Research Station during 2015-2018

سال Year	فصل Season	دما (سانتی‌گراد) Temperature (°C)			بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)	تبخیر (میلی‌متر) Evaporation (mm)
		متوسط Average	حداکثر Maximum	حداقل Minimum		
۱۳۹٤-۱۳۹۵ 2015-2016	پاییز Autumn	11.9	29.2	-0.3	260.5	89.5
	زمستان Winter	6.2	16.4	-0.2	176.2	0
	بهار Spring	19.2	35.2	4.6	60.3	245.6
۱۳۹۵-۱۳۹٦ 2016-2017	پاییز Autumn	12.1	28.2	-2	15.7	110.7
	زمستان Winter	4.3	14.8	-3	224.2	0
	بهار Spring	16.2	31.3	4	216.2	144.6
۱۳۹٦-۱۳۹۷ 2017-2018	پاییز Autumn	11.9	27.9	-2.2	44	133.5
	زمستان Winter	7.6	17	-0.1	152.4	0
	بهار Spring	18.3	32.9	6.2	347.6	188.9

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه برای ۲۵ ژنوتیپ گندم در ٦ محیط

Table 3. Combined analysis of variance in 6 environments for 25 wheat genotypes

منابع تغییرات	S O V	درجه آزادی D.F.	میانگین مربعات Mean of square	درصد مجموع مربعات Percent to total sum of square
محیط	Environment (E)	5	736871.1**	38.75
تکرار در محیط	Rep/Environment	12	15291.7	2.36
ژنوتیپ	Genotype (G)	24	41862.8**	9.79
ژنوتیپ × محیط	G × E	120	20665.9**	25.45
خطا	Error	288	7307.4	23.65

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

**: Significant at 1% probability level

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-05-06]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.1.1.8]

[DOI: 10.52547/pgr.7.1.2]

در این رابطه فرشادفر و همکاران (Farshadfar *et al.*, 2011) با بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط اظهار داشتند که بخش عمده تنوع کل مربوط به محیط و پس از آن مربوط به برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط می‌باشد.

تجزیه پایداری تک‌متغیره: بررسی میزان پایداری ژنوتیپ‌ها با استفاده از پارامتر واریانس محیطی (S^2i) نشان داد که سه ژنوتیپ ۱۵، ٦ و ۷ کمترین مقادیر از این پارامتر را دارا بودند (جدول ٤) و ژنوتیپ‌های ۸، ۱۳ و ۱۷ در رتبه‌های بعدی قرار داشتند و بیشترین مقدار از این پارامتر مربوط به ژنوتیپ‌های ۱۱، ۱٦، ۱۹، ۲۱ و ۲۳ بود که بیانگر نوسان عملکرد این ژنوتیپ‌ها و پایداری کم آن‌ها در محیط‌های مورد آزمایش بود. توسط برآورد پارامتر ضریب تغییرات (CV_i) مشخص شد که ژنوتیپ‌های ۱۵، ۸، ۵، ٦ و ۷ با توجه به مقادیر پایین این پارامتر از پایداری بیولوژیکی و انعطاف‌پذیری بالایی برخوردار بودند. بنابراین به‌استثنای ژنوتیپ ۵ که از میانگین عملکرد پایین‌تری نسبت به متوسط عملکرد کل برخوردار بود، سایر ژنوتیپ‌ها توسط پارامتر ضریب تغییرات محیطی به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار معرفی شدند. از طرفی ژنوتیپ‌های ۲۰، ۲۱، ۱۱ و ۱۹ با داشتن بالاترین مقادیر از پارامتر ضریب تغییرات به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند. بنابراین با توجه به نتایج حاصل از پایداری تیپ I بهترین ژنوتیپ‌ها با سازگاری عمومی، سه ژنوتیپ شماره ۷، ٦ و ۱۵ به‌ترتیب با میانگین عملکرد ٤/۱٦، ٤/۱۸ و ٤/۳۲ تن در هکتار بودند.

دو پارامتر واریانس پایداری شوکلا و اکووالانس ریک درواقع بیانگر پایداری تیپ II لین و همکاران (Lin and Binns, 1986) می‌باشند. بر اساس نتایج حاصل از این دو پارامتر، چهار ژنوتیپ ۸، ۲٤، ۷ و ٦ از کم‌ترین مقادیر اکووالانس و واریانس اثر متقابل برخوردار بودند. سه ژنوتیپ ۱۰، ۲۱ و ۲۰ اگرچه از نظر پتانسیل عملکرد در حد مطلوبی بودند اما از نظر پارامترهای اکووالانس و واریانس، بالاترین رتبه‌ها را داشتند و این سه ژنوتیپ جایگاه مناسبی را از نظر پایداری کسب نکردند. این امر را می‌توان به نوسانات بالای عملکرد این ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مورد بررسی نسبت داد. بنابراین، این ژنوتیپ‌ها می‌توانند نسبت به محیط‌هایی خاص از سازگاری خصوصی برخوردار باشند. در کل نتایج حاصل از رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها از نظر دو پارامتر واریانس پایداری و اکووالانس ریک نشان داد که این دو پارامتر از نظر نتیجه کاملاً مشابه می‌باشند و می‌توان ترجیحاً از یکی از این دو پارامتر استفاده نمود. این موضوع با نتایج زالی و همکاران (Zali *et al.*, 2012) کاملاً مطابقت دارد. جهرمی و همکاران (Jahromi *et al.*, 2011) نیز در مطالعات خود با بررسی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های امیدبخش گندم دوروم به این نکته اشاره نمودند که اکووالانس و واریانس پایداری از نظر درجه‌بندی ژنوتیپ‌ها دارای ارزش یکسانی می‌باشند.

شیب خط رگرسیون عملکرد رقم بر روی شاخص محیطی از ۰/۵۷ برای ژنوتیپ ۵ تا ۱/۸۹ برای ژنوتیپ ۲۰ متغیر بود (جدول ٤). بر اساس پیشنهاد فینلی و ویلکینسون ارقامی دارای پایداری بیولوژیکی هستند که داری شیب خط رگرسیون صفر باشند. بنابراین ژنوتیپ‌های ۵، ۱۵، ۱۸، ۸ و ۳ پایداری بیولوژیکی مناسب‌تری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها را نشان دادند ولی طبق نظر ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966) ارقامی از نظر زراعی پایدار هستند که شیب خط رگرسیون نزدیک به یک داشته باشند. بر اساس این پیشنهاد، ژنوتیپ‌های ۱۷، ۱۹ و ۱٦ به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها معرفی شدند. ابرهارت و راسل علاوه بر شیب خط رگرسیون به واریانس انحراف از رگرسیون نیز توجه نمودند و اعلام کردند ارقامی که واریانس انحراف از رگرسیون صفر یا نزدیک به صفر داشته باشند، پایدار می‌باشند. بر این اساس ژنوتیپ‌های شماره ۱۸، ۱۵، ٦، ۷ و ۲٤ به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها و سه ژنوتیپ ۱۰، ۲۱ و ۱۹ به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها توسط این پارامتر معرفی شدند.

زارعی و همکاران (Zaire *et al.*, 2012) در مقایسه روش‌های مختلف ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط تنش خشکی، بین روش‌های اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا و انحراف از رگرسیون، همبستگی معنی‌داری مشاهده نمودند. در مقایسه روش‌های آماری برای توصیف اثر متقابل GE، همبستگی معنی‌داری بین روش‌های ابرهارت و راسل با واریانس شوکلا و اکووالانس ریک مشاهده گردید (Albert,

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-05-06]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.1.1.8]
[DOI: 10.52547/pgr.7.1.2]

2004). در روش پلاستد و پترسون ژنوتیپ‌های شماره ۸ (پیشتاز)، ۷، ٦، ۱۵ و ۲٤ به‌عنوان واریته‌های برتر از نظر پایداری انتخاب شدند؛ زیرا از مقادیر پایین θ_i برخوردار بودند. بدین معنی که این ژنوتیپ‌ها سهم کمتری در برهم‌کنش GE داشتند. ولی به‌دلیل پایین بودن عملکرد ژنوتیپ ۲٤ از میانگین کل عملکرد فقط ژنوتیپ‌های ۷، ۸، ٦ و ۱۵ که دارای میانگین عملکرد بالاتری از میانگین کل بودند، به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها با توجه به این آماره در این بررسی انتخاب شدند. در روش پلاستد واریانس اثر متقابل باقیمانده $\theta_{(i)}$ در برگیرنده مقادیر زیاد می‌باشد، بنابراین ژنوتیپ‌های ۸، ۷، ٦، ۱۵ و ۲٤ به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی انتخاب شدند که سهم کمتری در برهم‌کنش اثر متقابل را داشتند؛ اما به‌دلیل پایین بودن میانگین عملکرد ژنوتیپ ۲٤ از میانگین کل عملکرد، فقط ژنوتیپ‌های ۸، ٦، ۷ و ۱۵ که دارای عملکرد مطلوبی بودند به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها معرفی شدند (جدول ٤).

تجزیه پایداری چندمتغیره: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس مدل AMMI نشان داد که منابع تغییرات ژنوتیپ، محیط و برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط (G × E) به‌همراه سه مؤلفه اصلی اثر متقابل برای سه سال آزمایش در سطح احتمال آماری ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). به‌منظور تجزیه برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط و بررسی پایداری ژنوتیپ‌های از مدل AMMI استفاده شد. به این صورت که ابتدا تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر روی ماتریس باقیمانده صورت گرفت. نتایج حاصل نشان داد که مؤلفه‌های اصلی اول (IPCA1)، مؤلفه اصلی دوم (IPCA2) و مؤلفه اصلی سوم (IPCA3) به‌ترتیب ٥٦/٥، ۱۷/۸ و ۱۱/٤۱ درصد از مجموع مربعات برهم‌کنش را به خود اختصاص دادند. به‌طوری که این سه مؤلفه در مجموع ۸۵/۷ درصد از مجموع مربعات برهم‌کنش را توجیه نمودند. مؤلفه چهارم غیر معنی‌دار بود و واریانس توجیه شده توسط این مؤلفه بسیار ناچیز بود. در این رابطه برخی محققین اظهار داشتند که مدل مناسب، مدلی است که در آن فقط دو مؤلفه اصلی معنی‌دار شوند؛ به‌عبارت دیگر سایر مؤلفه‌ها واریانس کمتری را به خود اختصاص داده باشند (Katsura *et al*., 2016; Kandus *et al*., 2010).

در بررسی ژنوتیپ‌ها از نظر اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل (IPCA1)، ژنوتیپ‌های شماره ۸، ۱۵، ۲٤ و ۱۷ کمترین مقادیر (مثبت یا منفی) این مؤلفه را به خود اختصاص دادند. بنابراین این ژنوتیپ‌ها از پایداری عملکرد بالایی برخوردار بودند و برای کاشت منطقه مورد بررسی مناسب تشخیص داده شدند (جدول ٦). در مقابل، ژنوتیپ‌های شماره ۲۱، ۲۰، ۱۰ و ۱۱ از بیشترین مقادیر مؤلفه اول اثر متقابل (IPCA1) بودند. برای استفاده هم‌زمان از اطلاعات دو مؤلفه اصلی از ارزش پایداری AMMI (ASV) استفاده شد. در روش ASV ژنوتیپ‌هایی پایدار شناخته می‌شوند که کمترین مقادیر از این پارامتر را به خود اختصاص دهند. بسیاری از محققین در بررسی برهم‌کنش GE پارامتر ASV را به‌علت دقت بیشتر نتایج به‌عنوان یک پارامتر مهم معرفی نموده‌اند. از آنجا که ASV تمامی مؤلفه‌های معنی‌دار را در برمی‌گیرد، نسبت به نمودار بای‌پلات که در برگیرنده دو مؤلفه اول است، اعتبار بیشتری دارد است (Ghodrati-Niari and Abdolshahi, 2014; Trethowan *et al*., 2003). در این بررسی، ژنوتیپ‌های شماره ۸، ۲٤، ۷ و ۱۵ با کمترین ASV به‌ترتیب با مقادیر ۰/۸، ۱/۷، ۲/۸ و ۳/۵ پایدارترین ژنوتیپ‌ها در بین ۲۵ ژنوتیپ مورد مطالعه بودند. در روش استفاده از پارامتر ضریب تغییرات محیطی (*CVi*) نیز این ژنوتیپ‌ها از کمترین مقادیر این پارامتر برخوردار بودند و به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته‌شده بودند.

در این رابطه، یان و همکاران (Yan and Hunt, 2001) نشان دادند که تجزیه AMMI به‌همراه ضریب تغییرات محیطی (*CVi*) به‌طور یکسان در مشخص نمودن الگوی پایداری ژنوتیپ‌ها در آزمایش‌های ناحیه‌ای عمل می‌کنند. همچنین ژنوتیپ‌های ۲۱، ۱۰، ۱۱، ۲۰ و ۱۹ با بیشترین ASV به‌ترتیب با مقادیر ۲۰/۳، ۱۷/٤، ۱٦/۷، ۱۵/٤ و ۱۵/۱ به‌عنوان ژنوتیپ‌های با بالاترین اثر متقابل شناخته شدند (جدول ٦). از طرفی این ژنوتیپ‌ها بالاترین مقادیر

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-05-06]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.1.1.8]
[DOI: 10.52547/pgr.7.1.2]

ضریب تغییرات محیطی (*CVi*) را به خود اختصاص داده و به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناسایی‌شده بودند. اگرچه ژنوتیپ‌های ۲۱، ۱۰، ۱۱، ۲۰ و ۱۹ از پتانسیل عملکرد مناسبی برخوردار بودند، ولی در مواجه با شرایط محیطی مختلف، عملکرد آن‌ها به‌علت عدم پایداری مناسب به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد. بنابراین ژنوتیپ‌های مذکور می‌توانند سازگاری خصوصی به شرایط مساعد را داشته باشند.

جدول ٤- مقادیر آماره‌های پارامتری پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان در سه سال اجرای پژوهش

Table 4. Parametric Stability statistics for grain yield of wheat genotype over three years of experiments

ژنوتیپ Genotype	Si^2	W_i^2	σ^2_i	s^2d_i	b_i	CVi	$\theta_{(i)}$	θ_i
G1	6.20	20082.56	4066.14	2730.42	0.86	29.82	7009.42	5687.60
G2	4.60	32830.51	6837.43	4308.34	1.23	34.14	6893.95	7015.51
G3	6.60	15080.26	2978.68	1781.21	0.77	30.63	7054.73	5166.53
G4	6.20	16787.67	3349.85	2320.75	0.90	31.63	7039.27	5344.38
G5	6.21	18736.20	3773.45	1323.89	0.57	20.41	7021.62	5547.35
G6	2.20	9382.62	1740.06	1134.95	0.83	22.15	7106.34	4573.02
G7	2.25	9002.88	1657.51	1193.99	0.89	23.62	7109.78	4533.47
G8	3.20	7148.69	1254.42	315.65	0.69	18.89	7126.58	4340.32
G9	6.40	35409.84	7398.15	4910.18	0.86	30.65	6870.59	7284.19
G10	5.00	90802.43	19440.02	11977.31	1.37	39.55	6368.84	13054.2
G11	7.60	67200.20	14309.10	9403.63	1.16	44.30	6582.63	10595.6
G12	5.40	13745.83	2688.59	1670.42	1.20	37.18	7066.82	5027.52
G13	2.80	17933.86	3599.03	1702.70	1.34	32.67	7028.89	5463.78
G14	5.40	24939.94	5122.09	3429.89	1.14	34.09	6965.42	6193.58
G15	1.80	10949.68	2080.73	410.10	0.60	15.05	7092.15	4736.26
G16	7.20	60214.61	12790.49	8548.90	1.09	40.91	6645.91	9868.02
G17	3.00	15081.67	2978.99	2021.42	1.14	29.76	7054.72	5166.67
G18	5.60	32798.69	6830.51	3833.14	0.66	24.72	6894.24	7012.19
G19	7.20	70841.84	15100.76	9854.36	1.19	43.20	6549.65	10975.02
G20	5.00	88943.67	19035.94	7005.08	1.89	46.08	6385.68	12860.6
G21	7.00	97791.61	20959.41	13959.74	0.96	41.82	6305.54	13782.2
G22	6.00	13244.72	2579.65	1715.72	1.16	40.67	7071.36	4975.32
G23	7.60	28434.12	5881.69	3733.11	0.79	32.63	6933.77	6557.55
G24	5.00	8193.35	1481.52	911.30	0.81	28.14	7117.11	4449.14
G25	4.60	21425.46	4358.07	3011.85	0.92	27.47	6997.26	5827.48

Si^2: واریانس محیطی، W_i^2: اکووالانس ریک، σ^2_i: واریانس پایداری شوکلا، s^2d_i: مربعات انحراف از رگرسیون ابرهارت و راسل، b_i: ضریب رگرسیون فینلی و ویلکینسون، CVi: ضریب تغییرات، $\theta_{(i)}$: آماره پلستید و پترسون، θ_i: آماره پلاستد

S_id^2: Environmental variation, Wi^2: Wrick´ s ecovalence, σ^2_i: Shuklas stability variance, s^2d_i: Deviation from regression slope, b_i: Regression slope, CVi: Coefficient, $\theta_{(i)}$: Plaisted and Peterson, θ_i: Plaisted

جدول ٥- تجزیه AMMI برای ارزیابی پایداری ۲۵ ژنوتیپ گندم در ٦ محیط

Table 5. AMMI analysis of variance for evaluating stability of 25 wheat genotypes in six environments

منابع تغییرات	S.O.V	درجه آزادی d.f.	میانگین مربعات MS	درصد توجیهی Explained Percent	درصد تجمعی Cumulative Percent
ژنوتیپ	Genotype (G)	24	13313.7**	–	–
محیط	Environment (E)	5	253698**	–	–
ژنوتیپ × محیط	G × E	120	6891.6**	–	–
مؤلفه اصلی اول	IPCA1	28	17998.8**	56.5	56.5
مؤلفه اصلی دوم	IPCA2	26	6166.4**	17.8	74.3
مؤلفه اصلی سوم	IPCA3	24	4292.4**	11.41	85.7
مؤلفه اصلی چهارم	IPCA4	22	1746ns	4.2	89.9

ns و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

ns and **: Non-Significant and significant at 1% level of probability, respectively

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-05-06]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.1.1.8]

[DOI: 10.52547/pgr.7.1.2]

جدول ٦- مقادیر مؤلفه‌های اصلی و پارامتر ارزش پایداری لاین‌های مورد مطالعه در روش امی

Table 6. Principal component scores and AMMI stability values for studied lines using AMMI method

کد لاین Line code	شماره لاین Line No.	میانگین عملکرد دانه (تن در هکتار) Mean grain yield (tha^{-1})	مؤلفه اصلی اول IPCA1	مؤلفه اصلی دوم IPCA2	مؤلفه اصلی سوم IPCA3	پارامتر ارزش پایداری ASV	رتبه پارامتر ارزش پایداری ASV rank
WC-4924	G1	3.5735 a-d	-3.36	-3.55	-0.15	6.92	11
Wc-4582	G2	4.2822 cde	-6.03	0.82	0.35	10.92	17
Wc-4592	G3	3.0206 a	-3.87	2.34	-0.14	7.24	12
Wc-47341	G4	3.3966 a-d	-2.30	-4.09	-0.19	5.78	8
Wc-4965	G5	3.5086 a-d	-3.16	-2.23	-0.55	6.03	9
Wc-4840	G6	4.2002 b-e	2.39	2.07	-0.21	4.71	6
Wc-4958	G7	4.1612 be	1.49	-1.09	-0.22	2.86	3
Pishtaaz	G8	3.8949 a-e	-0.38	-0.56	-0.34	0.88	1
Wc-4600	G9	3.9061a-e	-6.45	-3.63	-0.12	11.99	19
Wc-4987	G10	4.7866 d	-9.69	2.91	0.73	17.41	24
Wc-47615	G11	3.7048 a-e	9.46	-0.81	-0.32	16.77	23
Wc-4612	G12	3.4126 a-d	4.45	-0.53	0.21	7.90	13
Wc-5001	G13	4.4063 de	-3.38	1.08	0.50	6.09	10
Wc-4994	G14	4.0133a-e	-5.61	0.31	0.24	9.94	16
Pishgam	G15	4.3280de	-1.02	2.45	-0.47	3.05	4
Wc-47583	G16	3.7816a-e	3.28	-11.3	-0.80	12.72	20
Wc-47522	G17	4.2399 b-e	-1.53	-4.60	0.19	5.34	7
Wc-47569	G18	3.9951a-e	-2.03	7.76	-0.33	8.55	14
Wc-47399	G19	3.8882a-e	6.32	10.15	0.24	15.11	21
Wc-47638	G20	4.0403a-e	8.64	-1.81	1.00	15.41	22
Wc-47640	G21	4.0681a-e	11.50	0.003	-0.23	20.36	25
Wc-47467	G22	3.1068 ab	1.70	2.29	0.14	3.79	5
Wc-4553	G23	3.2844 a-d	-6.20	0.50	-0.17	10.99	18
Wc-4583	G24	3.1781abc	0.60	1.40	-0.13	1.76	2
Wc-4554	G25	4.1133 a-e	5.20	0.12	-0.22	9.20	15

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan multiple range test.

تجزیه پایداری عملکرد ممکن است به‌تنهایی سودمند نباشد. زیرا در عمل، ارقامی مورد استقبال واقع می‌شوند که دارای عملکرد بالایی باشند. از این‌رو شاخص‌های پایداری در کنار عملکرد دانه سنجیده می‌شوند تا بتوان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا را گزینش نمود. برای درک بهتر این موضوع، بای‌پلات شکل ۱ رسم گردید. در شکل ۱ خط افقی در میانه نمودار بای‌پلات، میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها طی سه سال آزمایش را نشان می‌دهد. بر این اساس ژنوتیپ‌های ۱۰، ۲۰، ۱۳، ۱۵، ۲، ۱۷، ٦، ۷، ۲۵، ۲۱، ۱۸، ٤، ۹ و ۸ به‌ترتیب بیشترین تا کمترین میانگین عملکرد بالاتر از متوسط را به خود اختصاص دادند. با توجه به نمودار شکل ۱ ژنوتیپ‌های ۱۰ و ۳ به‌ترتیب از بیشترین و کمترین پتانسیل تولید دانه برخوردار بودند. محور عمودی در نمودار بای‌پلات بیانگر IPCA = 0 (AMMI = 0) می‌باشد. نمره IPCA درواقع پراکنش ژنوتیپ‌ها در نمودار بای‌پلات را نشان می‌دهد. ژنوتیپ‌هایی که نمره IPCA در آن‌ها نزدیک به صفر باشد (ژنوتیپ‌های مرکز بای‌پلات) از حداقل اثر متقابل برخوردار بوده و پایدارترند. بر این اساس ژنوتیپ‌های ۸، ۱۸، ۱۷، ۱۵، ٦ و ۷ دارای پایین‌ترین اثر متقابل بوده و پایداری بالاتری از خود نشان دادند.

شکل ۲ بای‌پلات مؤلفه‌های اصلی اول و دوم (IPCA1 و IPCA2) اثر متقابل را برای ۲۵ ژنوتیپ مورد مطالعه نشان می‌دهد. این بای‌پلات در مجموع ۸۰/۳ درصد از

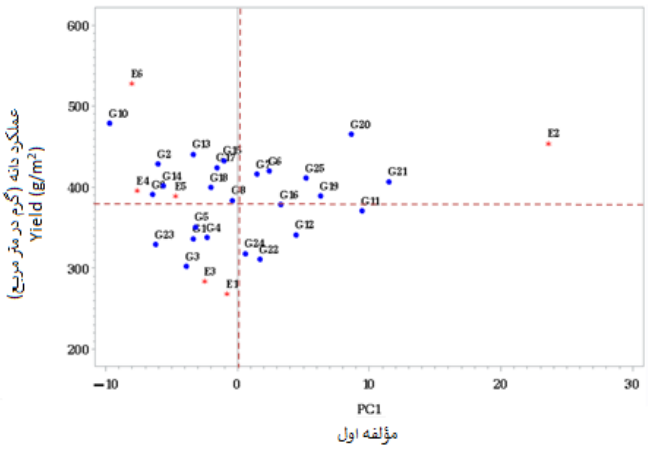
[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-05-06]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.1.1.8]

[DOI: 10.52547/pgr.7.1.2]

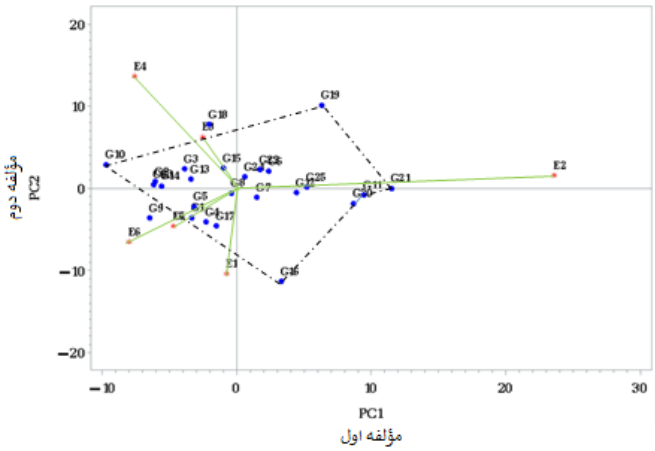
اطلاعات مربوط به برهم‌کنش GE را توجیه نمود. بنابراین مهم‌ترین مزیت این نمودار تفسیر اثرات اصلی و متقابل می‌باشد. بر اساس نتایج حاصل از بای‌پلات شکل ۲ ژنوتیپ‌های ۱۰، ۱۶، ۱۱، ۲۰ و ۲۱ دارای اثرات متقابل بزرگ و ناپایدار بودند. در مقابل، ژنوتیپ‌های ۷، ۸، ۲۴ و ۱۵ از اثر متقابل کمتری برخوردار بوده و پایداری بیشتری را نشان دادند. به‌عبارت دیگر، این ژنوتیپ‌ها واکنش چندانی نسبت به محیط‌های مورد بررسی از خود نشان ندادند. در بین این ژنوتیپ‌ها، سه ژنوتیپ ۷، ۸ (پیشتاز) و ۱۵ به‌علت داشتن میانگین عملکرد بالاتر از میانگین کل، به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی با سازگاری عمومی مناسب تشخیص داده شدند. در بررسی سازگاری خصوصی و انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب برای مکان‌های مورد آزمایش، ژنوتیپ‌های ۱۰، ۱۶، ۱۱، ۲۰ و ۲۱ که با توجه به شکل ۲ در رئوس چندضلعی (Polygon) قرار گرفته بودند، از بیشترین مقدار پاسخ‌دهی به مکان‌های مناسب خود برخوردار بودند و سازگاری خصوصی مناسبی را نشان دادند. در این پژوهش، نتایج حاصل از نمودار بای‌پلات با نتایج ارزش پایداری امی کاملاً مطابقت داشت. قدرتی‌نیاری و همکاران (Ghodrati-Niari and Abdolshahi, 2014) گزارش نمودند که نتایج نمودار بای‌پلات و ارزش پایداری امی (ASV) با هم مطابقت دارند. همچنین آن‌ها اظهار نمودند که چنانچه بین نتایج حاصل از نمودار بای‌پلات و ارزش پایداری امی (ASV) اختلافی وجود داشته باشد، ارزش پایداری امی (ASV) از اعتبار بالاتری برخوردار است. به‌منظور بررسی دقیق‌تر پایداری ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، تجزیه خوشه‌ای (کلاستر) بر مبنای مقادیر حاصل از ارزش پایداری امی (ASV) انجام گرفت (شکل ۳). بر این اساس، ژنوتیپ‌های مورد بررسی به سه گروه تقسیم‌بندی شدند. گروه اول شامل ژنوتیپ‌های شماره ٤، ٥، ١٧، ١، ٣، ١٢ و ١٣ بود که ژنوتیپ‌های موجود در این گروه مقادیر متوسطی از ارزش پایداری امی (ASV) را داشتند. گروه دوم شامل ژنوتیپ‌های ٢٢، ٢٤، ٨، ٧، ١٥ و ٦ بود که این ژنوتیپ‌ها از کمترین مقادیر ارزش پایداری امی (ASV) برخوردار بودند و به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها در این بررسی شناخته شدند و گروه سوم شامل ژنوتیپ‌های شماره ١٠، ١١، ٢، ٩، ١٩، ٢٠، ٢١، ٢٣، ٢٥، ١٤، ١٦ و ١٨ بود که این ژنوتیپ‌ها از بالاترین مقادیر ارزش پایداری امی (ASV) برخوردار بودند و به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها در این بررسی شناخته شدند. بنابراین نمودار تجزیه خوشه‌ای و نمودار بای‌پلات نتایج مشابهی را از نظر گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها پایدار و ناپایدار در این بررسی نشان دادند.

در مجموع، مهم‌ترین چالش در بین به‌نژادگران و متخصصان به‌زراعی، پدیده اثر متقابل ژنوتیپ در محیط (GE) می‌باشد. زیرا این عامل باعث کاهش ارتباط بین ارزش ژنوتیپ و فنوتیپ شده و کارایی انتخاب را کاهش می‌دهد.



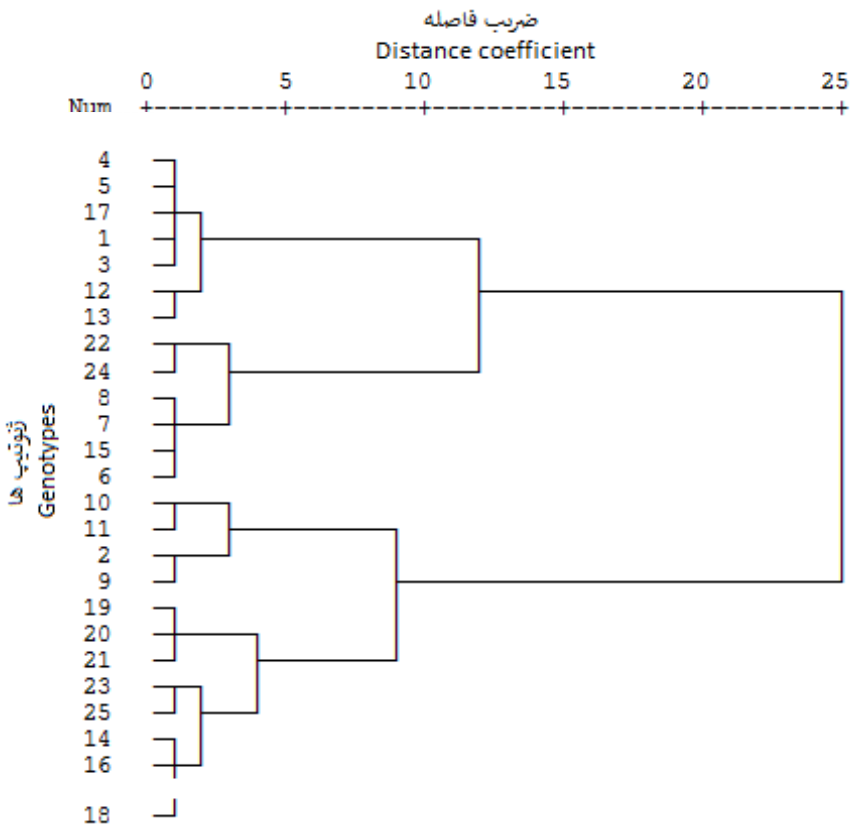
شکل ۱- بای‌پلات میانگین ژنوتیپ‌ها و اولین مؤلفه اصلی برای ژنوتیپ‌ها و مکان‌های مورد بررسی
Figure 1. Mean yield biplot of genotypes locations with first principal corresponding principal component

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-05-06]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.1.1.8]
[DOI: 10.52547/pgr.7.1.2]



شکل۲- بای‌پلات AMMI دو مؤلفه اول برای برهم‌کنش ژنوتیپ‌ها و محیط‌های مورد بررسی

Figure 2. Biplot of AMMI model of first two principal components for interaction between the genotypes and environments



شکل ۳- تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های گندم نان بر اساس ارزش پایداری امی (ASV)

Figure 3. Cluster analysis of bread wheat genotypes based on AMMI stability values (ASV)

بنابراین با توجه به این مسئله نیاز است ارقامی به کشاورزان معرفی شود که علاوه‌بر عملکرد بالا از پایداری مناسبی برخوردار باشند. در مجموع، نتایج این پژوهش نشان داد که بر اساس اکثر روش‌های تجزیه پایداری، به‌خصوص روش‌هایی که توسط آن‌ها پایداری بر اساس اثر متقابل ژنوتیپ در محیط (GE) بررسی می‌شوند، مانند اکووالانس ریک، واریانس شوکلا و ارزش پایداری امی (ASV)، ژنوتیپ‌های ٦، ٧، ٨ (پیشتاز) و ١٥ (پیشگام) به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار و

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-05-06]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.1.1.8]
[DOI: 10.52547/pgr.7.1.2]

پرمحصول برای منطقه هدف شناسایی و معرفی می‌شوند. ژنوتیپ شماره ۸ (پیشتاز) با وجود داشتن رتبه اول از نظر پارامترهای مورد بررسی و به‌واسطه داشتن خاصیت نانوایی مناسب و مقاومت به خشکی به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ قابل معرفی می‌باشد. از طرفی ژنوتیپ‌های ۱۰، ۱۱، ۱۶، ۲۰ و ۲۱ بر اساس روش‌های تجزیه پایداری (تک‌متغیره و چندمتغیره) علی رقم عملکرد متوسط از بالاترین میزان برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط برخوردار بوده و به لحاظ ناپایداری بالا قابل معرفی نمی‌باشند.

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاران گروه زراعت و اصلاح‌نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه و هم‌چنین تکنسین‌های دخیل در این پروژه تحقیقاتی که نهایت همکاری را در فراهم آوردن امکانات لازم در اجرای این تحقیق به‌عمل آوردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Adugna, W. and Labuschagne, M.T. (2006). Parametric and non-parametric measures of phenotypic stability in linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Euphytica*, **129:** 211-218.

Aghaee-Sarbarzeh, M., Rostaee, M., Mohammadi, R., Haghparast, R. and Rajabi, R. (2009). Determination of drought tolerant genotypes in bread wheat. *Electronic Journal of Crop Production*, **2:** 1-23 (In Persian).

Albert, J.A. (2004). A comparison of statistical methods to describe genotype × environment interaction and yield stability in multi-location maize trials. M.Sc. Thesis, University of the Free State, Bloemfontein, South Africa.

Amini, A., Vahabzadeh, M., Afiuni, D., Saberi, M.H. and Tabatabaei, M.T. (2008). Study of adaptation and grain yield stability of wheat genotypes in salt effected regions of Iran. *18th EUCARPIA General Congress*, Valencia, Spain.

Annicchiarico, P., Russi, L., Piano, E. and Veronesi, F. (2012). Cultivar adaptation across Italian locations in four turfgrass species. *Crop Science*, **46:** 564-272.

Annicchiarico, P. (2002). *Genotype × Environment Interactions: Challenges and Opportunities for Plant Breeding and Cultivar Recommendations*. Instituto Sperimentale per le Colture ForaggereLody, IT.

Becker, B. and Leon, J. (1988). Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding*, **101:** 1-23.

Bose, L.K., Jambhulkar, N.N. and Singh, O.N. (2014). Additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) analysis of grain yield stability in early duration rice. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, **24(6):** 1885-1897.

Ebdon, J.S. and Gauch, H.G. (2002). Additive main effect and multiplicative interaction analysis of national turf grass performance trials: II. Cultivar recommendations. *Crop Science*, **42:** 497-506.

Eberhart, S.A. and Russell, W.A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, **6:** 36-40.

Farshadfar, E., Mahmodi, N. and Yaghotipoor, A. (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.

Finlay, K.W. and Wilkinson, G.N. (1963). The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Australian Journal of Agricultural Research*, **14:** 742-754.

Francis, T.R. and Kannenberg, L.W. (1978). Yield stability studies in short season maize. descriptive method for grouping genotypes. *Canadian Journal of Plant Science*, **58:** 1026-1034.

Gauch, H.G. (1992). *Statistical Analysis of Regional Trials. AMMI Analysis of Factorial Designs*. Elsevier, Amsterdam, NL.

Gauch, H.G. and Zobel, R.W. (1996). AMMI Analysis of Yield Trials, In: Kang, M.S. and GauchJr, H.G., Eds., *Genotype by Environment Interaction*. pp. 50-80. CRC Press, Boca Raton, New York, USA.

Ghodrati-Niari, F. and Abdolshahi, R. (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(4):** 322-333 (In Persian).

Jahromi, H.M.A., Khodarahmi, M.M., Mohammadi, A.R. and Mohammadi, A. (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(3):** 565-579 (In Persian).

Jasemi, S.S., Naghipour, F., Sanjani, S., Esfandiyari, E., Khorsand, H. and Najafian, G. (2017). Evaluation of quality properties of four wheats (*Triticum aestivum* L.) cultivars in wheat producing provinces of Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences*, **19(2):** 102-115 (In Persian).

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-05-06]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.1.1.8]

[DOI: 10.52547/pgr.7.1.2]

Kandus, M., Almorza, D., Boggio Ronceros, R. and Salerno, J.C. (2010). Statistical models for evaluating the genotype-environment interaction in maize. *International Journal of Experimental Botany*, **79:** 39-46.

Katsura, K., Tsujimoto, Y., Oda, M., Matsushima, K.I., Inusah, B., Dogbe, W. and Sakagami, J.I. (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.

Lin, C.S. and Binns, M.R. (1986). A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian Journal of Plant Science*, **68:** 193-198.

Messina, C.D., Podlich, D., Dong, Z., Samples, M. and Cooper, M. (2011). Yield trait performance landscapes: from theory to application in breeding maize for drought tolerance. *Journal of Experimental Botany*, **62:** 855-868.

Mohammadi, R. and Amri, A. (2008). Comparison of parametric and non-parametric methods for selecting stable and adapted durum wheat genotypes in variable environments. *Euphytica*, **159(3):** 419-432.

Mohammadi, M., Karimizadeh, R., Hosseinpour, T., Ghojogh, H., Shahbazi, K. and Sharifi, P. (2018). Use of parametric and non-parametric methods for genotype × environment interaction analysis in bread wheat genotypes. *Plant Genetic Researches*, **4(2):** 75-88 (In Persian).

Martin, J. and Alberts, A. (2004). A comparison of statistical methods to describe x environment interction and yield stability in multlocation Maize trials. M.Sc. Thesis, University of the Free State, Bloemfontein, South Africa.

Mondal, S., Singh, R.P., Mason, E.R., Huerta-Espino, J., Autrique, E. and Joshi, A.K. (2016). Grain yield, adaptation and progress in breeding for early-maturing and heat-tolerant wheat lines in South Asia. *Field Crops Research*, **192:** 78-85.

Mustatea, P., Saulesu, N., Ittue, G., Paunescu, G., Voinea, L., Stere, I., Mirlogeana, S., Constantiescu, E. and Nastase, D. (2009). Grain yield and yield stability of winters wheat cultivars in contrasting weather conditions. *Romanian Agricultural Research*, **26:** 1-8.

Plaisted, R.L. (1960). A shorter method for evaluating the ability of selections to yield consistently over locations. *American Potato Journal*, **37:** 166-172.

Plaisted, R.L. and Peterson, L.C. (1959). A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. *American Potato Journal*, **36:** 381-385.

Purchase, J. (1997). Parametric analysis to describe genotype environment interaction and yield stability in winter wheat. Ph.D. Thesis, University of the Free State, Bloemfontein, South Africa.

Purchase, J.L., Hatting, H. and Vandeventer, C.S. (2000). Genotype × environment interaction of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in South Africa: II. Stability analysis of yield performance. *South African Journal of Plant and Soil*, **17(3):** 101-107.

Rommer, T.H. (1917). Sind die ertragreicheren sorten ertragssicherer. *DGL-Mitt*, **32:** 87-89.

Roustaie, M., Mohammadi, R. and Amri, A. (2014). Rank correlation among different statistical models in ranking of winter wheat genotypes. *The Crop Journal*, **2:** 154-163.

Safavi, S.M. and Bahraminejad, S. (2013). The evaluation of genotype × environment interactions for grain yield of oat genotypes using AMMI model. *Journal of Crop Breeding*, **9(22):** 125-132 (In Persian).

Sharifi, P., Aminpanah, H. Erfani, R., Mohaddesi, A. and Abbasian, A. (2017). Evaluation of genotype × environment interaction in rice based on AMMI model in Iran. *Rice Science*, **24(3):** 173-180.

Shukla, G.K. (1972). Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity*, **29:** 237-245.

Temesgen, T., Keneni, G., Sefera, T. and Jarso, M. (2015). Yield stability and relationships among stability parameters in faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. *The Crop Journal*, **3:** 258-268.

Trethowan, R.M., Van Ginkel, M., Ammar, K., Crossa, J., Payne, T.S., Cukadar, B., Rajaram, S. and Hernandez, E. (2003). Associations among twenty years of international bread wheat yield evaluation environments. *Crop Science*, **43:** 1698-1711.

Wricke, G. (1962). Uber eine methode zur erfassung der okologischen streubreite in feldversuchen. Z. *Pflanzenzuechtg*, **47:** 92-96.

Yan, W. and Hunt, L.A. (2001). Interpretation of genotype × environment interaction for winter wheat yield in Ontario. *Crop Science*, **41:** 656-663.

Zali, H., Farshadfar, E., Sabaghpour, S.H. and Karimizadeh, R. (2012). Evaluation of genotype × environment interaction in chickpea using measures of stability from AMMI model. *Annals of Biological Research*, **3(7):** 3126-3136.

Zarei, L., Farshadfar, E., Haghparast, R., Rajabi, R., Mohammadi-Sarab-Badieh, M. and Zali, H. (2012). Comparison of different methods of stability evaluation in bread wheat genotypes under drought stress conditions. *Electronic Journal of Crop Production*, **5:** 81-97 (In Persian).

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-05-06]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.1.1.8]

[DOI: 10.52547/pgr.7.1.2]

Evaluation of Stability and Adaption of Bread Wheat Genotypes Using Univariate Statistics Parameters and AMMI

Amir Mohammad Mahdavi[1], Nadali Babaeian Jelodar[2], Ezatollah Farshadfar[3] and Nadali Bagheri[4,*]

1- Ph.D. Student, Department of Plant Breeding, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
2- Professor, Department of Plant Breeding, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
3- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Razi, Kermanshah, Iran
4- Associate Professor, Department of Plant Breeding, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

(Received: December 18, 2019 – Accepted: May 26, 2020)

Abstract

In order to determine yield stability of 23 bread wheat genotypes and two commercial cultivars as check, an experiment was conducted based on a randomized complete block design with three replications in the experimental field of faculty of Agriculture, Razi University Kermanshah (Iran), during three cropping seasons (2015-2018). The results of combined ANOVA showed that the effect of environment, genotype and genotype × environment interactions on grain yield were significant ($P<0.01$). Stability was evaluated using environmental variance statistics, coefficient of variation, Wrick´s ecovalence, Shukla's stability variance, Regression slope, deviation from regression slope, Plaisted and Peterson method and AMMI model. Variance analysis of additive main effects and multiplicative (AMMI) showed that three IPCAs were significant at 1% probability level. The first three principal components justified a round 85.7% of the sum of square of the interaction. Also, AMMI stability value (ASV) was used for simultaneously using information obtained from two significant components of AMMI. According to ASV index, genotypes Pishgam, Wc-4958 and Pishtaaz had the lowest ASV value and were known as the most stable genotypes. Genotypes Wc-4987, Wc-47615, Wc-47399 and Wc-47638 had the highest ASV value and distance from the center of Bi-plot. Therefore, Pishtaaz is one of the most stable genotypes due to having the first rank in terms of studied parameters as well as proper bakery properties and desirable drought resistance. In general, regarding to the climate change in the country, especially in the rainfed conditions and based on the above statistics and the biplots derived from AMMI analysis, the Wc-4958 line, with pishtaaz and Pishgam cultivars as stable and adaptable genotypes, are suggested to rainfed conditions on the studied area.

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

[*] **Corresponding Author, E-mail: n.bagheri@sanru.ac.ir**

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-05-06]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.1.1.8]

[DOI: 10.52547/pgr.7.1.2]