"مجله علوم زراعی ایران"
جلد شانزدهم، شماره ٤، زمستان ۱۳۹۳

ارزیابی پایداری عملکرد دانه ٤٠ ژنوتیپ گندم نان (*Triticum aestivum* L.) با استفاده از روش آثار اصلی جمع‌پذیر و اثر متقابل ضرب‌پذیر (AMMI)

Evaluation of yield stability of 40 bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes using additive main effects and multiplicative interaction (AMMI)

فرهاد قدرتی نیاری[۱] و روح اله عبدالشاهی[۲]

چکیده

قدرتی نیازی، ف. و ر. عبدالشاهی. ۱۳۹۳. ارزیابی پایداری عملکرد دانه ۴۰ ژنوتیپ گندم نان (*Triticum aestivum* L.) با استفاده از روش آثار اصلی جمع‌پذیر و اثر متقابل ضرب‌پذیر (AMMI). **مجله علوم زراعی ایران. ١٦(٤): ٣٣٣-٣٢٢.**

به منظور بررسی پایداری عملکرد دانه ٤٠ ژنوتیپ گندم نان در سه سال و دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش، شش آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۰ در دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان اجرا شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. نتایج تجزیه واریانس آثار اصلی جمع‌پذیر و اثر متقابل ضرب‌پذیر (AMMI) نشان داد که اثر پنج مؤلفه بر عملکرد دانه معنی‌دار بوده و مؤلفه ششم به عنوان نویز در نظر گرفته شد. برای استفاده هم‌زمان از اطلاعات حاصل از پنج مؤلفه معنی‌دار AMMI، از شاخص ارزش پایداری امی (ASV) استفاده شد. بر اساس این شاخص رقم‌های هیرمند، کویر و امید با داشتن کمترین ASV پایدارترین ارقام بوده و بر اساس آماره برتری، رقم‌های الوند، الموت و کویر پایدارترین رقم‌ها شناخته شدند. رقم کویر با دارا بودن عملکرد دانه مناسب به عنوان پایدارترین و رقم شیراز به عنوان ناپایدارترین رقم شناخته شدند. با در نظر گرفتن میانگین شش محیط، رقم شیراز بیشترین عملکرد دانه را داشت. بر اساس نتایج به دست آمده به منظور بهره‌برداری هم‌زمان از پتانسیل عملکرد و پایداری عملکرد، استفاده از رقم‌های کویر و شیراز به عنوان والدین تلاقی مناسب به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، ارزش پایداری امی، بای پلات، پایداری و سازگاری خصوصی.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۹/۱۹ این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول می‌باشد

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان
۲- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده)
(پست الکترونیک: abdoshahi@gmail.com)

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.4.5.6]

مقدمه

گندم غذای اصلی یک سوم جمعیت جهان است و تولید آن رابطه بسیار نزدیکی با قدرت سیاسی و اقتصادی کشورهای جهان دارد. اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط در فرآیند آزاد سازی رقم‌های جدید حایز اهمیت است و ارزیابی لاین‌های جدید در قالب آزمایش‌های یکنواخت به منظور شناسایی درجه سازگاری آن‌ها به شرایط متفاوت محیطی مهم است. تنش‌های زیستی و غیر زیستی از عوامل مهم در ایجاد اثر متقابل ژنوتیپ در محیط می‌باشند و اصلاح ژنوتیپ‌های متحمل به تنش‌های مختلف، آثار متقابل آنها با محیط را به حداقل می‌رساند (Kang, 1988).

کاهش اثر متقابل ژنوتیپ در محیط منجر به افزایش تحمل به خشکی می‌شود و ارزیابی هم‌زمان ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش، می‌تواند در انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار موثر باشد (Tollennar and Lee, 2002). پایداری عملکرد به توانایی ژنوتیپ‌های گیاهی در بروز ظرفیت عملکرد در دامنه وسیعی از محیط‌ها اطلاق می‌شود. کشت ژنوتیپ‌ها در چند اقلیم طی سال‌ها و مکان‌های مختلف به عنوان نمونه‌ای از محیط‌ها، موجب تعیین پایداری عملکرد شده و ژنوتیپ‌هایی که با محیط اثر متقابل دارند، کمتر گزینش می‌شوند (Phoelman and Sleper, 1996). روش‌های مختلفی برای ارزیابی پایداری عملکرد وجود دارد که به دو دسته تک متغیره و چند متغیره تقسیم می‌شوند. از روش‌های چند متغیره، مدل امی (AMMI) دارای اعتبار بیشتری است و در حال حاضر به صورت گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد (Annicchiarico, 2002; Flores *et al*., 1998; Zobel *et al*., 1988). روش امی بخش بزرگی از اثر متقابل را توجیه نموده و اثرات اصلی و متقابل را از یکدیگر تفکیک می‌نماید (Ebdon and Gauch, 2002; Farshadfar *et al*., 2011) که از آن برای پایه‌ریزی برنامه‌های اصلاحی از جمله سازگاری خصوصی و انتخاب محیط مناسب استفاده می‌شود (Gauch, 1992). مدل تجزیه امی ترکیبی از مدل تجزیه واریانس و تجزیه به مؤلفه های اصلی است و در این مدل اثرات اصلی ژنوتیپ و محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به خوبی نشان داده شده و اثر متقابل نیز تجزیه می‌گردد (Ebdon and Gauch, 2002). بای‌پلات تجزیه امی یک ابزار مناسب برای الگوهای گرافیکی اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط را ارائه می‌دهد. مدل امی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را در بیشتر از یک بعد توصیف کرده و فرصت‌های بهتری را برای مطالعه و تفسیر اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط نسبت به تجزیه واریانس و رگرسیون فراهم می‌کند (Yan and Kang, 2003). علاوه بر روش تجزیه‌های تک متغیره، جهت تفسیر بهتر اثرات ژنوتیپ در محیط از ارزش پایداری امی نیز استفاده می‌شود. روش امی به عنوان روشی موثر برای مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط معرفی شده و گفته شده که نتایج بای‌پلات حاصل از آن می‌تواند ارقام مناسب را برای کشت در محیط‌های مختلف و یا شرایط محیطی خاص مشخص نماید (Tarakanovas and Ruzgas, 2006). روش امی اصولاً با سه هدف عمده مورد استفاده قرار می گیرد. نخست، روش امی مدلی تشخیصی است. این روش در مقایسه با سایر روش‌ها سودمندی بیشتری در تجزیه و تحلیل آماری آزمایش‌های مقایسه عملکرد دارد، زیرا ابزاری را برای تشخیص سایر مدل‌های فرعی که برای داده‌های مورد بررسی سودمند هستند، فراهم می‌سازد. دوم، روش امی، برای روشن کردن ماهیت اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به‌کار می‌رود. این روش الگوها و ارتباطات ژنوتیپ‌ها و محیط را به سهولت مشخص می‌کند (Annicchiarico, 2002). سوم، روش امی برای بهبود دقت برآورد عملکرد مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای مثال، افزایش دقت برآورد عملکرد در صورت استفاده از روش امی معادل افزایش تعداد تکرار دو به پنج است (Crossa *et al*., 1990; Zobel *et al*., 1988). با کاهش دادن تعداد تکرارها و افزایش تعداد تیمارهای

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.4.5.6]

یک آزمایش می‌توان هزینه‌ها را کاهش داده و یا کارآیی انتخاب بهترین ارقام را بهبود بخشید. از این روش به طور ویژه در برنامه‌های اصلاح ذرت هیبرید استفاده شده است (Crossa, 1990).

روش امی در پژوهش‌های متعددی برای گزینش رقم‌های پایدار گندم نان به کار گرفته شده است. ارزیابی پایداری عملکرد ۲۰ لاین و رقم گندم نان در سه مکان (اصفهان، کرمانشاه و ورامین) با استفاده از روش امی نشان داد که رقم مرودشت همراه با دو لاین دیگر بیشترین پایداری را در این نواحی داشتند (Motamedi and Khodarahmpour 2011). اثر متقابل ژنوتیپ در محیط ۱۲ لاین گندم دوروم همراه با دو رقم شاهد در سه ایستگاه تحقیقاتی در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی در سه سال بررسی شد و بر اساس نتایج امی، سه لاین دارای پایداری عملکرد بالا در این نواحی معرفی شدند (Mohamadi *et al*, 2011). در پژوهشی دیگر ۱۵ رقم و لاین در هشت منطقه بررسی شد و رقم گاسکوژن و لاین C-81-14 به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها معرفی شدند (Najafi-Mirak, 2011).

هدف از این پژوهش انتخاب ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار با استفاده از روش چند متغیره امی برای منطقه گرم و خشک کشور به خصوص کرمان بوده است.

مواد و روش‌ها

برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، آزمایشی با ۴۰ ژنوتیپ گندم نان (*Triticum aestivum* L.)، در سه سال زراعی (۹۰-۱۳۸۸) در دو شرایط محیطی (تنش خشکی و بدون تنش؛ مجموعاً شش محیط) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان اجرا شد. مزرعه پژوهشی در جنوب غربی شهر کرمان و در عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی واقع شده و ارتفاع این محل از سطح دریا ۲۰۴۴ متر و دارای اقلیم خشک می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه ۱۱۸/۴ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالانه آن ۱۵/۵ درجه سانتی‌گراد است. بافت خاک محل اجرای آزمایش لومی رسی با هدایت الکتریکی ۴/۶۴ دسی زیمنس بر متر و اسیدیته آن ۷/۵ می‌باشد. در این پژوهش ۴۰ ژنوتیپ گندم (جدول ۱) در اواخر آبان کشت و در اواخر خردادماه برداشت شدند. کاشت به صورت جوی- پشته‌ای و بر روی دو طرف پشته‌هایی با عرض ۴۰ سانتی متر انجام شد. هر واحد آزمایشی شامل چهار ردیف به طول سه متر و تراکم ۲۳۰ بوته در متر مربع بود. ردیف‌های حاشیه حذف و محصول ردیف‌های میانی برداشت شدند. در طول دوره رشد مراقبت‌های لازم از قبیل آبیاری، کنترل علف‌های هرز، حذف بوته‌های غیرتیپ و سایر نظارت‌های دوره‌ای لازم صورت گرفت. آبیاری در مرحله جوانه‌زنی در هر دو محیط آبی و تنش انجام گرفت و بعد از آن در محیط تنش، آبیاری قطع گردید. در مرحله پنجه‌زنی کود نیتروژن به مزرعه اضافه و آبیاری هر دو محیط انجام شد. در محیط بدون تنش آبیاری تا زمان اعمال تنش هر ۱۰-۷ روز یکبار صورت گرفت. در فصل زمستان به دلیل بارندگی و تبخیر کم، آبیاری با فواصل بیشتری (۲۵-۲۰ روز) انجام شد برای کنترل علف‌های هرز پهن برگ از علف‌کش 2-4-D استفاده شد. در پایان فصل عملکرد دانه مورد ارزیابی قرار گرفت.

تجزیه و تحلیل‌های آزمایش طی دو مرحله الف- تجزیه واریانس مرکب برای بررسی اثر اصلی و متقابل و ب- تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ در محیط با استفاده از روش چند متغیره امی مدل ریاضی تجزیه امی به صورت زیر برآورد شد:

$$Yger= \mu + \alpha g + \beta e + \Sigma n\ \delta n\ \zeta gn\ \eta en + \theta ge + \varepsilon ger \quad (1)$$

αg: اثر اصلی ژنوتیپ (اختلاف میانگین یک ژنوتیپ از میانگین ژنوتیپ‌ها)، βe: اثر اصلی محیط (اختلاف میانگین یک محیط از میانگین محیط‌ها)،n:

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.4.5.6]

جدول ۱- اسامی و مشخصات ژنوتیپ‌های گندم مورد استفاده در این آزمایش

Table 1. Names and plant characteristics of wheat genotypes use in the experiment

ژنوتیپ Genotype	منشاء Origin	سال معرفی Year of release	ژنوتیپ Genotype	منشاء Origin	سال معرفی Year of release	ژنوتیپ Genotype	منشاء Origin	سال معرفی Year of release
اکبری Akbari	ایران Iran	۱۳۸۶ 2007	قدس Ghods	ایران Iran	۱۳۶۸ 1989	سبلان Sabalan	ایران Iran	----
الموت Alamout	ایران Iran	۱۳۷۴ 1995	هامون Hamoon	ایران Iran	۱۳۸۱ 2002	شاه‌پسند Shahpasand	ایران Iran	۱۳۲۱ 1942
الوند Alvand	ایران Iran	۱۳۷۴ 1995	هیرمند Hirmand	ایران Iran	۱۳۷۰ 1991	شیراز Shiraz	ایران Iran	۱۳۸۱ 2002
آزادی Azadi	ایران Iran	۱۳۵۸ 1979	کرج ۲ Karaj 2	ایران Iran	۱۳۵۲ 1973	سرداری Sardari	ایران Iran	۱۳۰۹ 1930
آذر ۲ Azar2	ایران Iran	۱۳۷۸ 1999	کرج ۳ Karaj 3	ایران Iran	۱۳۵۵ 1976	تجن Tajan	سیمیت CIMMYT	۱۳۷۴ 1995
بم Bam	ایران Iran	۱۳۸۵ 1979	کویر Kavir	ایران Iran	۱۳۷۶ 1997	توس Toos	آمریکا USA	۱۳۸۱ 2002
بهار Bahar	ایکاردا ICARDA	۱۳۸۶ 2007	مهدوی Mahdavi	ایکاردا ICARDA	۱۳۷۴ 1995	وریناک Vee/Nac	سیمیت CIMMYT	----
بزوستایا Bzostaya	روسیه Russia	۱۳۴۸ 1969	مرودشت Marvdasht	ایران Iran	۱۳۷۸ 1999	Ws-82-9	ایران Iran	----
چمران Chamran	سیمیت CIMMYT	۱۳۷۶ 1997	مغان ۲ Moghan 2	هندوستان India	۱۳۵۳ 1974	Ws-82-9 زاگرس Zagros	ایکاردا ICARDA	۱۳۷۵ 1996
داراب ۲ Darab 2	سیمیت CIMMYT	۱۳۷۴ 1995	نیک نژاد Niknejad	ایکاردا ICARDA	۱۳۷۴ 1995	زرین Zarin	سیمیت-ایکاردا CIMMYT-ICARDA	۱۳۷۴ 1995
دز Dez	سیمیت CIMMYT	۱۳۸۱ 2002	امید Omid	ایران Iran	۱۳۳۵ 1956	MV-17 MV-17	مجارستان Hungary	۱۳۷۲ 1993
استار Star	سیمیت CIMMYT	----	پیشتاز Pishtaz	ایران Iran	۱۳۸۱ 2002	شعله Shole	ایران Iran	۱۳۳۶ 1957
اکسکلیبر Excalibur	استرالیا Australia	----	رسول Rasoul	سیمیت CIMMYT	۱۳۷۱ 1992			
گاسپارد Gaspard	فرانسه France	----	روشن Roushan	ایران Iran	۱۳۳۷ 1958			

تعداد محورهای مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل باقیمانده در مدل امی، δ_n: مقدار منفرد مربوط به nامین مؤلفه اصلی باقی‌مانده در مدل، γ_{gn}: بردار ویژه برای gامین ژنوتیپ از nامین مولفه اصلی اثر متقابل(IPC)، η_{en} : بردار ویژه برای eامین محیط از nامین مؤلفه اصلی اثر متقابل (IPC) ، θ_{ge} : نویز، ε_{ger}: خطای آزمایش و Yger: عملکرد ژنوتیپ gام در محیط eام در تکرار rام است.

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

$$ASV_i = \sqrt{\left[\frac{SS\ IPCA_1}{SS\ G\times E} \times IPCA_1\ score\right]^2 + \left[\frac{SS\ IPCA_2}{SS\ G\times E} \times IPCA_2\ score\right]^2 + \ldots} \qquad (۲)$$

SS IPCA1: مجموع مربعات مؤلفه اصلی اول برای ژنوتیپ‌ها، SS G× E : مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، IPCAi score: نمره مؤلفه اصلی برای ژنوتیپ iام، ASVi: ارزش پایداری امی برای ژنوتیپ iام.

د- محاسبه آماره برتری (Lin and Binns, 1988):

$$P_i = [n(\bar{x}_i - \bar{M}_.)^2 + \sum_{j=1}^{n}(x_{ij} - \bar{x}_{i.} - M_{j.} + \bar{M}_.)^2]/2n \qquad (۳)$$

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.4.5.6]

P_i : آماره برتری، x_{ij} : میانگین ژنوتیپ iأم در محیط jأم و M_j : میانگین ژنوتیپی است که بیشترین محصول را در محیط jداشته است. هرچه آماره برتری کمتر باشد، نشان دهنده پایداری بیشتر ژنوتیپ است.

محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزارهای Excel، SAS، MINITAB و R انجام شد.

نتایج و بحث

پیش از تجزیه واریانس مرکب، تجزیه واریانس ساده برای هر محیط انجام شد و سپس همگنی واریانس خطاهای آزمایشی، با استفاده از آزمون بارتلت بررسی و فرض همگنی واریانس خطاهای آزمایش تایید شد (χ^2=۷/۱۴^{ns}). تجزیه واریانس مرکب برای شش محیط مورد بررسی نشان داد که اثر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بر اساس این نتایج تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه‌ای بین ژنوتیپ‌های گندم مورد بررسی وجود داشته و معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ در محیط نشان دهنده واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف است.

در تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه، مجموع مربعات ژنوتیپ در محیط ۳۰/۵۴ درصد از مجموع مربعات کل را به خود اختصاص داد. محیط نیز ۵۴/۱۷ درصد و ژنوتیپ ۱۵/۲۹ درصد از مجموع مربعات کل را به خود اختصاص دادند. با توجه به معنی‌داری اثر متقابل ژنوتیپ در محیط می‌توان تجزیه پایداری عملکرد دانه را ارزیابی کرد. فرشادفر و همکاران (Farshadfar *et al*., 2011) نیز با بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط گزارش کردند که بخش عمده تنوع کل مربوط به محیط و پس از آن ژنوتیپ در محیط بود.

نتایج تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بر مبنای روش امی نشان داد که پنج مولفه اصلی اثر متقابل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. این پنج مولفه ۱۰۰ درصد تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را توجیه نمودند. از این رو، نویز برابر صفر بود. با استفاده از این پنج مؤلفه سهم هر ژنوتیپ در اثر متقابل مشخص شد. هر چه سهم ژنوتیپ از اثر متقابل کمتر باشد نشان دهنده پایداری بیشتر آن ژنوتیپ است. عسگری نیا و همکاران (Asgarinia *et al*., 2008) نیز جهت بررسی الگوی اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط برای عملکرد دانه ۱۰ رقم گندم در هشت محیط از روش امی استفاده کردند و گزارش کردند که سه مولفه اول در مجموع ۸۹ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را توجیه کردند.

میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شش محیط از ۱۹۷۳ کیلوگرم در هکتار برای رقم شاه‌پسند تا ۴۵۰۲ کیلوگرم در هکتار برای رقم شیراز متغیر بود (جدول ۲). بر اساس میانگین سه ساله، در شرایط بدون تنش رقم شیراز (۶۶۲۰ کیلوگرم در هکتار) و در شرایط تنش خشکی رقم پیشتاز (۲۶۳۰ کیلوگرم در هکتار) بیشترین عملکرد را داشتند (داده‌ها ارائه نشده است). برای استفاده هم‌زمان از تمام مؤلفه‌ها از ارزش پایداری امی (ASV) استفاده شد. هر چه مقدار ارزش پایداری کمتر باشد ژنوتیپ پایدارتر است (Purchase, 1997). در این پژوهش رقم‌های هیرمند، کویر، امید و الموت با داشتن کمترین ارزش پایداری پایدارترین ارقام در بین ۴۰ ژنوتیپ مورد بررسی بودند (جدول ۲). رقم‌های کویر و الموت با داشتن عملکرد بیشتر و تحمل به شرایط خشکی به عنوان پایدارترین رقم‌ها شناسایی شدند. رقم کویر با استفاده از دو رگ گیری ژنوتیپ‌های داخلی و در سال ۱۳۷۶ توسط موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر معرفی شده و دارای تیپ رشد بهاره، کیفیت نانوایی متوسط، زودرس، مقاوم به ریزش دانه، متحمل به خشکی، شوری و بادزدگی است (Mobser *et al*., 2011). عبدالشاهی و همکاران (Abdolshahi *et al*., 2013) نیز این رقم را متحمل به خشکی گزارش کردند. در این پژوهش رقم شیراز با داشتن بیشترین ارزش پایداری به عنوان ناپایدارترین

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.4.5.6]

جدول۲- مقادیر مؤلفه‌های معنی‌دار (IPCA) و شاخص پایداری امی (ASV) برای ژنوتیپ‌های گندم مورد آزمایش

Table 2. Significant component scores (IPCA) and AMMI stability value (ASV) for evaluated wheat genotypes

wheat Genotype	ژنوتیپ‌های گندم	عملکرد دانه Yield ($kg.ha^{-1}$)	IPCA1	IPCA2	IPCA3	IPCA4	IPCA5	ASV	آماره برتری Pi
Akbari	اکبری	†3730b-e	-0.43	0.12	-0.26	0.02	-0.29	0.32	2.77
Alamoot	الموت	3231c-h	0.22	0.06	0.03	0.08	-0.13	0.16	2.31
Alvand	الوند	3712b-e	0.04	0.60	0.08	-0.06	0.07	0.30	2.27
Azadi	آزادی	4040ab	0.54	-0.07	0.16	0.73	0.11	0.43	2.83
Azar 2	آذر ۲	3683b-e	0.02	-0.35	0.12	-0.11	0.57	0.23	2.92
Bahar	بهار	3724b-e	0.19	0.15	-0.32	-0.19	-0.44	0.23	2.47
Bam	بم	3142e-i	0.42	-0.19	-0.25	0.75	-0.24	0.39	2.60
Bzostaya	بزوستایا	2951f-i	1.00	-0.04	0.07	-0.30	0.15	0.69	2.79
Chamran	چمران	3170d-h	-0.25	0.06	-0.51	0.22	0.20	0.27	2.59
Darab 2	داراب ۲	3222d-h	-0.37	0.50	0.21	-0.05	0.07	0.36	2.46
Dez	دز	2934f-i	-0.55	0.20	-0.19	0.38	-0.17	0.41	2.78
Excalibur	اکسکلیبر	2452ij	0.47	-0.75	-0.81	-0.22	-0.25	0.58	3.72
Gaspard	گاسپارد	2590hij	0.54	-0.13	0.11	-0.10	-0.10	0.38	2.71
Ghods	قدس	3712b-e	-0.27	0.27	0.38	-0.33	-0.49	0.31	2.74
Hamoon	هامون	3213d-h	-0.40	-0.28	0.30	-0.30	-0.04	0.34	3.05
Hirmand	هیرمند	2851ghi	-0.03	-0.08	-0.14	-0.17	-0.12	0.09	2.60
Karaj 2	کرج ۲	3201d-h	0.05	-0.56	0.17	-0.44	-0.12	0.32	3.09
Karaj 3	کرج ۳	3302c-g	0.02	-0.22	0.65	0.10	-0.54	0.30	2.84
Kavir	کویر	3233c-h	-0.01	-0.03	-0.16	0.43	-0.17	0.15	2.45
Mahdavi	مهدوی	3342c-g	-0.98	-0.52	-0.25	-0.10	0.65	0.74	4.09
Marvdasht	مرودشت	3828a-d	-0.63	0.34	0.42	-0.09	-0.14	0.49	3.04
Moghan 2	مغان ۲	2912f-i	0.13	-0.35	-0.10	-0.53	-0.01	0.26	2.88
mv-17	mv-17	2557hij	0.62	-0.17	-0.32	0.06	-0.17	0.45	2.78
Niknejad	نیک‌نژاد	3331c-g	-0.38	0.05	0.05	-0.28	-0.02	0.27	2.78
Omid	امید	2981f-i	0.21	-0.09	0.00	0.06	0.13	0.15	2.46
Pishtaz	پیشتاز	3921abc	-0.14	0.59	-0.51	-0.44	-0.09	0.38	2.63
Rasool	رسول	2792ghi	-0.26	0.44	-0.84	0.15	-0.01	0.42	2.64
Roushan	روشن	4181ab	0.61	0.15	-0.16	-0.17	0.14	0.47	2.77
Sabalan	سبلان	3602b-f	0.33	-0.20	0.06	-0.12	0.41	0.23	2.64
Sardari	سرداری	3151d-i	0.27	-0.05	0.29	-0.08	-0.17	0.22	2.46
Shahpasnd	شاه‌پسند	1973j	-0.27	-0.67	0.29	0.36	0.24	0.41	4.15
Shiraz	شیراز	4502a	0.58	1.26	0.18	-0.27	0.27	0.75	3.12
Shoole	شعله	2851ghi	-0.10	-0.38	0.46	-0.35	0.03	0.28	3.07
Star	استار	2577hij	-0.07	-0.47	-0.04	0.08	-0.15	0.24	3.11
Tajan	تجن	2761ghi	-0.30	0.15	-0.05	0.03	0.57	0.26	2.71
Toos	طوس	4048ab	0.88	0.24	0.51	0.44	0.24	0.65	2.84
Vee/Nac	وری‌ناک	2833ghi	-0.29	0.03	0.14	0.15	-0.16	0.21	2.67
Ws-82-9	ws-82-9	2955f-i	-0.40	0.07	0.34	0.29	0.12	0.32	2.74
Zagros	زاگرس	2771ghi	-0.27	0.274	-0.23	0.02	0.23	0.25	2.55
Zarin	زرین	3720b-e	-0.75	0.14	0.14	0.32	-0.25	0.64	3.14

میانگین هایی که با حروف مشترک نشان داده شده‌اند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

†Means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's test

رقم شناسایی شد (جدول ۲). اگرچه این رقم دارای پتانسیل عملکرد بالایی است، ولی در مواجهه با تنش‌های محیطی عملکرد آن به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد و پایداری مناسبی ندارد. بر اساس نتایج

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.4.5.6]

این آزمایش به نظر می رسد که رقم شیراز سازگاری خصوصی به شرایط بدون تنش دارد و برای کشت در شرایط تنش‌های محیطی قابل توصیه نمی‌باشد.

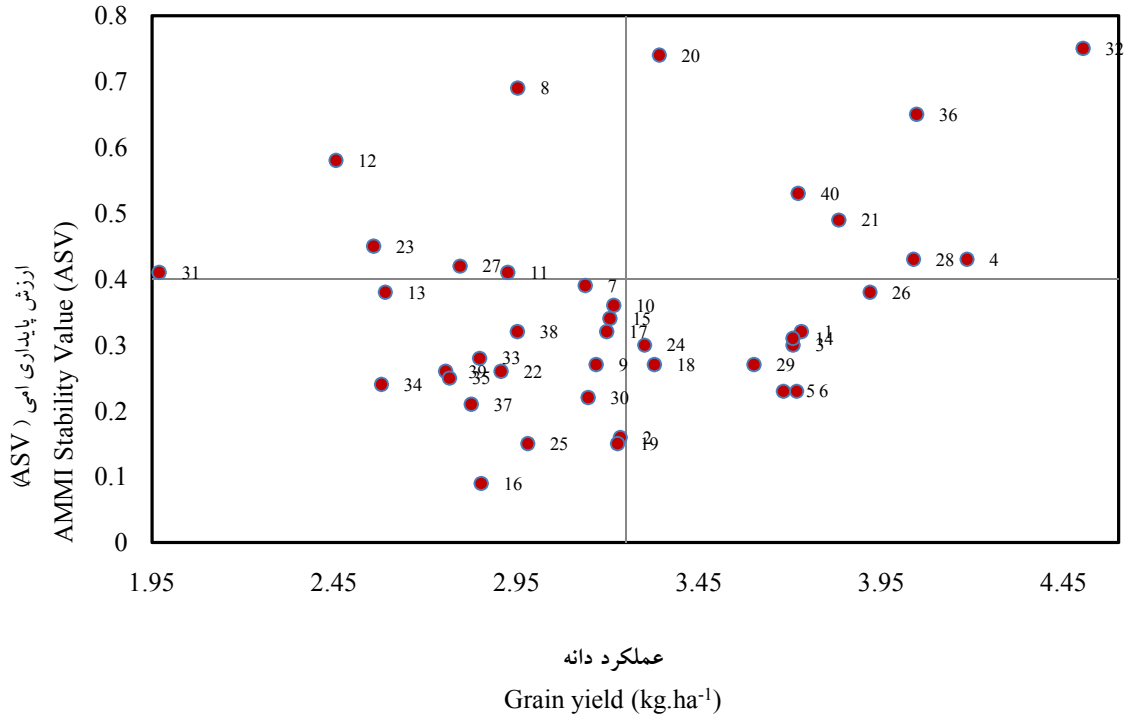
تجزیه پایداری عملکرد ممکن است به تنهایی سودمند نباشد و در عمل رقم‌های پایدار در صورتی با استقبال کشاورزان مواجه می‌شوند که دارای عملکرد دانه بالایی نیز باشند. از این رو، به طور معمول شاخص‌های پایداری در کنار عملکرد دانه سنجیده می‌شوند و در نهایت ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا گزینش می‌شوند. برای این منظور بای‌پلات ارزش پایداری در مقابل میانگین عملکرد دانه رسم شد (شکل ۱). بر این اساس هیچ ژنوتیپی با عملکرد و پایداری بالا یافت نشد. رقم‌های آزادی و روشن با داشتن عملکرد بالا و پایداری متوسط رقم‌های مناسبی برای کشت در منطقه شناسایی شدند. رقم‌های الموت و کویر با عملکرد متوسط و ارزش پایداری کم پایدارترین رقم‌ها بودند. رقم شیراز با حداکثر ارزش پایداری جزء ارقام ناپایدار بود و برای محیط‌های بدون تنش سازگاری خصوصی نشان داد.

نتایج رسم بای‌پلات نشان داد که دو مؤلفه نخست روش مناسبی برای مطالعه پایداری ژنوتیپ‌ها است (شکل ۲). در این بای‌پلات پراکنش ژنوتیپ‌ها درج شده و محیط‌ها به صورت بُردار نشان داده شده‌اند. زاویه بین دو بردار همبستگی دو محیط را نشان می‌دهد (Yan and Kang, 2003). هرچه زاویه بین دو محیط کوچک‌تر باشد، دو محیط همبستگی بالاتری داشته و نقش مشابهی در گزینش ژنوتیپ‌ها خواهند داشت. محیط‌های E_1، E_2 و E_3 نشان دهنده شرایط بدون تنش آبیاری در سه سال است. روابط بین محیط‌ها در شرایط بدون تنش نشان داد که این سه محیط همبستگی منفی باهم داشته و شرایط متفاوتی از نظر اثر متقابل ژنوتیپ در محیط دارند. این موضوع گزینش را مشکل‌تر می‌سازد. محیط‌های E_4، E_5 و E_6 نماینده شرایط تنش خشکی در سه سال بود. بر اساس شکل ۲ محیط‌های تنش خشکی همبستگی مثبت با هم داشته و محیط‌های E_4 و E_6 همبستگی بسیار بالایی با هم داشتند. از این رو ژنوتیپ‌ها واکنش مشابهی در این دو محیط دارند. رقم مهدوی به شرایط تنش خشکی سازگاری خصوصی نشان داد. این رقم که در مرکز تحقیقات بین‌المللی کشاورزی در مناطق خشک (ICARDA) اصلاح شده است (Mobser *et al*., 2012) در شرایط تنش خشکی عملکرد خوبی داشته و با این محیط‌ها سازگاری خوبی نشان داد. با توجه به شکل بای‌پلات رقم‌های هیرمند و کویر نسبت به مبداء مختصات کمترین فاصله را دارند. از این رو، این دو رقم کمترین اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را دارند و پایدارترین رقم‌ها شناخته شدند. در بای‌پلات رقم شیراز بیشترین فاصله را از مبداء مختصات داشت و ناپایدارترین ژنوتیپ شناخته شد. این نتایج با نتایج ارزش پایداری امی کاملاً مطابقت داشت. آلبرت (Albert, 2004) نیز گزارش کرد که نتایج ارزش پایداری امی و بای‌پلات با هم همخوانی دارند. اگرچه به طور معمول این نتایج با هم مطابقت دارند، ولی در صورت وجود اختلاف بین نتایج این دو روش، ارزش پایداری امی دارای دقت بیشتری است و باید به آن استناد نمود. دلیل این موضوع این است که ارزش پایداری امی تمام مؤلفه‌های معنی‌دار را در بر می‌گیرد، ولی بای‌پلات فقط دو مؤلفه نخست را در نظر می‌گیرد.

در یک آزمایش برای تعیین پایداری عملکرد در ارقام و لاین‌های گندم نان ویژه مناطق گرم و خشک کشور، ۱۸ لاین همراه با یک رقم شاهد (چمران) در شش ایستگاه تحقیقاتی مناطق گرم جنوب کشور در دو سال زراعی مورد ارزیابی قرار گرفتند. بر اساس نتایج تجزیه پایداری با استفاده از روش امی، رقم Weebili به عنوان پایدارترین شناسایی شد (Esmaeilzade *et al*., 2011).

برای ارزیابی پایداری علاوه بر روش امی، از آماره برتری نیز استفاده شد. این آماره پایداری و عملکرد دانه را به طور همزمان در نظر می‌گیرد. بر اساس این آماره رقم‌های الوند (۲/۲۷)، الموت (۲/۳۱) و کویر (۲/۴۵)

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.4.5.6]



شکل ۱- پراکنش ژنوتیپ‌های گندم بر اساس ارزش پایداری امی و عملکرد دانه. ژنوتیپ‌ها با شماره‌های ۱ تا ۴۰ نشان داده شده‌اند. ۱- اکبری ۲- المـوت ۳- الونـد ۴- آزادی ۵- آذر ۲ ۶- بهـار ۷- بـم ۸- بزوستایا ۹- چمـران ۱۰- داراب ۲ ۱۱- دز ۱۲- اکسـکلیبر ۱۳- گاسـپارد ۱۴- قـدس ۱۵- هـامون ۱۶- هیرمنـد ۱۷- کـرج ۲ ۱۸- کـرج ۳ ۱۹- کـویر ۲۰- مهـدوی ۲۱- مرودشـت ۲۲- مغـان ۲ ۲۳- mv-17 ۲۴- نیـک‌نـژاد ۲۵- امیـد ۲۶- پیشـتاز ۲۷- رسـول ۲۸- روشـن ۲۹- سبلان ۳۰- سرداری ۳۱- شاه‌پسند ۳۲- شیراز ۳۳- شعله ۳۴- استار ۳۵- تجن ۳۶- توس ۳۷- ورناک ۳۸- ws-82-9 ۳۹- زاگرس ۴۰- زرین

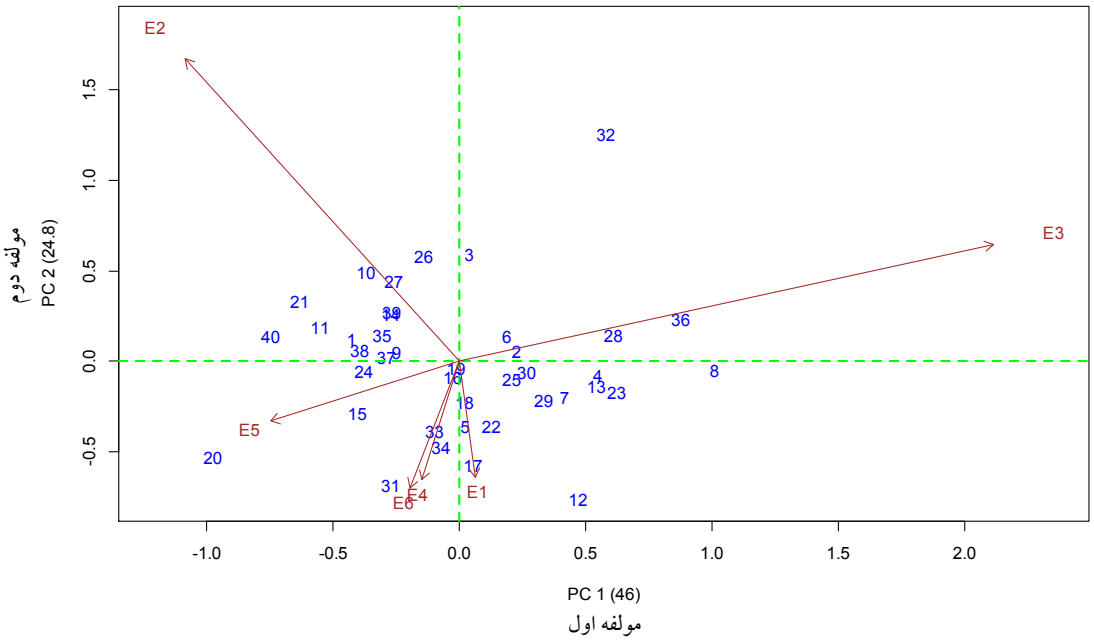
Fig 1. Scatter plot of wheat genotypes based on ASV and grain yield. Genotypes showed with number s1 to 40. 1-Akbari, 2-Alamut, 3-Alvand, 4-Azadi, 5-Azar, 6-Bahar, 7-Bam, 8-Bzostaya, 9-Chamran, 10-Darab2, 11-Dez, 12-Excalibur. 13-Gaspard, 14-Ghods, 15-Hamoon, 16-Hirmand, 17-Karaj2, 18-Karaj3, 19-Kavir, 20-Mahdavi, 21-Marvdasht, 22-Moghan2, 23-mv-17, 24-Niknejad, 25- Omid, 26-Pishtaz, 27-Rasool, 28-Roushan, 29-Sabalan, 30-Sardari, 31-Shahpasand, 32-Shiraz, 33-Shole, 34-Star, 35-Tajan, 36-Vee/Nac, 38-ws-82-9, 39- Zagros, 40-Zarin

پایدارترین رقم‌ها شناخته شدند (جدول ۳). رقم کویر هم در تجزیه امی و هم در آماره برتری به عنوان رقم پایدار شناخته شد. بعلاوه این رقم دارای میانگین عملکرد مناسبی است و برای کشت در شرایط کرمان قابل توصیه است.

نتیجه‌گیری

اثـر متقابـل ژنوتیـپ و محـیط موضـوع مهـم و چـالش‌برانگیـزی بـین بـه‌نژادگـران، ژنتیـک‌دانـان و متخصصان به‌زراعی است. اثر متقابل ژنوتیپ و محیط ارتباط بین ارزش ژنوتیپ و فنوتیپ را کاهش می‌دهد و باعث ایجاد اریبی در برآورد آثار ژن و قابلیت ترکیب پذیری عمومی می‌شود (Farshadfar *et al.*, 2011). لازم است رقم‌هایی به کشاورزان معرفی شود که علاوه بر عملکرد دانه بالا، پایداری مناسبی نیز داشته باشند. روش چند متغیره امی برای ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.4.5.6]



شکل ۲- بای‌پلات دو مؤلفه نخست پایداری برای ژنوتیپ‌های گندم و محیط‌ها. ژنوتیپ‌های گندم با شماره‌های ۱ تا ۴۰ نشان داده شده‌اند. ۱- اکبری ۲- الموت ۳- الوند ۴- آزادی ۵- آذر ۲ ۶- بهار ۷- بم ۸- بزوستایا ۹- چمران ۱۰- داراب ۲ ۱۱- دز ۱۲- اکسکلیبر ۱۳- گاسپارد ۱۴- قدس ۱۵- هامون ۱۶- هیرمند ۱۷- کرج ۲ ۱۸- کرج ۳ ۱۹- کویر ۲۰- مهدوی ۲۱- مرودشت ۲۲- مغان ۲ ۲۳- mv-17 ۲۴- نیک‌نژاد ۲۵- امید ۲۶- پیشتاز ۲۷- رسول ۲۸- روشن ۲۹ - سبلان ۳۰- سرداری ۳۱- شاه‌پسند ۳۲- شیراز ۳۳- شعله ۳۴- استار ۳۵- تجن ۳۶- توس ۳۷- ورناک ۳۸- ws-82-9 ۳۹- زاگرس ۴۰- زرین

Fig 2. Biplot of first and second stability components for wheat genotypes and environments. Wheat genotypes showed with number 1 to 40. 1-Akbari, 2-Alamut, 3-Alvand, 4-Azadi, 5-Azar, 6-Bahar, 7-Bam, 8-Bzostaya, 9-Chamran, 10-Darab2, 11-Dez, 12-Excalibur. 13-Gaspard, 14-Ghods, 15-Hamoon, 16-Hirmand, 17-Karaj2, 18-Karaj3, 19-Kavir, 20-Mahdavi, 21-Marvdasht, 22-Moghan2, 23-mv-17, 24-Niknejad, 25- Omid, 26-Pishtaz, 27-Rasool, 28-Roushan, 29-Sabalan, 30-Sardari, 31-Shahpasand, 32-Shiraz, 33-Shole, 34-Star, 35-Tajan, 36-Vee/Nac, 38-ws-82-9, 39- Zagros, 40-Zarin

به صورت گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته و دقت بالایی نیز دارد. بر اساس نتایج تجزیه امی و با در نظر گرفتن پتانسیل عملکرد دانه، رقم‌های آزادی و روشن برای کشت در منطقه مناسب به نظر می‌رسند. این رقم‌ها دارای پتانسیل عملکرد بالا و پایداری متوسطی هستند. اگر شرایط محیطی متغیر بوده و پایداری نسبت به پتانسیل عملکرد از اهمیت بیشتری برخوردار باشد، رقم کویر که عملکرد دانه متوسط و پایداری بالایی دارد، قابل توصیه خواهد بود. رقم شیراز اگرچه پتانسیل عملکرد دانه بالایی دارد، ولی پایداری آن کم است و به همین دلیل برای کشت در منطقه اجرای آزمایش مناسب به نظر نمی‌رسد.

منابع مورد استفاده

Reference

Abdolshahi, R., A. Safarian, M. Nazari, S Pourseyedi and G. Mohamadi-Nejad. 2013. Screening drought-tolerant genotypes in bread wheat (*Triticum Aestivum* L.) using different multivariate methods. Archiv. Agron. Soil Sci. 59(5): 685-704.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.4.5.6]

Albert, J. A. 2004. A comparison of statistical methods to describe genotype × environment interaction and yield stability in multi-location maize trials. Free State University, Bloemfontein, MSc Dissertation. http://etd.uovs.ac.za/ETD-db/theses/available/etd-09072005-084932/unrestricted/ALBERTSMJA.pdf

Annicchiarico, P. 2002. Defining adaptation strategies and yield stability targets in breeding programs. In MS. Kang, (Ed). Quantitative Genetics, Genomics and Plant Breeding, pp: 365-383, Wallingford, UK, CABI.

Asgarinia, P., G. A. Saedi and A. M. Rezaee. 2008. Pattern analysis of genotype by environment interaction on grain yield in wheat using AMMI multivariate method. Electr. J. Crop Prod. 2(2): 75-90. (In Persian with English abstract).

Crossa , J. 1990. Statistical analysis of multi-location trials. Adv. Agron. 44: 55-84.

Crossa, J., R. W. Gauch and R. W. Zobel. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. Crop Sci. 30: 493-500.

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 Sci. 42: 497-506.

Esmailzadeh, M., M. Moghaddam, M. Zakizadeh, H. Akbari-Moghaddam, M. Abedini-Esfahlani, M. Sayahfar, A. R. Nikzad, S. Tabib-Ghafari, M. Lotfi and G. A. Ayene. 2011. Genotype × environment interaction and stability of grain yield of bread wheat genotypes in dry and warm areas of Iran. Seed Plant Improv. J. 27 (2):257-273. (In Persian with English abstract).

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.). Aust. J. Crop Sci. 5(13): 1837-1844.

Flores, F., M. T. Moreno and J. I. Cubero. 1998. A comparison of unvariate and multivariate methods to analyze environments. Field Crops Res. 56: 271-286.

Gauch, H. G. 1992. Statistic Analysis of Regional Yield Trials: AMMI Analysis of Factorial Designs. Elsevier, Amsterdam, the Netherlands. 278pp.

Gauch, H. G. and R. W. Zobel. 1997. Identifying mega-environments and targeting genotypes. Crop Sci. 37: 311-326.

Kang, M. S. 1988. A rank-sum method for selecting high-yielding, stable corn genotypes. Cereal Res. Commun. 16: 113-115.

Lin, C. S. and M. R. Binns. 1988. A superiority measure of cultivar performance for cultivar × location data. Can. J. Plant Sci. 68(1): 193-198.

Mobser, S., S. H. Jamali, M. R. Jazaeri, A. Khandan, V. Razavi, E. Nasrollahi, F. Khazaei, Z. Tahernejad, M. Najafian, L. Sadeghi, B. Rozbeh and S. Hossini. 2011. Iran's National List of Plant Varieties. Minestry of Jihad Agriculture, Seed and Plant Certification and Registration Research Institute. (In Persian).

Mohamadi, R., M. Armeiun and M. M. Ahmadi. 2011. Genotype × environment interactions for grain yield of durum wheat genotypes using AMMI model. Seed Plant Improv. J. 27(1): 183-198. (In Persian with English abstract).

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.4.5.6]

Motamedi, M. and Z. Khodarahmpour. 2011. Study of environmental effects on grain yield genotypes of bread wheat by pattern of genotype reaction. J. Crop Breed. 3(7): 79-91. (In Persian with English abstract).

Najafi-Mirak, T. 2011. Study of grain yield stability of bread wheat genotypes in cold agreo-climatic zone of Iran. Iran. J. Crop Sci. 13(2): 380-394. (In Persian with English abstract).

Phoelman, J. M. and D. A. Sleper. 1996. Breeding Field Crops (4th Edition). Iowa State University Press, Ames, USA.

Purchase, J. L., H. Hatting and C. S. van Deventer. 1997. Genotype × environment interaction of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in suth Africa: II. Stability analysis of yield performance. Sou. Afr. J. Plant Soil. 17:101-107.

Tarakanovas, P. and V. Ruzgas. 2006. Additive main effect and multiplicative interaction analysis of grain yield of wheat varieties in Lithuania. Agron. Res. 4: 91-98.

Tollennar, M. and E. A. Lee. 2002. Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. Field Crops Res. 75: 161-169.

Yan, W. and M. S. Kang. 2003. GGE Biplot Analysis: A graphical Tool for Breeders, Geneticists and Agronomists. CRC Press, Boca Raton, USA.

Zobel, R. W., M. J. Wright and H. G. Gauch. 1988. Statistical analysis of yield trials. Agron. J. 80: 388-393.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.4.5.6]

Evaluation of yield stability of 40 bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes using additive main effects and multiplicative interaction (AMMI)

Ghodrati-Niari, F.[1] and R. Abdolshahi[2]

ABSTRACT

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(4): 322-333. (In Persian).**

To evaluate yield stability of 40 bread wheat genotypes, six randomized complete block design with three replications were conducted in three years during 2009 to 2011 in Kerman University, Kerman, Iran, under normal and drought stress conditions. Combine analysis of variance showed that environment, genotype and genotype by environment interaction were highly significant. Analysis of variance of additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) showed that five IPCA were highly significant and the sixth IPCA was considered as noise. Five significant IPCAs were used simultaneously using AMMI stability value (ASV). Based on ASV Hirmand, Kavir and Omid, and based on superiority statistics Alvand, Alamoot and Kavir were the most stable cultivars. Kavir had high yield and introduced as the most stable genotype in this study. Shiraz cultivar was the most unstable genotype. Considering average over all environments, Shiraz cultivar had the highest yield. Based on the results of this experiment, Kavir and Shiraz may be considered as parents in breeding program to take advantage of yield potential and stability in the progenies.

Key words: AMMI stability value, Biplot, Genotype × environment interaction, Specific adaptation and Stability.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.4.5.6]

Received: February, 2014 Accepted: December, 2014

1- MSc. Student, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
2- Assistant Prof., Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran (Corresponding author) (Email: abdoshahi@gmail.com)