

تحقیقات غلات

دوره نهم / شماره سوم / پاییز ۱۳۹۸ (۲۵۹-۲۴۹)

پایداری عملکرد دانه هیبریدهای امیدبخش ذرت (*Zea mays* L.) در مناطق مختلف کشور

مجتبی جوکار^۱، محمدرضا شیرینی^{۲*}، راحله خادمیان^۳ و رقیه امینیان^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۲۰

چکیده

به منظور بررسی پاسخ هیبریدهای جدید ذرت دانه‌ای نسبت به شرایط محیطی متفاوت و تعیین پایداری عملکرد دانه آن‌ها، آزمایشی با استفاده از هشت هیبرید ذرت دانه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شش منطقه در سال ۱۳۹۶ اجرا شد. با توجه به معنی‌دار بودن برهمکنش هیبرید × محیط، تجزیه پایداری با استفاده از دو روش چندمتغیره AMMI و GGE-biplot انجام شد. نتایج مدل AMMI نشان داد که فقط مولفه اصلی اول (AMMI1) معنی‌دار بود و ۷۲/۵۲ درصد از تغییرات برهمکنش ژنوتیپ × محیط را توجیه کرد. بر اساس آماره‌های مدل AMMI (SPCA1 و ASV)، هیبریدهای شماره ۱ (SC715B) و ۵ (SC706) به عنوان هیبریدهای با پایداری بالاتر انتخاب شدند. نتایج تجزیه پایداری با روش GGE biplot نشان داد که ۸۳/۳۲ درصد از کل تغییرات عملکرد دانه با دو مولفه اول و دوم GGE-biplot توجیه می‌شود و هیبریدهای شماره ۱ (SC715B) و ۷ (SC703) به عنوان هیبریدهای با پایداری بالاتر انتخاب شدند. به طور کلی، بر اساس عملکرد دانه و نتایج تجزیه پایداری با این دو روش، هیبریدهای شماره ۷ (SC703) و ۱ (SC715B) به ترتیب با عملکرد دانه ۱۳/۱۶ و ۱۲/۸۲ تن در هکتار به عنوان پایدارترین و پرمحصول‌ترین هیبریدها شناسایی شدند و با سازگاری عمومی بالا می‌توانند در مناطق مختلف کشور کشت شوند. بررسی بای‌پلات همبستگی بین مناطق مختلف نشان داد که بردارهای محیطی مغان، شیراز و کرمان و نیز مناطق کرمانشاه، قائم‌شهر و کرج بسیار نزدیک به هم بودند و در رتبه‌بندی هیبریدها، یکسان و مشابه عمل کردند. با توجه قدرت تفکیک بالای هیبریدها در مناطق شیراز، کرمان، کرج و قائم‌شهر، توصیه می‌شود جهت صرفه‌جویی در هزینه آزمایش‌ها در سال‌های بعد، آزمایش‌ها به جای شش منطقه در این چهار منطقه انجام شوند.

واژه‌های کلیدی: برهمکنش ژنوتیپ × محیط، سازگاری، AMMI، GGE-biplot

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی تولید و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران

۲- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۳- استادیار، گروه مهندسی تولید و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران

۴- استادیار گروه مهندسی تولید و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران

* نویسنده مسئول: mohammadrezashiri52@gmail.com

مقدمه

یکی از اهداف مهم در به‌نژادی ذرت، پایداری ارقام در شرایط محیطی مختلف است. پایداری عملکرد یک گیاه زراعی در واقع عبارت از توانایی تولید موفقیت‌آمیز آن در محیط‌های متفاوت است، به طوری که یک گیاه بتواند سرما، گرما، کمبود یا زیادبود آب، تغییرات طول روز، شدت نور و دامنه وسیعی از شرایط شیمیایی و فیزیکی خاک را در جهت رشد و نمو موفقیت‌آمیز خود تحمل کند. بدیهی است بخش عمده این سازگاری توسط ژن‌های بزرگ‌اثر و کوچک‌اثر زیادی کنترل می‌شود. سازگاری ممکن است در نتیجه یک واکنش اختصاصی برای تحمل به خشکی، سرما و سایر شرایط مساعد و نامساعد و یا نسبت به دامنه وسیعی از شرایط محیطی مختلف دیگر برای تولید عملکرد بالا باشد (Branković-Radojčić *et al.*, 2018). بنابراین، در توصیه ارقام برای زراعت در یک محیط، عملکرد دانه به تنهایی معیار مناسبی برای انتخاب نیست و تخمین درجه سازگاری و ثبات عملکرد دانه معیار مطمئن‌تری نسبت به آن است (Najafi Mirak, 2011; Shiri, 2017).

یکی از عوامل کند کردن روند اصلاح و معرفی ارقام در مناطق مختلف، برهمکنش ژنوتیپ \times محیط است. برهمکنش ژنوتیپ \times محیط اطلاعات با ارزشی در رابطه با واکنش عملکرد ارقام در محیط‌های مختلف فراهم می‌کند و نقش مهمی را برای ارزیابی پایداری عملکرد مواد اصلاحی بازی می‌کند (Karadavu *et al.*, 2010; Shiri, 2016). در این رابطه، روش‌های متعددی به‌منظور برآورد پایداری ژنوتیپی و نیز تحلیل برهمکنش ژنوتیپ \times محیط توسط محققین مختلف پیشنهاد شده است. فلورس و همکاران (Flores *et al.*, 1998) این روش‌ها را به سه گروه پارامتری، ناپارامتری و چندمتغیره تقسیم کردند. در روش‌های تک‌متغیره (گروه پارامتری و ناپارامتری) سعی می‌شود که پاسخ ژنوتیپ به محیط از طریق محاسبه یک شاخص پایداری توجیه شود. بنابراین، ممکن است یک ژنوتیپ در یک روش پایدار و در روش دیگر ناپایدار شناخته شود و نتیجه مشابهی به‌دست نیاید. اما در تجزیه‌های چند متغیره مانند تجزیه AMMI (Additive (main effects and multiplicative interaction) (Gauch, 1992)، پاسخ و واکنش یک ژنوتیپ در چند محیط مختلف ممکن است در یک فضای چندبعدی توصیف شود و در نتیجه این روش‌ها می‌توانند تفسیر آزمایش‌های یکنواخت سراسری عملکرد را ساده‌تر کنند و

ارتباط پیچیده و مرکب بین مکان‌ها، ژنوتیپ‌ها یا بین هر دو را به‌دقت توسط یک دیاگرام پراکنش توضیح دهند. بررسی‌های زوبل و همکاران (Zobel *et al.*, 1998) نشان داد که مدل تجزیه به مولفه‌های اصلی یک مدل ضربی است و بنابراین هیچ نوع منبع تغییری برای آزمون آثار اصلی جمع‌پذیر در آن وجود ندارد. پس روش تجزیه به مولفه‌های اصلی دارای مشکل تفسیر آثار اصلی است و در نتیجه، برهمکنش که طبق تعریف، باقی‌مانده حاصل از مدل جمع‌پذیر است، به‌خوبی ارزیابی نمی‌شود. مدل AMMI را زوبل و همکاران (Zobel *et al.*, 1998)، به طور مفصل بسط و مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و اظهار داشتند که مدل AMMI ترکیبی از مدل تجزیه واریانس و تجزیه به مولفه‌های اصلی است و شامل آثار اصلی ژنوتیپ و محیط و یک یا چند برهمکنش ضربی است و یک مولفه تصادفی به نام باقی‌مانده یا خطا به آن اضافه می‌شود. مولفه‌های AMMI، معیار معتبری برای بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها و ارتباط بین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها هستند. اگر چندین مولفه از مولفه‌های برهمکنش در مدل AMMI از لحاظ آماری معنی‌دار باشند، نشان‌دهنده وجود برهمکنش پیچیده ژنوتیپ \times محیط است (Gauch and Zobel, 1997). پرکاس (Purchase, 1997) با استفاده از مدل AMMI، آماره ارزش پایداری AMMI (ASV = AMMI Stability Value) معتبری برای برآورد پایداری ژنوتیپ‌ها ارائه کرد. روش‌های مختلف پایداری توسط آلبرت (Albert, 2004)، برای بررسی برهمکنش ژنوتیپ \times محیط در ذرت استفاده شد. وی بیان داشت که مدل AMMI نه‌تنها پایدارترین ژنوتیپ‌ها را معرفی می‌کند، بلکه می‌تواند بیانگر سازگاری خصوصی ارقام نیز باشد. محمدی و امری (Mohammadi and Amri, 2008) بیان کردند که پارامتر ارزش پایداری AMMI، مفهوم استاتیکی پایداری را بیان می‌کند و بنابراین ژنوتیپ‌هایی که با این روش معرفی می‌شوند، ممکن است از عملکرد متوسطی برخوردار باشند. از طرف دیگر، این روش ژنوتیپ‌های ایده‌آل را برای محیط‌های نامساعد شناسایی می‌کند. علاوه بر این‌ها، محققین مختلف در مطالعات زیادی از مدل AMMI برای بررسی برهمکنش ژنوتیپ \times محیط در ذرت استفاده کرده‌اند (Boshev *et al.*, 2014; Basafa and Taheriyani, 2016; Branković-Radojčić *et al.*, 2018; Božović *et al.*, 2018).

هدف از تحقیق حاضر، بررسی و مطالعه برهمکنش ژنوتیپ × محیط از طریق روش‌های چند متغیره AMMI و روش گرافیکی GGE biplot در هیبریدهای امیدبخش ذرت و شناسایی و معرفی هیبریدهای دارای عملکرد اقتصادی و پایدار جهت معرفی و کشت در مناطق مختلف کشور و شناسایی مناطق مطلوب (کلان) برای ارزیابی سازگاری و پایداری ارقام ذرت بود.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش تعداد هفت هیبرید جدید دیررس و میان‌رس به همراه هیبرید تجاری سینگل کراس ۷۰۴ (جمعاً هشت هیبرید) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شش منطقه مختلف (کرج، شیراز، مغان، کرمانشاه، کرمان و قائم‌شهر) در سال ۱۳۹۶ مورد بررسی قرار گرفتند. هر رقم در هر کرت شامل ۴ ردیف به فاصله ۷۵ سانتی‌متر بود و در هر ردیف کاشت ۱۶ کپه به فاصله ۳۵ سانتی‌متر کشت شد که با احتساب دو بوته در هر کپه، تراکم کاشت ۷۶ هزار بوته در هکتار بود. جهت اطمینان از سبزشدن کافی بوته‌ها، در هر کپه چهار بذر کشت شد که پس از تنک کردن در مرحله ۴-۵ برگی، دو بوته در هر کپه نگه‌داری شدند. مساحت برداشت نیز بر مبنای دو خط وسط ۸/۴ مترمربع بود. میزان کودهای نیتروژن و فسفر بر اساس آزمون خاک در هر منطقه تعیین شد، به طوری که کل کود فسفر و نیمی از کود نیتروژن (اوره) در زمان کاشت و نیمی دیگر از اوره در زمان هفت برگه شدن ذرت به صورت سرک مصرف شد. در مرحله رسیدگی، ده بلال تصادفی از هر کرت برداشت و درصد چوب بلال و درصد رطوبت دانه اندازه‌گیری شدند. سپس عملکرد دانه دو خط وسط هر کرت بر اساس درصد چوب بلال و رطوبت دانه ۱۴ درصد تصحیح و به تن در هکتار تبدیل و در تجزیه‌های آماری استفاده شد.

قبل از انجام تجزیه واریانس، نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و همگنی واریانس خطاهای آزمایشی با آزمون بارتلت بررسی و پس از تایید این مفروضات، تجزیه مرکب برای عملکرد دانه انجام شد. همچنین به منظور شناسایی و معرفی هیبریدهای پرمحصول و پایدار و تعیین محیط‌ها و ژنوتیپ‌های ایده‌آل، از دو روش چند متغیره گرافیکی AMMI (Gauch, 1992) و GGE biplot (Yan et al., 2000) استفاده شد. علاوه بر تجزیه گرافیکی، از دو آماره ارزش پایداری

روش GGE biplot (ژنوتیپ + ژنوتیپ × محیط) یکی از روش‌های نوین در بررسی برهمکنش ژنوتیپ × محیط است که در آن اثر ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ × محیط از هم تفکیک نمی‌شوند و گزینش رقم‌های پایدار بر اساس هر دو اثر صورت می‌گیرد (Yan et al., 2000). آنچه که در ارزیابی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف بسیار مهم است، این است که اثر محیط در بیش‌تر موارد بسیار بزرگ است، اما قابل بهره‌برداری نیست. بنابراین، حذف اثر محیط از داده‌ها و تمرکز بر اثر ژنوتیپ (G) و برهمکنش ژنوتیپ × محیط (GE)، حائز اهمیت است (Yan and Kang, 2003). تنها اثر ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ × محیط است که در گزینش ارقام پایدار اهمیت دارند. نکته اساسی این است که دو اثر ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ × محیط می‌بایست به صورت توأم بررسی شوند. روش GGE biplot این امکان را می‌دهد که این دو اثر (ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط) هم‌زمان و به صورت گرافیکی مورد بررسی قرار گیرند (Yan, 2001). تغییر در رتبه ارقام در پاسخ به شرایط محیطی (برهمکنش متقابل) و تغییر در مقدار پاسخ به شرایط محیطی بدون تغییر در رتبه (برهمکنش غیرمتقابل) سهم به‌سزایی در طرح‌ریزی راهبرد به‌نژادی داشته باشد. برهمکنش متقابل پیچیده‌ترین نوع برهمکنش در گزینش بهترین ژنوتیپ‌ها در یک برنامه به‌نژادی است (Pourdad and Jamshid Moghaddam, 2013). محدودیت مدل AMMI این است که نمی‌تواند بین برهمکنش متقابل (تغییر رتبه واریته‌ها در محیط‌های مختلف) و غیرمتقابل (تغییر در مقدار پاسخ واریته‌ها در محیط‌های متفاوت) را از یک‌دیگر تفکیک کند. تجزیه رگرسیون مکانی می‌تواند برهمکنش متقابل را از غیرمتقابل تمیز دهد. در واقع برای تعیین برهمکنش متقابل بایستی هم اثر ژنوتیپ (عملکرد) و هم برهمکنش ژنوتیپ × محیط مورد توجه قرار گیرند. این مطلب دلالت دارد بر این که تحقیق پیرامون برهمکنش ژنوتیپ × محیط وقتی اهمیت بیش‌تری دارد که در ارتباط با اثر ژنوتیپ مورد توجه قرار گیرد (Yan and Tinker, 2006). تعداد زیادی از محققین از این مدل برای تجزیه برهمکنش ژنوتیپ × محیط جهت ارزیابی ژنوتیپ‌ها در آزمایش‌های چندمحیطی در ذرت استفاده کرده‌اند (Fan et al., 2007; Choukan, 2011; Shiri, 2013; Shiri and Bahrampour, 2015).

انجام تجزیه واریانس مدل AMMI، R برای تجزیه و تحلیل GGE biplot و EXCEL جهت انجام محاسبات مربوط به دو آماره ASV و SIPC1 استفاده شد.

AMMI (ASV) (Purchase, 1997) و SIPC1 (Sneller *et al.*, 1997) نیز استفاده شد. برای انجام تجزیه‌های آماری از نرم‌افزارهای مختلف شامل SAS برای

جدول ۱- اطلاعات جغرافیایی و هواشناسی مکان‌های آزمایش

Table 1. Geographical and meteorological characteristics of the experimental locations

Location	Longitude	Latitude	Altitude(m)	Annual rainfall (mm)	Average temperature (°C)
Karaj	5100E	35.49N	1312.5	250	14.9
Shiraz	52.43E	46.25N	1600	354	16
Moghan	47.32E	39.41N	47.5	271.2	15.1
Kermanshah	47.26E	34.80N	1346	416.6	10.5
Kerman	56.36E	28.45N	1044	27	30
Ghaemshahr	52.46E	36.27N	14.7	724.9	16.7

نتایج و بحث

تفسیر برهمکنش ضرب‌پذیر استفاده شده است، دو مولفه اصلی اول و دوم به‌طور متوسط ۸۸-۶۱ درصد از مجموع مربعات برهمکنش را توجیه کرده‌اند (Yan and Hunt, 2002; Kaya *et al.*, 2006). مدل AMMI دارای آماره‌های مختلفی است که برای ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند و این آماره‌ها همبستگی بالایی باهم دارند (Zali, *et al.*, 2012). به‌همین دلیل تنها از دو آماره، ارزش پایداری AMMI (ASV) و SIPC1 استفاده شد.

متوسط عملکرد هیبریدها و محیط‌های آزمایشی همراه با مقادیر مولفه‌های اصلی و آماره‌های ASV و SIPC1 در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس نتایج حاصل، حداکثر عملکرد دانه به‌میزان ۱۳/۱۶ تن در هکتار متعلق به هیبرید شماره ۷ و حداقل عملکرد به‌میزان ۱۱/۵۳ تن در هکتار مربوط به هیبرید شماره ۲ بود و دامنه تغییرات عملکرد هیبریدها نیز ۱۶۳۰ کیلوگرم در هکتار ارزیابی شد. بر مبنای آماره ASV به‌ترتیب هیبریدهای شماره‌ی ۱ و ۵ جزء پایدارترین هیبریدها و هیبریدهای ۸، ۶، ۲ و ۷ پایداری متوسط از نظر پایداری عملکرد دانه را داشتند و هیبرید شماره ۱ و ۷ به‌علت بالا بودن عملکرد دانه نسبت به متوسط کل به‌عنوان هیبریدی با عملکرد دانه بالا و پایدار انتخاب شدند (جدول ۳). بر مبنای آماره SIPC1 که از قدر مطلق اولین مولفه اصلی مدل به‌دست می‌آید، نیز هیبریدهای مشابه انتخاب شدند.

نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین هیبریدها، محیط‌ها و برهمکنش هیبرید × محیط وجود داشت (جدول ارائه نشده است). تجزیه واریانس یک مدل افزایشی است که به‌خوبی آثار اصلی ژنوتیپ و محیط را تفکیک و مقدار آن را تعیین می‌کند و نیز مشخص می‌کند که برهمکنش معنی‌دار است یا نه، اما تصویری روشن از اجزاء تشکیل دهنده برهمکنش ارائه نمی‌دهد، در حالی‌که روش‌های AMMI اجزای ضرب‌پذیر و افزایشی برهمکنش را تفکیک و سهم هر یک از اجزای تشکیل دهنده را به‌طور کمی بیان می‌کنند. در این بررسی توسط مدل AMMI محیط به چهار عامل یا چهار مولفه (AMMI1) IPCA1، (AMMI2) IPCA2 و (AMMI3) IPCA3 و (AMMI4) IPCA4 تجزیه شد که فقط مولفه اول در سطح یک درصد معنی‌دار و بقیه مولفه‌ها غیرمعنی‌دار بودند. بنابراین، پارامترهای AMMI1 (مولفه اول) بیش‌تر مورد توجه قرار می‌گیرد. اولین مولفه اصلی (IPC1) ۷۲/۵۲ درصد از مجموع مربعات برهمکنش را به‌خود اختصاص داد و این مقدار برای دومین مولفه (IPC2) برابر با ۱۳/۲۵ درصد بود. دو مولفه سوم و چهارم به‌همراه مولفه باقیمانده (نویز) در مدل فقط ۱۴/۲۲ درصد از مجموع مربعات برهمکنش را توجیه کردند. در کل، مدل AMMI با مولفه‌های اصلی اول و دوم، ۸۵/۷۷ درصد از تغییرات برهمکنش را توجیه کردند (جدول ۲). در اغلب بررسی‌های سازگاری که از روش AMMI برای توجیه و

جدول ۲- تجزیه واریانس به روش AMMI و سهم منابع تغییرات مختلف در توجیه تنوع کل عملکرد دانه

Table 2. AMMI analysis of variance and contribution of different sources of variations in total variation of grain yield

Source of variations	df	Sum of squares	Mean squares	Explained variance (%)	Cumulative explained variance (%)
Environment (E)	5	1187.09	237.42**	91.13	91.13
Hybrid (H)	7	34.21	4.89**	2.63	93.75
E × H	35	81.37	2.32*	6.25	100.00
IPCA1	11	59.01	5.36**	72.52	72.52
IPCA2	9	10.78	1.20 ^{ns}	13.25	85.77
IPCA3	7	8.13	1.16 ^{ns}	9.99	95.77
IPCA4	5	2.81	0.56 ^{ns}	3.45	99.22
Residuals	3	0.64	0.21 ^{ns}	0.78	100.00
Error	96	135.11	1.41	-	-

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- میانگین عملکرد هیبریدها و محیطهای آزمایشی، مقادیر مولفه‌های اصلی و آماره‌های ASV و SIPC1 به همراه رتبه آن‌ها در تجزیه پایداری به روش AMMI

Table 3. Average yield of hybrids and experimental locations, values of principal components and ASV and SIPC statistics together with their rank in stability analysis by AMMI method

No.	Hybrid	Yield (t/ha)	IPCA1	IPCA2	ASV	Rank	SIPC1	Rank
1	KSC715B	12.82	-0.12	-0.01	0.65	1	0.12	2
2	KLM77012/4-1-1-5-1-2-1×MO17	11.53	0.50	0.31	2.73	5	0.50	5
3	KLM77012/4-1-1-5-1-2-1 × K18	12.53	1.00	-0.22	5.48	8	1.00	8
4	KSC715	13.03	-0.92	0.03	5.05	7	0.92	7
5	KSC 706	12.18	0.07	-0.58	0.71	2	0.07	1
6	KSC 705	12.54	0.46	0.46	2.56	4	0.46	4
7	KSC 703	13.16	-0.56	0.51	3.12	6	0.56	6
8	KSC 704	12.75	-0.43	-0.50	2.38	3	0.43	3
No.	Location	Yield (t/ha)	IPCA1	IPCA2	-	-	SIPC1	Rank
1	Karaj	10.36	0.95	0.29	-	-	0.95	5
2	Shiraz	18.87	-1.00	0.18	-	-	1.00	6
3	Moghan	11.99	-0.17	-0.82	-	-	0.17	1
4	Kermanshah	11.71	0.58	0.57	-	-	0.58	3
5	Kerman	11.57	-0.92	0.30	-	-	0.92	4
6	Ghaemshahr	10.91	0.56	-0.52	-	-	0.56	2

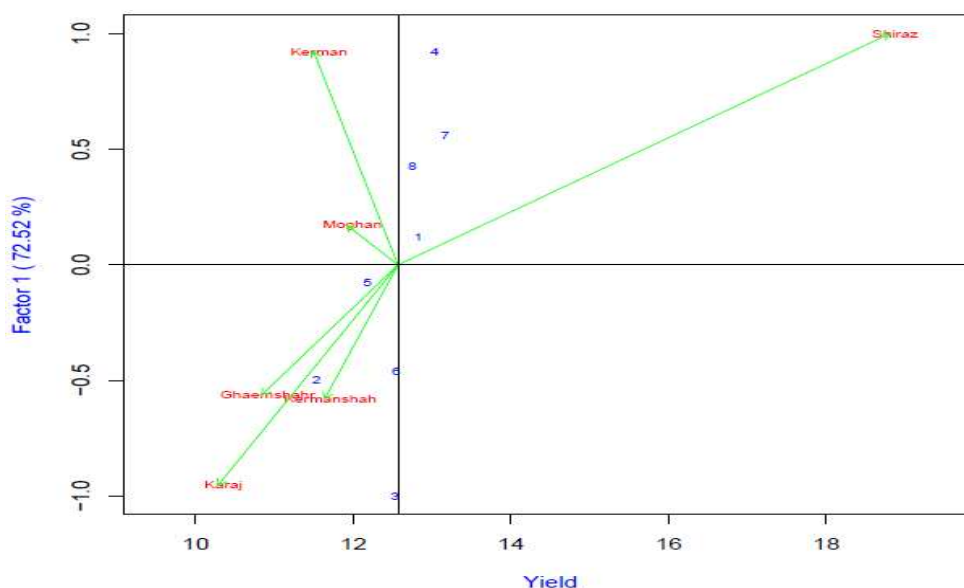
اقلیمی نیز بیانگر تفاوت اقلیمی قابل ملاحظه مناطق آزمایشی است (جدول ۱).

نمودار بای‌پلات مربوط به مولفه اصلی اول حاصل از روش AMMI در شکل ۱ ارایه شده است. در این شکل، محور افقی نمایانگر آثار اصلی جمع‌پذیر یا میانگین عملکرد دانه و محور عمودی برهمکنش ضربی یا مقادیر اولین مولفه اصلی (IPCA1) یعنی ضرایب عاملی است. در این بای‌پلات دو سری از داده‌ها روی محورها نمایش داده شده‌اند. اولین جفت مربوط به میانگین عملکرد هر ژنوتیپ

در منطقه شیراز متوسط کل عملکرد دانه هیبریدها، برابر با ۱۸/۸۷ تن در هکتار و در منطقه کرج برابر با ۱۰/۳۶ تن در هکتار بود که به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین محصول دانه را داشتند. دامنه تغییرات عملکرد محیط‌های آزمایشی ۸۵۱۰ کیلوگرم در هکتار است. لذا می‌توان گفت تفاوت بین محیط‌های آزمایشی از نظر شایستگی و توان تولیدی به مراتب بیشتر از تفاوت بین ژنوتیپ‌ها است (جدول ۳). تجزیه واریانس بیانگر نیز سهم ۹۱ درصدی عامل محیط از واریانس کل بود (جدول ۲). آماره‌های

تأثیر محیط قرار گیرد، پایداری عملکرد بیش‌تری دارد. هیبریدهایی که در مرکز بای‌پلات قرار گرفته‌اند، برهمکنش نزدیک به صفر دارند و بنابراین دارای پایداری عمومی هستند. در این تحقیق، هیبریدهای شماره ۱ و ۵ دارای مقادیر IPCA1 نزدیک به صفر و بنابراین برهمکنش کوچک بودند و از پایداری عملکرد و سازگاری عمومی خوبی برخوردار بودند. هیبریدهای ۶، ۷ و ۸ نیز دارای پایداری متوسط بودند، اما هیبرید شماره ۲ پایداری بالا و عملکرد دانه پایین داشت. در مجموع، بر اساس عملکرد دانه و پایداری هیبریدهای ذرت دانه‌ای، هیبریدهای شماره ۱، ۷ و ۸ به‌علت داشتن میانگین عملکرد بالاتر از میانگین کل می‌توانند به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی با پایداری خوب مورد توجه قرار گیرند (شکل ۱). در حالی‌که هیبریدهای ۴ و ۳ دارای بیش‌ترین مقادیر مثبت و منفی IPCA1 بودند و هیبریدهای ناپایدار محسوب می‌شوند. چنانچه ملاحظه می‌شود، نتایج بای‌پلات با آماره SIPC1 انطباق داشت. ابدون و گاچ (Ebdon and Gauch, 2002) اظهار کردند که ژنوتیپ‌های با مقادیر IPCA1 نزدیک به صفر، دارای سازگاری عمومی در تمام مناطق هستند و در مقابل، ژنوتیپ‌های با مقادیر بزرگ IPCA1 (مثبت یا منفی)، ناپایدار هستند و به‌طور معمول با محیط‌های دارای IPCA1 بزرگ و هم‌علامت، سازگاری خصوصی دارند.

(محور افقی) و مقادیر اولین مولفه اصلی هر ژنوتیپ (محور عمودی) و دومین جفت مربوط به میانگین عملکرد هر محیط (محور افقی) و مقادیر اولین مولفه اصلی هر محیط (محور عمودی) است. باید توجه داشت که ژنوتیپ‌ها و محیط‌هایی که دارای مقادیر بزرگ برای مولفه اصلی اول (مثبت یا منفی) باشند، برهمکنش بالا دارند، در حالی‌که ژنوتیپ‌ها و محیط‌های با مقادیر نزدیک به صفر مولفه اصلی اول برهمکنش کوچک دارند. از طرفی ژنوتیپ‌ها و محیط‌های دارای اولین مولفه اصلی با علامت یکسان، برهمکنش مثبت ایجاد می‌کنند، در حالی‌که ترکیب مقادیر اولین مولفه اصلی با علامت‌های مخالف، برهمکنش منفی ایجاد می‌کند. بررسی بای‌پلات شکل ۱ نشان داد که هیبریدهای شماره ۳ و ۴ و مناطق شیراز، کرج و کرمان، برهمکنش بزرگ داشتند و به‌عبارت دیگر این مناطق دارای بیش‌ترین تأثیر در برهمکنش بودند. پراکندگی محیط‌ها در این بای‌پلات نیز نشان داد که محیط‌ها به لحاظ پایداری یا ثبات عملکرد، تفاوت‌های زیادی با یکدیگر دارند که موید نتایج تجزیه واریانس مرکب است. باید توجه داشت که محیط‌هایی ایده‌آل هستند که دارای برهمکنش بزرگ باشند، چون تفاوت ارقام در این محیط‌ها بهتر مشخص می‌شود، اما در مورد رقم یا ژنوتیپ، هر چه برهمکنش کم‌تر باشد، یعنی ژنوتیپ مورد نظر کم‌تر تحت



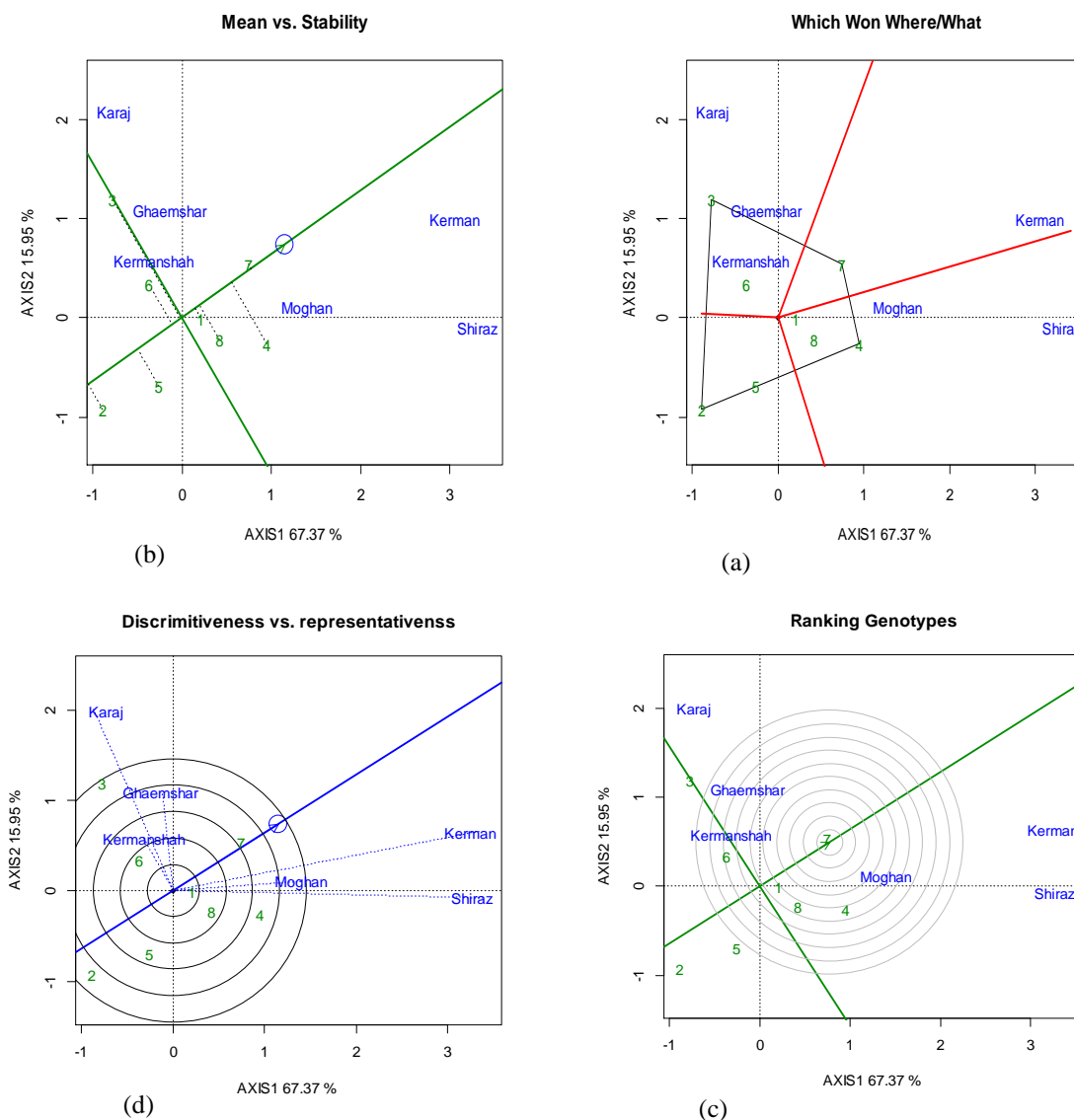
شکل ۱- نمودار بای‌پلات میانگین هیبریدها و محیط‌ها و مقادیر مولفه اصلی اولین برهمکنش G×E در مدل AMMI1
Figure 1. Biplot of the average yield of hybrids and environments and the first principal component values of G×E interaction in AMMI1 model.

هیبریدهای شماره ۱ و ۷ دارای عملکرد دانه بالا و پایداری بالا، هیبرید شماره ۸ دارای عملکرد دانه بالا و پایداری متوسط، هیبریدهای شماره ۶، ۵ و ۲ دارای عملکرد دانه متوسط و پایداری متوسط و هیبرید شماره ۳ دارای عملکرد دانه متوسط ولی پایداری بسیار پایینی بود. به‌طورکلی، با توجه به این‌که در انتخاب هیبریدها برای محیط‌های مختلف، بایستی هر دو مقوله عملکرد و پایداری را در نظر گرفت، بنابراین به‌نظر می‌رسد که هیبریدهای شماره ۷ و ۱ با داشتن پایداری خوب و عملکرد دانه بالا، بهترین هیبریدها بود.

نمودار ژنوتیپ ایده‌آل بر اساس تعیین فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل فرضی رسم می‌شود. ژنوتیپ ایده‌آل بر اساس پایدارترین و پرمحصول‌ترین ژنوتیپ تعریف می‌شود (Yan and Kang, 2003). چنین ژنوتیپی به‌عنوان ژنوتیپی که دارای بیش‌ترین طول روی بردار میانگین ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و دارای حداقل نقش در برهمکنش ژنوتیپ \times محیط باشد، تعریف می‌شود. برای استفاده از ژنوتیپ ایده‌آل به‌عنوان مرکز ارزیابی، دایره‌های هم‌مرکزی در GGE biplot به‌منظور تعیین گرافیکی فاصله بین ژنوتیپ‌های مطالعه شده با ژنوتیپ ایده‌آل ایجاد می‌شود (شکل ۲-۲c). هر ژنوتیپی که در مرکز دایره‌ها و یا نزدیک‌ترین فاصله از این ژنوتیپ فرضی باشد، به‌عنوان یک ژنوتیپ برتر با عملکرد بالا و پایداری بالا محسوب می‌شود. بر این اساس، هیبریدهای شماره ۷ و ۱ به ترتیب کم‌ترین فاصله را از ژنوتیپ ایده‌آل فرضی داشتند و برترین هیبریدها بودند. در عین‌حال هیبرید شماره ۳ بیش‌ترین فاصله را از این ژنوتیپ فرضی داشت و جزء هیبریدهای نامطلوب محسوب شد. هیبریدهای شماره ۱ و ۵ با روش AMMI به‌عنوان پایدارترین هیبریدها انتخاب شدند. در این میان هیبرید شماره ۵ دارای عملکرد پایین‌تر از میانگین کل هیبریدها بود. ولی هر دو هیبرید انتخابی با روش GGE biplot (هیبریدهای شماره ۷ و ۱)، عملکرد دانه بالایی داشتند. بنابراین، روش GGE biplot نسبت به روش AMMI ابزار مناسب‌تری برای گروه‌بندی محیط‌ها و تعیین ژنوتیپ‌های پایدار و سازگار به شرایط محیطی مختلف در این تحقیق بود.

در این تحقیق، علاوه بر روش AMMI از روش GGE biplot نیز جهت‌گزینش هم‌زمان عملکرد دانه و پایداری هیبریدهای ذرت دانه‌ای، استفاده شد. برای رسم GGE biplot از مقادیر حاصل از مدل‌های چندمتغیره مربوط به هیبریدها و محیط‌ها در یک‌شکل و به‌طور هم‌زمان استفاده شد. نتایج حاصل از روش GGE biplot نشان داد که دو مولفه اصلی اول و دوم به‌ترتیب ۶۷/۳۷ و ۱۵/۹۵ درصد و در مجموع ۸۳/۳۲ درصد از تغییرات کل مشاهده‌شده در عملکرد دانه را توجیه کردند (شکل ۲). بر این اساس، یک چندضلعی از اتصال دورترین ژنوتیپ‌ها از مبدأ بای‌پلات به‌یکدیگر ایجاد می‌شود که با استفاده از این بای‌پلات و چندضلعی درون آن می‌توان بهترین محیط و رقم را شناسایی کرد (شکل ۲-۲a). در این بای‌پلات، چهار بخش قابل مشاهده است و در هر بخش نیز بهترین ژنوتیپ، ژنوتیپی است که در رأس چندوجهی قرار دارد. بر اساس این شکل، هیبریدهای شماره ۲، ۳، ۴ و ۷ در رأس چندضلعی قرار گرفتند. این هیبریدها از نظر عملکرد دانه بهترین و یا ضعیف‌ترین هیبریدها در بعضی از محیط‌ها و یا همه محیط‌ها هستند، زیرا بیش‌ترین فاصله را از مرکز Biplot دارند. هیبرید شماره ۴ در مناطق مغان و شیراز، هیبرید شماره ۷ در منطقه کرمان و هیبرید شماره ۳ در مناطق کرمانشاه، قائم‌شهر و کرج، بیش‌ترین عملکرد دانه را داشتند و هیبریدهای برتر برای این محیط‌ها بودند. هیبرید شماره ۲ نیز اگرچه هیبریدی واقع در رأس چندضلعی بود، ولی در هیچ‌یک از محیط‌ها عملکرد دانه خوبی نداشت.

برای بررسی هم‌زمان پایداری و عملکرد هیبریدها، از داده‌های میانگین شش محیط استفاده و نمودار محور پایداری یا مختصات تستر متوسط (Average Tester Coordinate) رسم شد (شکل ۲-۲b). در این شکل، محوری که با دایره و پیکان مشخص شده است، محور پایداری است و هر هیبریدی که به این محور نزدیک باشد، پایدارتر است (Yan et al., 2000). در عین‌حال محور بعدی نشان‌دهنده متوسط عملکرد دانه هیبریدها است و هیبریدهای موجود در سمت چپ این خط، دارای عملکرد دانه پایین‌تر از متوسط کل هستند. بر این اساس،



شکل ۲- روش GGE biplot. (a) نمایش چندضلعی هشت هیبرید ذرت دانه‌ای در شش محیط، (b) ارزیابی هشت هیبرید ذرت دانه‌ای در شش محیط به‌طور هم‌زمان بر اساس عملکرد دانه و پایداری عملکرد، (c) مقایسه هشت هیبرید ذرت دانه‌ای با ژنوتیپ ایده‌آل، (d) مقایسه شش محیط آزمایش با محیط ایده‌آل و همبستگی بین آن‌ها.

Figure 2. GGE biplot method. a) Polygonal view for the eight maize hybrids at six environments, b) Evaluating the eight maize hybrids based on both grain yield and yield stability, c) Comparison of the eight maize hybrids with the ideal genotype, d) Comparison of six experimental environments with the ideal environment and correlation among them.

کسینوس زاویه بین بردارهای محیط بیانگر شدت همبستگی است. بر این اساس، مناطق شیراز، مغان و کرمان زاویه بسیار کم و همبستگی قوی نزدیک به +۱ داشتند (شکل ۲-d). این بدان معنی است که واکنش هیبریدهای مورد مطالعه در این سه محیط یکسان است و می‌توان جهت صرفه‌جویی در هزینه‌ها، اجرای آزمایش را در سال‌های بعد در یک یا دو مکان از این سه منطقه انجام داد. از طرفی، با توجه به قدرت تفکیک بالای هیبریدها در مناطق شیراز و کرمان، توصیه می‌شود آزمایش‌های

نتایج تجزیه گرافیکی برهمکنش ژنوتیپ × محیط در این پژوهش نشان داد که محیط‌های مورد مطالعه بخش بزرگی از تغییرات موجود در برهمکنش ژنوتیپ × محیط را توجیه کردند. بررسی همبستگی بین محیط‌های مورد آزمایش می‌تواند روابط بین محیط‌ها را آشکار کند و برای آزمایش‌های آینده راه‌گشا باشد. اگر دو یا چند محیط با یکدیگر همبستگی داشته باشند، می‌توان آزمایش‌ها را فقط در یک محیط اجرا کرد و به بقیه تعمیم داد (Yan and Kang, 2003). در نمودار GGE biplot مربوطه،

شود. بر این اساس، استفاده از روش‌های چندمتغیره برای مطالعه برهمکنش ژنوتیپ × محیط، یک راهکار قوی و سودمند است، زیرا ماهیت چندبعدی و پیچیده برهمکنش را به خوبی تحلیل می‌کند. در مجموع، نتایج حاصل از تحلیل پایداری با روش گرافیکی با در نظر گرفتن عملکرد دانه هیبریدها در این تحقیق نشان داد که هیبریدهای شماره ۷ و ۱ به ترتیب با ۱۳/۱۶ و ۱۲/۸۲ تن در هکتار به عنوان پایدارترین هیبریدها با سازگاری عمومی بالا بودند و می‌توانند برای همه محیط‌ها در کل کشور توصیه شوند. هیبرید شماره ۱ از هیبریدهای امیدبخش و در دست معرفی بخش تحقیقات ذرت است که علاوه بر عملکرد بالا و پایداری مناسب، برعکس سایر هیبریدهای تجاری به بیماری سیاهک نسبتاً مقاوم است. با توجه به همبستگی بالای بردارهای محیطی مناطق مغان، شیراز و کرمان با یکدیگر و نیز مناطق کرمانشاه، قائم‌شهر و کرچ با یکدیگر و با توجه به قدرت تفکیک بالای هیبریدها در مناطق شیراز، کرمان، کرچ و قائم‌شهر، پیشنهاد می‌شود جهت صرفه‌جویی در هزینه‌ها، در سال‌های بعدی به جای شش منطقه، آزمایش‌ها در این چهار منطقه انجام شود.

سال‌های بعد در شیراز و کرمان انجام شود. همچنین، همبستگی بین مناطق کرمانشاه، قائم‌شهر و کرچ بسیار بالا بود و با استدلال مشابه بهتر است جهت صرفه‌جویی در هزینه‌ها، آزمایش‌های بعدی در کرچ و قائم‌شهر اجرا شود. ولتاس و همکاران (Voltas *et al.*, 2005) و سامانته و همکاران (Samonte *et al.*, 2005) نیز تاکید کردند که مدل رگرسیون مکانی در آزمایش‌های ناحیه‌ای عملکرد، بیش‌ترین کارایی را در توجیه تغییرات داشت و استفاده از آن نتایج بهتر و موثری ارائه می‌دهد. محققین زیادی از روش GGE biplot در تفسیر برهمکنش ژنوتیپ × محیط در گیاهان زراعی مختلف استفاده و نتایج قابل قبولی را اخذ کردند (Choukan, 2011; Jandong *et al.*, 2011; Koocheki *et al.*, 2012; Mohammadi *et al.*, 2012; Shiri, 2013; Mortazavian *et al.*, 2014; Shiri and Bahrampour, 2015; Rahnejat and Farshadfar, 2015; Shiri, 2013, 2016).

نتیجه‌گیری کلی

به‌منظور بهره‌برداری مناسب و مطلوب از برهمکنش ژنوتیپ × محیط، بایستی هر دو مقوله عملکرد و پایداری به‌طور هم‌زمان در اصلاح و انتخاب ژنوتیپ‌ها در نظر گرفته

References

- Albert, M. J. A. 2004. A comparison of statistical methods to describe genotype×environment interaction and yield stability in multi-location maize trials. M. Sc. Dissertation, Department of Plant Science, The University of the Free State, Bloemfontein.
- Basafa, M. and Taheriyani, M. 2016. Analysis of stability and adoptability of forage yield among silage corn hybrids. *Journal of Crop Breeding* 8 (19): 185-191. (In Persian with English Abstract).
- Božović, D., Zivanović, T., Popović, V., Tatić, M., Gospavić, Z., Miloradović, Z., Stanković, G. and Dokić, M. 2018. Assessment stability of maize lines yield by GGE-biplot analysis. *Genetika* 50: 755-770.
- Branković-Radojčić, D., Vojka Babić, Z. G., Tivanović, A. R., Filipović, M. and Srdić, J. 2018. Evaluation of maize grain yield and yield stability by AMMI analysis. *Genetika* 50 (3): 1067-1080.
- Choukan, R. 2011. Genotype, environment and genotype×environment interaction effects on the performance of maize (*Zea mays* L.) inbred lines. *Crop Breeding Journal* 1 (2): 97-103.
- Ebdon, J. S. and Gauch, H. G. 2002. Additive main effect and multiplicative interaction analysis of national turf grass performance trials: Interpretation of genotype×environment interaction. *Crop Science* 42: 489-496.
- Fan, X. M., Kang, M. S., Chen, H., Zhang, Y., Tan, J. and Xu, C. 2007. Yield stability of maize hybrids evaluated in multi-environment trials in Yunnan, China. *Agronomy Journal* 99: 220-228.
- Flores, F., Moreno M. T. and Cubero, J. I. 1998. A Comparison of univariate and multivariate methods to analyze G×E interaction. *Field Crops Research* 56: 271-286.
- Gauch, H. G. 1992. Statistical analysis of regional trials. AMMI analysis of factorial designs. Elsevier, Amsterdam, Netherlands. 287 p.
- Gauch, H. G. and Zobel, R. W. 1997. Identifying mega-environments and targeting genotypes. *Crop Science* 37: 311-326.
- Jandong, E. A., Uguru, M. I. and Oyiga, B. C. 2011. Determination of yield stability of soybean genotypes across diverse soil pH levels. *Journal of Applied Biosciences* 43: 2924-2941.

- Kaya, Y., Akcura, M. and Taner, S. 2006.** GGE-biplot analysis of multi-environment yield trials in bread wheat. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry** 30: 325-337.
- Koocheki A. R., Sorkhileloo B. and Eslamzadeh Hesari M. R. 2012.** Yield stability of barley elite genotypes in cold regions of Iran using GGE biplot. **Seed and Plant Improvement Journal** 28-1 (4): 533-543. (In Persian with English Abstract).
- 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, R., Armion, M., Zadhasan, E., Ahmadi, M. M. and Sadeghzadeh Ahari, D. 2012.** Genotype×environment interaction for grain yield of rainfed durum wheat using the GGE bipot model. **Seed and Plant Improvement Journal** 28-1 (3): 503-518. (In Persian with English Abstract).
- Mortazavian, S. M. M., Nikkhah, H. R., Hassani, F. A., Sharif-al-Hosseini, M., Taheri, M. and Mahlooji, M. 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.
- Najafi Mirak, T. 2011.** Study of grain yield stability of bread wheat genotypes in cold agro-climatic zone of Iran. **Iranian Journal of Crop Science** 13 (2): 380-394. (In Persian with English Abstract).
- Pourdad, S. S. and Jamshid Moghaddam, M. 2013.** Study on genotype ×environment interaction through GGE biplot for seed yield in spring rapeseed (*Brassica Napus* L.) in rain-fed condition. **Journal of Crop Breeding** 5 (12): 1-14. (In Persian with English Abstract).
- Purchase, J. 1997.** Parametric analysis to describe genotype environment interaction and yield stability in winter wheat. Ph. D. Dissertation. University of the Free State, South Africa. 84 p.
- Rahnejat, S. S. and Farshadfar, E. 2015.** Evaluation of phenotypic stability in canola *Brassica napus*) using GGE-biplot. **International Journal of Biosciences** 6: 350-356.
- Samonte, S. O. P. B., Wilson, L. T., McClung, A. M. and Medley, J. C. 2005.** Targeting cultivars onto rice growing environments using AMMI and SREG GGE biplot analysis. **Crop Science** 45: 2414-2424.
- Shiri, M. 2016.** Evaluation of fresh and dry forage yield stability of forage sorghum varieties (*Sorghum bicolo* L. (Moench)) in different conditions. **Journal of Crop Breeding** 8: 93-101. (In Persian with English Abstract).
- Shiri, M. 2013.** Grain yield stability analysis of maize (*Zea mays* L.) hybrids in different drought stress conditions using GGE biplot analysis. **Crop Breeding Journal** 3 (2): 107-112.
- Shiri, M. and Bahrapour, T. 2015.** Genotype × environment interaction analysis using GGE biplot in grain maize (*Zea mays* L.) hybrids under different irrigation conditions. **Cereal Research** 5: 83-94. (In Persian with English Abstract).
- Sneller, C. H., Kilgore-Norquest, L. and Dombek, D. 1997.** Repeatability of yield stability in soybean. **Crop Science** 37: 383-390.
- Voltas, J., Lopez-Corles, H. and Borrás, G. 2005.** Use of biplot analysis and factorial regression for the investigation of superior genotypes in multi-environment trials. **European Journal of Agronomy** 22: 309-324.
- Yan, W. 2001.** GGE-biplot: A widow's application for graphical analysis of multienvironment trial data and other types of two-way data. **Agronomy Journal** 93: 1111-1118.
- Yan, W. and Hunt, L. A. 2002.** Biplot analysis of diallel data. **Crop Science** 42: 21-30.
- Yan, W. and Kang, M. S. 2003.** GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists and agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. 288 p.
- Yan, W. and Tinker, N. A. 2006.** Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. **Canadian Journal of Plant Science** 86: 623-645.
- Yan, W., Hunt, L. A., Sheng, Q. and Szlavnic, Z. 2000.** Cultivar evaluation and mega environment investigations based on the GGE biplot. **Crop Science** 40: 597-605.
- 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.
- Zobel, R. W., Wright, M. J. and Gauch, H. G. 1988.** Statistical analysis of a yield trial. **Agronomy Journal** 80 (3): 388-393.



Grain yield stability of promising grain maize (*Zea mays* L.) hybrids in different regions of Iran

Mojtaba Joekar¹, Mohammadreza Shiri^{2*}, Raheleh Khademian³ and Roghayeh Aminian⁴

Received: September 28, 2019

Accepted: December 11, 2019

Abstract

To investigate the response of new maize hybrids to different environmental conditions and determine their grain yield stability, an experiment was conducted using eight maize hybrids in a randomized complete block design with three replications in six locations in 2016. Due to the significant hybrid \times environment ($G \times E$) interaction, stability analysis was performed using two multivariate methods, AMMI and GGE-biplot. The results of the AMMI model showed that only the first principal component (AMMI1) was significant and accounted for 72.52% of the $G \times E$ variation. Based on AMMI model statistics (SPCA1 and ASV), the hybrids No. 1 (KSC715B) and 5 (KSC706) were selected as the highest stable hybrids. The results of stability analysis by GGE-biplot procedure showed that 83.32% of the total grain yield variation was explained by the first and second component of GGE-biplot and the hybrids No. 1 (SC715B) and 7 (SC703) were identified as the hybrids with higher stability. In total, based on grain yield and the results of stability analysis using these two methods, the hybrids No. 7 (SC703) and 1 (SC715B) with grain yield of 13.16 and 12.82 t/ha, respectively, were identified as the most stable hybrids with most high yielding and due to high general adaptability, can be cultivated in different regions of Iran. Also, biplot of correlation among environments revealed that Moghan, Shiraz and Kerman as well as Ghaemshahr, Kermanshah and Karaj, were very close to each other and were similar in ranking the studied hybrids. Considering high decreament power of hybrids in Shiraz, Kerman, Karaj and Ghaemshahr regions and in order to save the costs of future experiments, it is recommended that the experiments be carried out in these four regions instead of six.

Keywords: AMMI, GGE-biplot, graphical, Adaptability

-
1. M. Sc. Student, Dept. of Plant Production and Breeding Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, International University of Imam Khomeini, Qazvin, Iran
 2. Research Assist. Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
 3. Assist. Prof., Dept. of Plant Production and Breeding Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, International University of Imam Khomeini, Qazvin, Iran
 4. Assist. Prof., Dept. of Plant Production and Breeding Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, International University of Imam Khomeini, Qazvin, Iran

* Corresponding author: mohammadrezashiri52@gmail.com