نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد نهم، شماره ۲(۳۴)، تابستان ۱۳۹۴، صفحه ۲۹۲-۲۷۵

بررسی پایداری عملکرد دانه ارقام و لاین‌های امیدبخش گندم نان مناطق سرد با استفاده از آماره‌های مختلف پایداری

علیرضا تاری‌نژاد[1*] و میرسعید عابدی[2]

چکیده

به منظور بررسی پاسخ ارقام و لاین‌های مختلف گندم نسبت به شرایط متفاوت محیطی و تعیین پایداری عملکرد دانه، آزمایشی با استفاده از ده رقم و لاین امیدبخش گندم نان مناطق سردسیر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان‌شرقی از پاییز ۱۳۸۸ به مدت چهار سال زراعی به اجرا درآمد. نتایج حاصل از تجزیه مرکب نشان داد که بین محیط‌ها، ژنوتیپ‌ها و اثرمتقابل ژنوتیپ و محیط اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود دارند. با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ با محیط، تجزیه پایداری با استفاده از روش‌های مختلف از جمله روش‌های غیرپارامتری رتبه‌ای، واریانس محیطی رومر، ضریب تغییرات محیطی، اکووالانس ریک، واریانس شوکلا، ابرهارت راسل، ضریب تشخیص پنتوس، گزینش همزمان برای عملکرد و پایداری، ارزش پایداری امی و GGE biplot انجام شدند تا پایدارترین و پرمحصول‌ترین ارقام شناسایی شوند. در کل، نتایج حاصله از انجام روش‌های مختلف تجزیه پایداری نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۹ (رقم میهن)، شماره ۷ (Gaspard/Attila) و ۱ (..Shi#4414 /Crow" s "//Kvz/6/1-68-120/5/Gds/4/Anza) به‌ترتیب با میانگین عملکرد ۷/۳۶، ۷/۱۲ و ۷/۱۲ تن در هکتار پایدارترین و پرمحصول‌ترین ارقام بوده و قابل توصیه به زارعین منطقه جهت کشت در مناطق سرد استان آذربایجان‌شرقی و یا استان‌های همجوار با شرایط آب و هوایی مشابه می‌باشند. روش گزینش همزمان در مقایسه با سایر روش‌های مختلف تجزیه پایداری، عمدتاً ارقام پرمحصول را به عنوان رقم پایدار معرفی می‌نماید. بنابراین، از این لحاظ دارای اشکال می‌باشد. همچنین پارامترهای پایداری ضریب تغییرات محیطی و واریانس محیطی رومر در معرفی ارقام پرمحصول با مشکل مواجه است. زیرا، ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا از طریق این شاخص‌ها از پایداری کمتری برخوردار هستند.

واژگان کلیدی: تجزیه امی، سازگاری، روش جی‌جی‌ای‌بای پلات، گندم.

۱- دانشیار گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران (* نگارنده‌ی مسئول)
atarinejad@yahoo.com

۲- عضو هیئت علمی بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان‌شرقی، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۶/۲۲
تاریخ پذیرش: ۹۴/۳/۶

مقدمه

یکی از اهداف مهم در به‌نژادی گندم، پایداری ارقام در شرایط مختلف محیطی است. پایداری عملکرد یک گیاه زراعی در واقع عبارت از توانایی تولید موفقیت آمیـز آن در محیطی خاص می‌باشد. به‌طوری‌که یک گیاه بایستی بتواند سرما، گرما، کمبود یا اضافه بودن آب، تغییرات طول روز، شدت نور و دامنه وسیعی از شرایط شیمیایی و فیزیکی خاک را در جهت رشد و نمو موفقیت آمیز خود تحمل نماید. بدیهی است بخش عمده از این سازگاری توسط ژن-های بزرگ اثر و کوچک اثر زیادی کنترل می‌شود. سازگاری ممکن است در نتیجه یک واکنش اختصاصی برای تحمل خشکی، سرمای زیر صفر و سایر شرایط مساعد و نامساعد و یا نسبت به دامنه وسیعی از دیگر شرایط مختلف محیطی برای تولید عملکرد بالا باشد (Hawtin *et al*., 1996).

مطالعه و سنجش میزان سازگاری و پایداری عملکرد ارقام در شرایط مختلف محیطی در برنامه‌های اصلاح نباتات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در توصیه ارقام برای زراعت در یک محیط، عملکرد دانه به تنهایی معیار مناسبی برای انتخاب نبوده و تخمین درجه سازگاری و ثبات عملکرد دانه معیار مطمئن‌تری نسبت به آن است (Najafi Mirak, 2011).

اثر متقابل ژنوتیپ و محیط یکی از مسایل مهم و پیچیده برنامه‌های به‌نژادی برای تهیه ارقام پر محصول و سازگار به‌شمار می‌رود. در اکثر برنامه‌های اصلاحی، به‌خصوص جهت مقایسه ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف، به علت وجود اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط، تظاهر ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف متفاوت می‌باشد. به همین دلیل توصیه و معرفی ارقام برتر در محیط‌هایی با شرایط آب و هوایی مختلف پیچیده است (Eberhart and Russell, 1966). در این رابطه، روش‌های متعددی به منظور برآورد پایداری ژنوتیپی و نیز تحلیل اثر متقابل ژنوتیپ و محیط توسط محققین مختلف پیشنهاد شده اند. به عنوان مثال، رومر (Rommer, 1947) برای اولین‌بار از واریانس ارقام در محیط‌های مختلف برای تعیین پایداری استفاده کرد. بر اساس روش واریانس محیطی رومر، ژنوتیپی پایدار است که دارای حداقل واریانس محیطی باشد. ریک (Wricke, 1962) پیشنهاد کرد که برای توصیه یک گیاه زراعی به یک محیط از اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط، به عنوان پارامتر پایداری استفاده شود. به‌طوری‌که، این اثر برای هر ژنوتیپ مجذور شده و در همه محیط‌ها جمع شود. این پارامتر پایداری اکووالانس نامیده شد و آن مستقیماً به اثـر متقابل ژنوتیپ و محیط مربـــوط می‌شود.

فرانسیس و کاننبرگ (Francis and Kannenberg, 1978) به‌منظور تعیین پایداری ژنوتیپ‌های ذرت، از ضریب تغییرات ژنوتیپی استفاده کردند تا همبستگی احتمالی بین میانگین عملکرد و واریانس ارایه شده توسط رومر را حذف کنند. بر اساس این معیار، ژنوتیپی پایدار است که ضریب تغییرات آن کمتر باشد. لین و همکاران (Lin *et al*., 1986) اعلام داشتند که چنانچه محقق علاقه‌مند به تعیین پایداری در دامنه معینی از شرایط محیطی باشد، پارامتر پایداری ضریب تغییرات می‌تواند معیار مفیدی باشد.

پارامتر پایداری ضریب رگرسیونی برای نخستین بار به‌وسیله فینلی و ویلکینسون (Finlay and Wilkinson, 1963) پیشنهاد گردید و این روش پس از آن به‌وسیله ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966) برای نشان دادن سازگاری ارقام به تغییرات محیط به کار گرفته شد. فینلی و ویلکینسون (Finlay and Wilkinson, 1963) بیان کردند که شیب خط معیاری برای نشان دادن سازگاری و

پایداری ارقام است. بر مبنای این روش، ارقامی که دارای شیب خط (β) نزدیک به یک هستند دارای سازگاری عمومی یا پایداری متوسطی می‌باشند.

ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966)، میانگین عملکرد، ضریب رگرسیون فنیلی ویلکینسون و واریانس انحراف از خط رگرسیون را جهت تشخیص واریته‌های پایدار به کار بردند. به نظر آنها واریته‌های ایده‌ال دارای ضریب رگرسیون نزدیک به یک و انحـراف از رگرسیون معادل صفر می‌باشند. پینتوس (Pinthus, 1973) به نوبه خود پیشنهاد کرد که به جای میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون، از ضریب تشخیص استفاده شود.

برای تجزیه اثرات متقابل ژنوتیپ× محیط در آزمایش‌های مقایسه عملکرد، زوبل و گاج (Zobel and Gauch, 1988) از روش امی استفاده کردند. این مدل در واقع یک روش تغییر یافته است که قبلاً توسط گلوب (Gollob, 1968) در علوم اجتماعی و علوم پایه به کار گرفته شده بود.

روش بای‌پلات ابزاری بسیار مفید جهت ارزیابی چشمی و تفسیر پاسخ الگوی ارقام، محیط‌ها و اثر متقابل آنها می‌باشد. بای‌پلات نمایش گرافیکی و ارایه رفتار همزمان دو منبع متغیر می‌باشد. این روش برای اولین بار توسط گابریل (Gabriel, 1971) پیشنهاد شد و در ادامه این پژوهش‌ها، روش گرافیکی مناسبی جهت تجزیه داده‌های با حجم زیاد توسط سایر محققین نیز معرفی شد (Crossa *et al*., 1991; Gauch, 2006).

از آن‌جایی که هر کدام از این پارامترهای پایداری دارای نقاط قوت و ضعف در تشخیص ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار می‌باشد، بنابراین، هر گروه از محققین، از یکی از روش‌ها و یا ترکیبی از آنها را در مطالعات خویش جهت یافتن واریته‌های پرمحصول و پایدار استفاده کرده‌اند. در این پژوهش تلفیقی از روش‌های مختلف که در بالا به آنها اشاره گردید، جهت تعیین پایداری ارقام و لاین‌های امید بخش گندم نان به کار گرفته شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان‌شرقی به مدت چهار سال زراعی از پاییز ۱۳۸۸ اجرا گردید. اراضی این ایستگاه بر اساس طبقه‌بندی علمی دومارتن، دارای اقلیم نیمه خشک سرد با میانگین دمای سالیانه ۱۰/۵ درجه سلسیوس، میانگین حداکثر دمای سالیانه ۱۶/۵ درجه سلسیوس، میانگین حداقل دمای سالیانه ۲/۷۸ درجه سلسیوس و میانگین بارندگی سالیانه ۲۷۰ میلی‌متر است. خاک منطقه از نوع لوم رسـی با ۱/۵ درصـد ماده آلی و pH=8 می‌باشد. ده ژنوتیپ از ارقام امیدبخش گندم نان مناطق سرد کشور (جدول ۱)، از بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر مرکز تحقیقات کشاورزی تبریز تهیه و در طی چهار سال زراعی با سه تکرار بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد بررسی قرار گرفتند. جهت پخش تصادفی ارقام، به منظور تامین فرض استقلال اشتباهات آزمایشی در تجزیه واریانس، پس از رسم نقشه اولیه طرح، توزیع تصادفی بلوک‌ها و تیمارهای درون بلوک‌ها در هر سال مستقل از سال‌های دیگر انجام شد. قطعه زمین مورد نظر جهت انجام آزمایش در شهریور هر سال شخم زده شد. بذر کاری پس از انجام شخم و دیسک، کرت‌بندی مزرعه آزمایشی با توجه به طرح مورد استفاده صورت گرفت. بذور قبل از کاشت، با قارچ کش مانکوزب به منظور کنترل بیماری‌های قارچی ضد عفونی گردید. کاشت بذور در ۱۵ مهرماه هر سال انجام شد و بلافاصله بعد از کاشت آبیاری اول انجام گرفت. ابعاد هر کرت ۳ مترمربع و فاصله پشته‌ها از یکدیگر ۲۰ سانتی‌متر بعد از حذف حاشیه‌ها در نظر گرفته شدند. هر کرت شامل ۵ خط

کاشت با فاصله ۲۰ سانتی‌متر و بذور با احتساب ۴۰۰ بوته در متر مربع کشت گردیدند. فاصله هر تکرار از همدیگر ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. آبیاری به‌صورت مرتب و منظم با روند رشد، فنولوژی گیاه و شرایط آب و هوایی منطقه به طور یکسان برای کلیه تیمارها انجام گرفت. کود پتاس و فسفات در پاییز قبل از شخم و کود اوره (در دو نوبت قبل از پنجه‌زنی و سنبله رفتن به صورت سرک) به میزان مورد نیاز مطابق نتایج تجزیه آزمایش خاک پخش گردید. وجین و کنترل علف‌های هرز در موقع نیاز به صورت دستی در چندین مرحله انجام پذیرفت.

بعد از جمع‌آوری داده‌ها و بررسی نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس اشتباه آزمایشی در هر سال، تجزیه مرکب برای عملکرد دانه با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C (Alizadeh and Tarinejad, 2010) انجام گرفت. نتایج حاصل از تجزیه مرکب نشان داد که میان ژنوتیپ‌ها، سال‌ها و اثرمتقابل ژنوتیپ با سال اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود دارند. به خاطر وجود اثر متقابل معنی‌دار، تجزیه پایداری عملکرد دانه با استفاده از روش‌های مختلف پارامتر پایداری نظیر روش غیرپارامتری رتبه‌ای (میانگین رتبه، انحراف معیار رتبه و ضریب تغییرات رتبه)، روش‌های تک متغیره تجزیه پایداری به روش پارامتری (ضریب تغییرات محیطی، واریانس محیطی، واریانس پایداری شوکلا و اکووالانس ریک)، روش گزینش همزمان، روش ابرهارت و راسل(ضریب رگرسیون، انحراف از رگرسیون و ضریب تشخیص)، روش AMMI (Crossa et *al*., 1991) و روش GGE biplot انجام گردید. برای انجام تجزیه‌های آماری از نرم‌افزارهای مختلف نظیر SPSS, GGEBiplot, GENSTAT, EXCEL, S116, EBRUS استفاده گردید.

نتایج و بحث

روش‌های غیر پارامتری تجزیه پایداری ارقام گندم نان

تجزیه پایداری عملکرد دانه به روش رتبه‌ای: نتایج حاصل از تجزیه پایداری عملکرد دانه (جدول ۲) با روش غیر پارامتری رتبه‌ای نشان‌داد که کمترین میـــزان میانگین رتبه متعلق به ژنوتیپ شماره ۱۰ با $\bar{R}$= ۳ و بعد از آن به ژنوتیپ شماره ۹ با $\bar{R}$ ۳/۸ تعلق دارد. همچنین نتایج حاصل از انحراف معیار رتبه (SDR) نشان‌داد که کمترین مقدار انحراف معیار رتبه متعلق به ژنوتیپ‌های شماره ۷ و ۹ به ترتیب برابر ۱/۲۹ و ۱/۷۱ می‌باشند. کمترین مقدار ضریب تغییرات رتبه به ژنوتیپ‌های شماره ۶ و ۷ تعلق داشتند. بر اساس نتایج حاصل از این روش ژنوتیپ شماره ۷ با میانگین عملکرد ۷/۱۲ تن در هکتار و در مرتبه بعدی ژنوتیپ شماره ۹ (رقم میهن) با میانگین عملکرد ۷/۳۶ تن در هکتار در زمره‌ی پایدارترین ژنوتیپ‌ها محسوب می‌گردند. ژنوتیپ شماره ۵ با داشتن بیشترین میانگین رتبه، واریانس و ضریب تغییرات رتبه، ناپایدارترین ژنوتیپ در بین لاین‌ها و ارقام شناخته شد.

روش‌های تک متغیره تجزیه پایداری به روش پارامتری

بررسی پایداری عملکرد دانه با استفاده از ضریب تغییرات، واریانس محیطی، واریانس پایداری شوکلا و اکووالانس ریک

روش ضریب تغییرات و واریانس محیطی: نتایج ضریب تغییرات و واریانس محیطی که از پارامترهای پایداری تیپ I می‌باشند در جدول ۳ آورده شده‌اند. در این روش‌های پایداری، ژنوتیپ‌های پایدار دارای کمترین میزان واریانس محیطی و ضریب تغییرات محیطی هستند. ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۴ و ۹ کمترین مقدار از این شاخص‌های پایداری را به خود اختصاص

داده‌اند و با توجه به عملکرد بالای ژنوتیپ شماره ۹ (رقم میهن) نسبت به میانگین کل می‌توان این ژنوتیپ را به عنوان رقم پرمحصول و پایدار در منطقه معرفی نمود. کمترین میزان پایداری در این روش به ژنوتیپ شماره ۵ تعلق داشت. به نظر می‌رسد این شاخص‌ها در معرفی ارقام پرمحصول با مشکل مواجه است زیرا ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا از پایداری کمتری توسط این شاخص برخوردار هستند.

روش‌های واریانس پایداری شوکلا و اکووالانس ریک

این دو پارامتر، بیانگر پایداری نوع دوم لین و همکاران (Lin *et al*.,1986) می‌باشند. نتایج حاصل از این روش در جدول ۳ ارایه شده‌اند. به جهت تعیین سهم هر ژنوتیپ در مجموع مربعات اثر متقابل×محیط و محاسبه آن به عنوان یک آماره پایدار، واریانس پایداری شوکلا برای ژنوتیپ‌های مطالعه شده محاسبه شد. واریانس پایداری شوکلا مستقیماً به اثر متقابل ژنوتیپ×محیط مربوط می‌شود. بر اساس نتایج به دست آمده ژنوتیپ‌های شماره ۷ و ۹ به ترتیب دارای کمترین میزان واریانس پایداری شوکلا و اکووالانس ریک می‌باشند. بنابراین، این دو ژنوتیپ به علت داشتن عملکردی بالاتر از میانگین کل از نظر این شاخص‌ها، ژنوتیپ‌هایی پایدار با عملکرد بالا محسوب می‌شوند. ژنوتیپ‌های ۲ و ۱۰ با داشتن بیشترین میزان واریانس پایداری شوکلا و اکووالانس ریک جز ژنوتیپ‌های ناپایدار در این روش معرفی می‌گردند. به‌طور کلی بررسی پایداری با استفاده از واریانس پایداری شوکلا، اکووالانس ریک، ضریب تغییرات و واریانس محیطی رومر نشان دادند که ژنوتیپ شماره ۹ (رقم میهن) به عنوان ژنوتیپ پایدار از نظر عملکرد دانه محسوب می‌شود.

روش گزینش همزمان برای عملکرد دانه و پایداری ژنوتیپ‌های گندم نان

نتایج حاصل از این روش در جدول ۴ ارایه شده است. بر اساس این روش ژنوتیپ‌هایی می‌توانند انتخاب شوند که اثر توأم عملکرد و پایداری بالاتر از میانگین داشته باشند و بنابراین، ژنوتیپ‌های شماره ۹ (رقم میهن)، ۱ و ۱۰(رقم الوند) به‌ترتیب به عنوان ژنوتیپ‌های برتر انتخاب شدند. ژنوتیپ‌های شماره ۶ و ۵ به‌ترتیب با داشتن کمترین میزان اثر توام عملکرد و پایداری به عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها معرفی می‌گردند. در واقع این روش تجزیه پایداری ارقام پرمحصول را به عنوان رقم پایدار معرفی می‌نماید. زیرا هر سه رقم پایدار معرفی شده توسط این روش از پتانسیل عملکرد بالایی نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها برخوردار هستند و ضمناً ارقام کم محصول را جزو ارقام ناپایدار قلمداد می‌نماید و این از معایب اصلی این روش محسوب می‌گردد.

برآورد پارامترهای پایداری عملکرد گندم نان با استفاده از روش‌های مبتنی بر تجزیه رگرسیون

روش ابرهارت و راسل(ضریب رگرسیون، انحراف از رگرسیون و ضریب تشخیص پنتوس)

نتایج تجزیه واریانس پایداری برای عملکرد دانه به روش ابرهارت و راسل (۱۹۶۶) در جدول ۵ ارایه شده و نشان می‌دهد که اثر محیط (خطی) در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد. معنی‌دار بودن اثر محیط (خطی) بیانگر وجود یک رابطه خطی برای تنوعات محیطی یا تغییرات عملکرد محیط‌ها (شاخص‌های محیطی) است. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (خطی) غیرمعنی‌دار می‌باشد. معنی‌دار نبودن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (خطی) حاکی از این‌است که بین ژنوتیپ‌ها از نظر شیب خط رگرسیون تفاوت معنی‌دار وجود ندارد و پاسخ خطی همه ژنوتیپ‌ها به شاخص محیطی یکسان است. معنی‌دار بودن انحراف

از رگرسیون برای ژنوتیپ‌های شماره ۱۰ و ۶ بیانگر این است که آنها دارای یک واکنش غیرقابل پیش‌بینی نسبت به تغییرات محیطی هستند. واریانس انحراف از رگرسیون برای سایر ژنوتیپ‌ها معنی‌دار نبود که نشان دهنده توانایی خوب مدل رگرسیون خطی در توجیه تغییرات عملکرد ژنوتیپ، در محیط ها و تمرکز نقاط عملکرد هر ژنوتیپ در اطراف خط رگرسیون بود. به‌طور کلی، ژنوتیپ‌های شماره ۹، ۷ و ۱ در میان ژنوتیپ‌های مطالعه شده با توجه به ضریب رگرسیون نزدیک به ۱ و داشتن کمترین واریانس انحراف از رگرسیون و عملکرد بالاتر از میانگین کل، به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها بر اساس مدل ابرهارت و راسل انتخاب‌شدند (جدول ۶). ژنوتیپ‌های شماره ۲ و ۱۰ به علت عدم داشتن ضریب رگرسیون نزدیک به ۱، داشتن واریانس انحراف از رگرسیون بالا به عنوان ژنوتیپی با کمترین پایداری معرفی می‌شوند. نتایج حاصل از ضریب تشخیص برای صفت عملکرد دانه در جدول ۶ ارایه شده است. در این روش ژنوتیپ‌های ۷، ۵، ۴، ۹ و ۱ به‌ترتیب دارای بیشترین ضریب تشخیص هستند و به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار و ژنوتیپ‌های شماره ۲ و ۱۰ از سوی دیگر به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناسایی‌شدند. چنین به نظر می‌رسد که روش ابرهارت و راسل در معرفی ارقام پایدار در طی محیط با محافظه‌کاری مواجه‌است زیرا ژنوتیپ‌هایی که بالاترین عملکرد دانه را دارند از کمترین پایداری در این روش برخوردار هستند.

روش‌های چند متغیره: بررسی پایداری با استفاده از روش AMMI (مؤلفه‌های اصلی اول و دوم و ارزش پایداری AMMI(ASV))

تجزیه واریانس مدل AMMI برای عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه به روش AMMI در جدول ۷ نشان داده شده‌اند. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد و نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف عملکرد متفاوتی دارند. اثر محیط در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار به‌دست آمد. میانگین مربعات اثر ژنوتیپ برابر با ۶/۳۶ برآورد شد که در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده‌است. معنی‌دار بودن مجموع مربعات ژنوتیپ‌ها نشان‌دهنده پاسخ مختلف ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌باشد. ۷۰/۷۷ درصد از مجموع مربعات کل به اثرات محیطی، ۱۰/۸۴ درصد به اثرات ژنوتیپی و ۱۸/۲۹ درصد به اثر متقابل ژنوتیپ × محیط اختصاص یافته‌است.

بررسی پایداری عملکرد دانه با استفاده از روش AMMI

به منظور تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط با استفاده از مدل AMMI، با دو مؤلفه تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روی ماتریس باقی‌مانده صورت گرفت و دو مؤلفه اصلی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شدند. مؤلفه اصلی اول (PCA_1) ۶۱/۲۱٪، مؤلفه اصلی دوم ($IPCA_2$) ۲۴/۴۹٪ از مجموع مربعات اثر متقابل را به خود اختصاص دادند و مجموعاً ۸۵/۷ درصد از تغییرات را توجیه نمودند. برای ارزیابی پایداری ارقام از آماره جدید ارزش پایداری AMMI (ASV) استفاده‌شد که نتایج آن در جدول ۸ ارایه شده است. کمترین $IPCA_1$ مربوط به ژنوتیپ‌های ۵، ۸، ۶، ۱ و ۷ و کمترین $IPCA_2$ مربوط به ژنوتیپ‌های ۷، ۵، ۹ و ۴ می‌باشند. بر اساس مقادیر مؤلفه اول و دوم ژنوتیپ‌های شماره ۷ و ۹ با عملکرد بالاتر از میانگین کل جزو ژنوتیپ‌های پایدار برآورد شدند. در روش ارزش پایداری AMMI ژنوتیپی پایدار است که ASV کمتری داشته باشد. در این روش ژنوتیپ‌های ۷ و ۹ کمترین ASV را به خود اختصاص دادند و عملکرد آنها از میانگین کل بیشتر است. لذا، به‌عنوان

ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا شناخته شدند. ژنوتیپ‌های شماره ۲،۱۰ و ۵ از سوی دیگر با داشتن بالاترین ASV، دارای کمترین پایداری بودند.

پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم مورد مطالعه با استفاده از روش GGE biplot

جهت بررسی و تفسیر تنوع ارقام، محیط‌ها و مطالعه اثرمتقابل ژنوتیپ و مکان از تجزیه گرافیکی استفاده شد (شکل‌های ۱، ۲ و ۳). بر اساس روش GGE biplot مجموع دو مؤلفه اصلی اول (PC1=۵۹/۹۶٪ و PC2=۲۶/۵۴٪) ۸۶/۵ درصد می‌باشد (شکل ۱) به عبارت دیگر بای پلات ۸۶/۵ درصد از تغییرات عملکرد (توسط مدل GGEbiplot) را توجیه کرده‌است. طبق نظر یانگ و همکاران (Yang *et al*., 2009) اگر این نمودار حداقل ۶۰ درصد از واریانس داده‌ها را توجیه نماید می‌تواند برای استخراج ابرمحیط‌ها استفاده شود.

در بای پلات شکل ۱ یک چند ضلعی از متصل کردن دورترین ژنوتیپ‌ها از مبدأ بای پلات به یکدیگر ایجاد می‌شود و شامل اطلاعات جامع می‌باشد. با استفاده از این بای پلات و چند ضلعی درون آن می‌توان بهترین محیط و رقم را شناسایی‌کرد. در هر محیط نیز بهترین ژنوتیپ‌ها در رأس چند وجهی قرار دارند. این ژنوتیپ‌ها نیز از نظر عملکرد بهترین و یا ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها در بعضی از محیط‌ها و یا همه محیط‌ها بودند. بر اساس این نمودار ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۵، ۶ و ۱۰ در رأس این چند ضلعی قرار گرفته‌اند. در طی ۴ سال ژنوتیپ‌های ۹، ۷ و ۱ به عنوان ژنوتیپ‌هایی با پایداری و میانگین عملکرد بالاتر از میانگین کل شناخته شدند.

میانگین عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌ها

رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد و میزان پایداری عملکرد در شکل ۲ نشان داده شده‌اند خطی که از مرکز بای پلات (مبدا) گذشته و روی محور میانگین محیط‌ها عمود شده است جهت تعیین پایداری ارقام استفاده می‌شود. ارقامی که نزدیک به مبدا این محور قرار دارند نسبت به ارقامی که نزدیک به انتهای این خط می‌باشند از پایداری بیشتری برخوردار هستند. ژنوتیپ‌هایی که در راستای محور عمودی خط کوتاه‌تر و آنهایی که در جهت مثبت محور افقی قرارگرفته‌اند، از پایداری عملکرد بیشتری برخوردار می‌باشند. به بیان دیگر نسبت به تغییر محیط واکنش زیادی نشان نمی‌دهند (Yan and Rajcan, 2002). با توجه به این شکل ژنوتیپ شماره ۱۰ بالاترین میانگین عملکرد و ژنوتیپ ۶ پایین‌ترین میزان عملکرد را دارا می‌باشند. بنابراین، ژنوتیپ‌های شماره ۱۰، ۹ و ۷ پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. پایداری زمانی محقق می‌شود که عملکرد متوسط و بالا در نظر گرفته شود (شکل ۲).

تعیین ژنوتیپ ایده‌آل با استفاده از روش گرافیکی GGE biplot

ژنوتیپ ایده‌آل ژنوتیپی است که از میانگین عملکرد بالا و پایداری برخوردار باشد و از نظر مکانی در مرکز دوایر متحدالمرکز بای پلات قرار گیرد. مرکز دایره‌های متحدالمرکز جایی است که ایده‌آل‌ترین ژنوتیپ‌ها می‌توانند در آن واقع شوند و ژنوتیپ‌هایی که نزدیک به ژنوتیپ ایده‌آل باشند به عنوان ژنوتیپ‌های برتر معرفی می‌شوند. بر این اساس ژنوتیپ شماره ۱۰ نزدیک‌ترین ژنوتیپ به مرکز بای پلات و به عنوان ژنوتیپ ایده‌آل شناخته شد و ژنوتیپ‌های ۹ و ۷ نزدیک به ژنوتیپ ایده‌آل به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار و پرمحصول معرفی می‌شوند. در بین سال‌های مختلف مورد آزمایش سال دوم به عنوان ایده‌آل‌ترین سال و سال سوم نزدیک به آن به عنوان سال پرمحصول معرفی می‌گردد (شکل ۳).

رحیمی و همکاران (Rahimi *et al*., 2009) به منظور تعیین پایداری عملکرد دانه ارقام و لاین‌های

گندم، تاریخ کاشت مناسب و ژنوتیپ‌های پرمحصول برای اقلیم معتدل کشور، ۱۵رقم و لاین امیدبخش گندم را در سه تاریخ کاشت مورد ارزیابی قرار دادند. برای بررسی دقیق‌تر تجزیه پایداری از روش‌های مختلف استفاده شد و نتایج حاصل از روش‌های ارزیابی شده تا اندازه‌ای مشابه بودند و در بیشتر روش‌ها رقم شیراز با میانگین عملکرد ۹/۷۹ تن در هکتار پایدارترین رقم شناخته شد. فرشادفر و سوتکا (Farshadfar and Sutka, 2006) با استفاده از روش امی (AMMI) و تجزیه گرافیکی بای‌پلات پایداری ۲۲ ژنوتیپ گندم دوروم را در ایران مورد ارزیابی قرار داده و اعلام نمودند که ۹۲/۵ درصد از تغییرات، مربوط به مجموع مربعات توسط سه مؤلفه AMMI توجیه شد که مقدار این تغییرات ۴/۵ برابر بیشتر از روش تجزیه رگرسیون خطی بود. عملکرد و پایداری ۱۵ ژنوتیپ پیشرفته گندم دوروم در ۱۲ محیط با استفاده از روش AMMI توسط محمدی و همکاران (Mohammadi *et al*., 2007) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که هیچ یک از ژنوتیپ‌های مورد بررسی، برتری قابل توجهی نسبت به همدیگر نشان ندادند. فرشادفر (Farshadfar, 2008) پایداری ۲۰ ژنوتیپ گندم کشت شده در دو شرایط تنش آبی و آبیاری تکمیلی را با استفاده از آماره ارزش پایداری امی (ASV) محاسبه نمود. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۶ و ۱۷ با داشتن بیشترین میانگین عملکرد، به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها انتخاب شدند. روستایی و همکاران (Roustayi *et al*., 2003) پایداری عملکرد دانه ۱۶ رقم و لاین گندم نان را در مناطق سردسیر و معتدل دیم کشور در هشت ایستگاه تحقیقاتی با استفاده از روش‌های مختلف پایداری (ضریب تغییرات محیطی، واریانس درون مکانی لین و بینز (Lin *et al*., 1986) و غیرپارامتری رتبه‌ای) بررسی و لاین شماره ۱۰ با شجره Sbn/1-64-199 را به‌عنوان رقم پایدار معرفی نمودند. مسلمی و همکاران (Moslemi *et al*., 2012) به‌منظور ارزیابی عملکرد دانه و اجزای عملکرد ۲۱ ژنوتیپ پیشرفته گندم به همراه ارقام شاهد آذر۲ و الوند به صورت دیم و با آبیاری تکمیلی (دو بار آبیاری) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه مورد مطالعه قرار دادند و بر اساس مدلGGE biplot، ژنوتیپ‌های شماره ۹ (SABALAN/4/VRZ/3/ ORF1.148/TDL/BLO) و ۱۱(BAYRAKTAR) را جزو ژنوتیپ های برتر و ژنوتیپ شماره ۱۲ را مناسب برای آبیاری تکمیلی تشخیص دادند.

در این بررسی تجزیه پایداری به روش ابرهارت و راسل، واریانس درون مکانی، اکووالانس ریک و شوکلا، روش گزینش همزمان انجام شد و ژنوتیپ‌های Yan1 و Yan3 که در چند روش برتر بودند، معرفی شدند.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس اکثر روش‌های تجزیه پایداری (روش غیرپارامتری رتبه‌ای، اکووالانس ریک، واریانس شوکلا، ابرهارت راسل، ضریب تشخیص پنتوس، ارزش پایداری امی و GGE biplot)، ژنوتیپ‌های شماره ۹ (رقم میهن) و ۷ (Gaspard/Attila) به‌ترتیب با دارا بودن متوسط عملکرد ۷/۳۶ و ۷/۱۲ تن در هکتار جزو ژنوتیپ‌های پایدار و پرمحصول برای منطقه مورد آزمایش مناسب محسوب می‌شوند. لاین شماره ۱ (Shi#4414 /Crow" s "//Kvz/6/1-68-120/5/Gds/ 4/Anza) نیز با متوسط عملکرد ۷/۱۲ تن در هکتار از نظر آماره‌های پایداری (گزینش همزمان، ضریب تشخیص پنتوس و ابرهارت و راسل) به‌عنوان ژنوتیپ پایدار و پرمحصول به حساب می‌آید. بنابراین، می‌توان این ارقام و لاین‌های پایدار را به‌عنوان یکی از والدین در تلاقی‌ها و برنامه‌های به‌نژادی استفاده نمود. ژنوتیپ‌های شماره ۲ (1-27-6275/Cf

Ghk “s “/Bow “s) ۵ ،(1770/5/Ghods/4/Anza/3/..
Shiroodi/3/87Zhong90//”) و ۱۰ (رقم الوند) در
این بررسی جـزو ناپایـــدارترین ژنوتیپ‌ها از نظر آماره‌های پایداری قرار گرفتند. علی‌رغم این‌که رقم الوند از عملکرد بالاتری (۸/۶۷ تن در هکتار) نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از جمله رقم میهن برخوردار بود ولی از پایداری عملکرد کمتری بهره‌مند است و جزو لاین‌های حساس نسبت به تغییرات شرایط جوی به شمار می‌آید. البته لازم به ذکر است ارقام مورد بررسی در این آزمایش از ارقام پرمحصول و امیدبخش مناطق سردسیر انتخاب شده بود، لذا عدم پایداری عملکرد ارقامی مثل الوند در مقابل لاین‌های امیدبخش دور از انتظار نیست.

سپاس‌گزاری

از کارکنان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌شرقی که نگارندگان مقاله را در انجام این تحقیق یاری نمودند، تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

جدول ۱- ژنوتیپ‌های مورد استفاده در تجزیه پایداری عملکرد دانه

Table 1- Genotypes used in stability analysis of grain yield

شماره ژنوتیپ Genotype number	نام ژنوتیپ Genotype name	شجره pedigree	تیپ رشد Growth type
1	C80-4	Shi#4414 /Crow" s "//Kvz/6/1-68-120/5/Gds/4/Anza..	W
2	C81-10	1-27-6275/Cf 1770/5/Ghods/4/Anza/3/..	F
3	C82-12	FDL4/Kauz	w-F
4	C84-4	Mv17/Zrn	F
5	C85-3	Ghk "s "/Bow "s "//90Zhong87/3/Shiroodi	F
6	C85-4	Ghk "s "/Bow "s "//90Zhong87/3/Shiroodi	F
7	C85-7	Gaspard/Attila	F
8	C86-6	Yan 7578.128//Chil 2* Star	F
9	C84-8(Mihan)	Bkt/90-Zhong87	W
10	Alvand	CF 1770/1-27-6275	F

W=winter; F=Facultitive

جدول ۲- تجزیه پایداری عملکرد دانه به‌روش غیرپارامتری رتبه‌ای

Table 2- Stability analysis of grain yield by non parametric rank method

ژنوتیپ Genotype	میانگین عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (t/ha)	میانگین رتبه Rank mean	واریانس رتبه Rank variance	انحراف معیار رتبه Rank standard deviation	ضریب تغییرات رتبه Rank CV
1	7.12	4.8	5.6	2.36	49.7
2	6.95	4.5	14.3	3.79	84.1
3	6.46	7.3	5.6	2.36	32.6
4	6.93	6.0	4.7	2.16	36.0
5	6.39	7.5	19.0	4.36	58.1
6	5.92	7.8	4.9	2.22	28.6
7	7.12	5.5	1.7	1.29	23.5
8	7.00	5.0	8.7	2.94	58.9
9	7.36	3.8	2.9	1.71	45.5
10	8.67	3.0	11.3	3.37	112.2
Mean grain yield	6.99				

جدول ۳- تجزیه پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم بر اساس روش‌های تک متغیره مبتنی بر واریانس

Table 3- Grain yield stability analysis of wheat genotypes by univariate analysis methods based on variance

ژنوتیپ Genotype	میانگین عملکرد دانه Grain yield (t/ha)	واریانس محیطی رومر Rommer σ^2	ضریب تغییرات محیطی Environmental CV	اکووالانس ریک Equivalence Rick	واریانس پایداری شوکلا Shukla σ^2
1	7.12	7.08	37.4	1.566	0.202
2	6.95	0.99	14.3	9.444	3.485
3	6.46	4.56	33.0	1.020	-0.025
4	6.93	2.44	22.6	0.840	-0.100
5	6.39	11.94	54.1	6.145	2.110
6	5.92	5.80	40.7	3.586	1.044
7	7.12	5.20	32.1	0.251	-0.345
8	7.00	6.53	36.5	2.179	0.458
9	7.36	3.39	25.0	0.323	-0.315
10	8.67	4.44	24.3	7.052	2.488
Mean grain yield	6.99				

جدول ۴- گزینش همزمان برای عملکرد دانه و پایداری ژنوتیپ‌های گندم نان

Table 4- Simultaneous selection methods for grain yield and stability of bread wheat genotypes

ژنوتیپ genotype	میانگین عملکرد دانه Grain yield (t/ha)	رتبه عملکرد Yield rank	میزان پایداری Stability rate	تصحیح رتبه عملکرد Correction of yield rank	رتبه تصحیح شده Corrected rank	واریانس پایداری Stability variance	اثر توأم عملکرد و پایداری Yied and stability effect
1	7.12	8	0	1	9	0.202ns	18
2	6.95	5	0	-1	4	3.485ns	8
3	6.46	3	0	-1	2	-0.025ns	4
4	6.93	4	0	-1	3	-0.100ns	6
5	6.39	2	0	-1	1	2.110ns	2
6	5.92	1	-2	-1	0	1.044+	-2
7	7.12	7	0	1	8	-0.345ns	16
8	7.00	6	0	1	7	0.458ns	14
9	7.36	9	0	1	10	-0.315ns	20
10	8.67	10	-8	2	12	2.488**	16
Mean grain yield	6.99						

*، **، + و ns ،به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪، ۱٪، ۱۰٪ و غیرمعنی‌دار

*, **, + and ns: significant at 5%, 1%, 10% probability levels and non-significant respectively

جدول ۵- تجزیه واریانس پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم به روش رگرسیونی ابرهارت و راسل

Table 5- Stability variance analysis of grain yield in wheat genotypes by Eberhart and Russell method

منابع تغییرات S.O.V		درجه آزادی df	مجموع مربعات SS	میانگین مربعات MS	F-value
Total	کل	39	176.22		
Genotype	ژنوتیپ	9	19.09	2.12	2.67 ns
Env+(Env*g)	(ژنوتیپ×محیط)+محیط	30	157.13	5.23	6.53**
Env(linear)	محیط(خطی)	1	124.72	124.72	155.9**
G*Env(linear)	ژنوتیپ×محیط (خطی)	9	16.48	1.83	2.3ns
Devition from regression	انحراف از رگرسیون	20	15.92	0.8	1.33ns
Genotype1	ژنوتیپ۱	2	0.53	0.26	0.44ns
Genotype2	ژنوتیپ۲	2	2.25	1.12	1.86ns
Genotype3	ژنوتیپ۳	2	1.02	0.51	0.84ns
Genotype4	ژنوتیپ۴	2	0.12	0.06	0.1ns
Genotype5	ژنوتیپ۵	2	0.22	0.11	0.18ns
Genotype6	ژنوتیپ۶	2	3.55	1.77	2.94+
Genotype7	ژنوتیپ۷	2	0.08	0.04	0.07ns
Genotype8	ژنوتیپ۸	2	1.69	0.84	1.4ns
Genotype9	ژنوتیپ۹	2	0.18	0.09	0.15ns
Genotype10	ژنوتیپ۱۰	2	6.28	3.14	5.21**
Pooled Error	خطای ادغام شده	72	43.416	0.603	

*، **، + و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ ، ۱٪ ،۱۰٪ و غیرمعنی‌دار

*, **, + and ns: significant at 5%, 1%, 10% probability levels and non-significant respectively

جدول ۶- پارامترهای پایداری روش رگرسیونی ابرهارت و راسل برای عملکرد ژنوتیپ‌های گندم

Table 6- Stability parameters of Eberhart and Russell method for grain yield of wheat genotypes

ژنوتیپ Genotype	میانگین عملکرد Mean grain yield	ضریب رگرسیون فنیلی ویلکینسون Regression coef. of Finally and Wilkinson	واریانس انحراف از رگرسیون Dev. variance from regression	ضریب تشخیص R^2
1	7.12	0.988	0.155	0.963
2	6.95	0.493	4.721	0.243
3	6.46	0.962	0.465	0.888
4	6.93	0.992	0.103	0.975
5	6.39	0.997	0.038	0.991
6	5.92	0.892	1.272	0.694
7	7.12	0.997	0.034	0.992
8	7.00	0.956	0.537	0.871
9	7.36	0.991	0.113	0.973
10	8.67	0.727	2.940	0.293
Mean grain yield	6.99			

جدول۷-تجزیه واریانس مدل AMMI برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان در ۴محیط مختلف

Table 7- Analysis of variance for grain yield in bread wheat genotypes by AMMI model

منابع تغییرات S.O.V		درجه آزادی df	مجموع مربعات SS	میانگین مربعات MS	٪SS
Genotype	ژنوتیپ	9	57.3	6.36**	10.84
Environment	محیط	3	374.2	124.73**	70.77
Treatment	تیمار	39	528.7	13.56**	
Block	بلوک	8	11.3	1.41*	
Genotype*environment	اثر متقابل ژنوتیپ×محیط	27	97.2	3.6**	18.39
$IPCA_1$		11	59.5	5.41**	61.21
$IPCA_2$		9	23.8	2.64**	24.49
Residual	باقیمانده	7	13.9	1.99**	
Error	اشتباه	72	43.4	0.6	
Total	کل	119	583.4	-	-

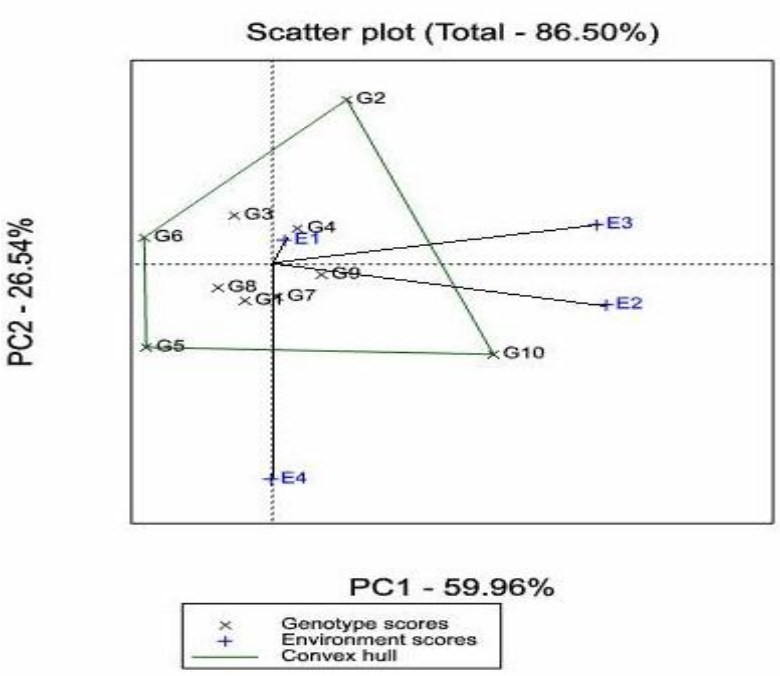
*، ** و ns: به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪، ۱٪ و عدم اختلاف معنی‌دار

*, ** and ns: significant at 5%, 1% probability level and non-significant respectively

جدول ۸- ارزش پایداری AMMI (ASV) و مقادیر مولفه‌های اصلی اول و دوم ژنوتیپ‌های گندم نان برای عملکرد دانه

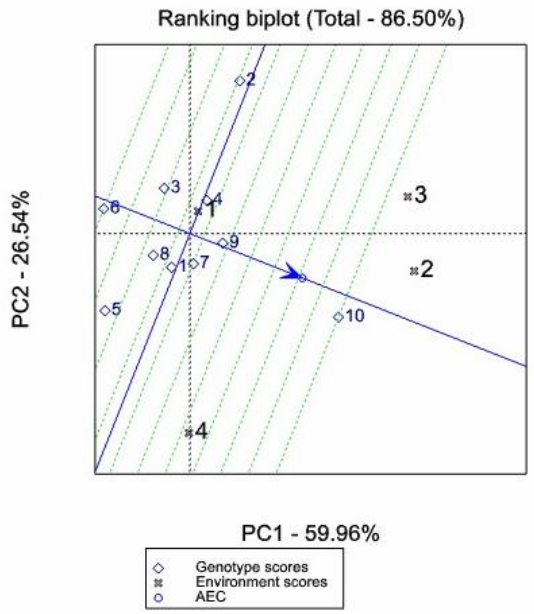
Table 8- ASV values of AMMI stability and the first and second principal values in bread wheat genotypes for grain yield

ژنوتیپ genotype	میانگین عملکرد دانه Grain yield (t/ha)	$IPCA_1$	$IPCA_2$	ASV
1	7.12	-0.451	0.244	0.810
2	6.95	1.271	0.891	2.455
3	6.46	0.104	0.306	0.510
4	6.93	0.390	-0.072	0.627
5	6.39	-1.115	-0.207	1.793
6	5.92	-0.477	0.071	0.763
7	7.12	-0.137	-0.229	0.422
8	7.00	-0.575	0.429	1.135
9	7.36	0.211	-0.190	0.449
10	8.67	0.779	-1.242	2.318
Mean grain yield	6.99			



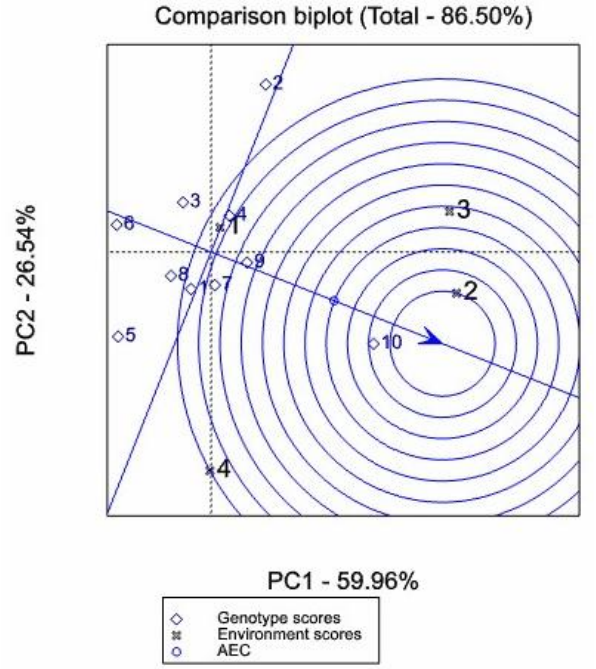
شکل ۱- پایداری ژنوتیپ‌های گندم نان بر اساس روش GGE biplot

Figure 1- Stability of wheat genotypes by GGE biplot method



شکل ۲ - نمودار میانگین عملکرد دانه و پایداری ژنوتیپ‌ها

Figure 2- Diagram of mean grain yield and stability of genotypes



شکل ۳ - تعیین ژنوتیپ ایده آل و محیط ایده‌آل با استفاده از روش GGE biplot

Figure 3- Identification of ideal genotypes and environments by GGE biplot method

References منابع مورد استفاده

- Alizade, B., and A. Tarinejad. 2010. Application of MSTAT-C software in statistical analysis. Second edition, Stoude press, Tabriz, Iran. 272p. (In Persian).
- Crossa, J., P.N. Fox, W.H. Pfeiffer, S. Rajaram, and H.G. Gauch. 1991. AMMI adjustment for statistical analysis of an international wheat yield trial. *Theoretical and Applied Genetics*. 81:27-37.
- Eberhart, S.A., and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 6: 36-40.
- Farshadfar, E. 2008. Incorporation of AMMI stability value and grain yield in a single non-parametric index (GSI) in bread wheat. *Pakistan Journal of Biological Sciences.* 11: 1791-1796.
- Farshadfar, E., and J. Sutka. 2006. Biplot analysis of genotype-environment interaction in durum wheat using the AMMI model. *Acta Agronomica Hungarica.* 54(4):459-467.
- Finlay, K.W., and G.M. Wilkinson. 1963. The analysis adaptation in the plant breeding programs. *Australian Journal of Agricultural Research.* 14: 772-745.
- Francis, T.R., and L.W. Kannenberg. 1978. Yield stability studies in short-season maize. I. A descriptive method for grouping genotypes. *Canadian Journal of Plant Science*. 58:1029–1034.
- Gabriel, K.R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*. 58: 453 – 467.
- Gauch, H.G. 2006. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. *Crop Science*. 46:1488-1500.
- Gollob, H.F. 1968. A statistical model which combines features of factor analytic and analysis of variance techniques. *Psychometrika.* 33(1): 73-115.
- Hawtin, G., M. Iwanage, and T. Hodykin. 1996. Genetic resources in breeding for adaptation. *Euphytica*. 92: 255-266.
- Lin, C.S., M.R. Binns, and L.P. Lefkovitch. 1986. Stability analysis: Where do we stand? *Crop Science.* 26: 894-900.
- Mohammadi R, M. Armion, A. Shabani, and A. Daryaei. 2007. Identification of stability and adaptability in advanced durum wheat genotypes using AMMI analysis. *Asian Journal of Plant Science*. 6: 1261-1268.

- Moslemi, M., M. Roustaii, and V. Rashidi .2012. Evaluation of grain yield and yield components in bread wheat genotypes under different moisture regimes. *Seed and Plant Breeding Journal*. 28(4): 611-630. (In Persian).
- 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).
- Pinthus, M.J. 1973. Estimate of genotypic value: A proposed method. *Euphytica.* 22: 121-123.
- Rahimi, M., T. Najafi Mirak, and V. Rashidi. 2009. Grain yield stability of wheat cultivars with different growth habit in Mediteranian zone. *Seed and Plant Improvement Journal* 25(1): 451-469. (In Persian).
- Rommer, T.H. 1947. Sind die ertragreicheren sorten ertragssicherer? DGL-Kitt 32: 87-89.
- Roustayi, M., D. Sadegzade Ahari, A. Hesami, K. Soleimani, and H. Pashapour. 2003. Study of adaptability and stability of grain yield of bread wheat in cold and moderate-cold dryland areas. *Seed and Plant Journal*. 19(2): 263-275. (In Persian).
- Wricke, G. 1962. Über eine methode zur erfassung der ökologischen streubreite in feldversuchen. *Z. Pflanzenzüchtg*. 47:92-96.
- Yan, W., and I. Rajcan. 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science*. 42: 11-20.
- Yang, R., J. Crossa, P. Cornelius, and J. Bugueño. 2009. Biplot analysis of genotype x environment interaction: Proceed with caution. *Crop Science.* 49:1564-1576.
- Zobel, R.W., and H.G. Gauch. 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agronomy Journal*. 80: 388-393.

Investigation on the Grain Yield Stability of Promising Cold Region Bread Wheat Cultivars and Lines by Using Different Stability Statistics

Tarinejad, A. [1*], **and M.S. Abedi** [2]

Received: September 2014, Accepted: 27 May 2015

Abstract

This study was conducted to determine the yield stability of 10 cold region bread wheat genotypes, using a randomized complete block design with 3 replications for 4 years (2009-2013) at the Agricultural and Natural Resources Research Center of East Azerbaijan, Iran. Combined analysis of variance showed significant differences (p<%1) among genotypes, environments and their interactions (GxE). Thus, stability analyses were carried out using non- parametric rank, environmental Roemer variance, environmental CV, Wrick's ecovalence, stability variance of Shukla, Eberhurt and Russell, Penthus coefficient of determination, simultaneous selection, AMMI and GCE biplot methods. Results of stability analyses through different methods showed that Mihan cultivar, promising lines of 7 (Gaspard/Attila) and 1 (Shi#4414 /Crow" s "//Kvz/6/1-68-120/5/Gds/4/Anza) with 7.36 , 7.12 and 7.12 t/ha respectively were the most stable and high yielding genotypes and thus can be cultivated in East Azerbaijan and some other similar climatic conditions. Among different methods of stability analyses, simultaneous selection was problematic in introducing stable and high potential genotypes, because it introduces mainly the cultivars with highest yields as stable ones. Environmental Roemer variance and environmental CV, also, introduce the cultivars with lowest yields as stable ones.

Key words: Adaptability, AMMI analysis, GGE biplot, Wheat.

1- Associate Prof, Faculty of Agriculture, Department of Agriculture Biotechnology, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran.
2- Seed and Plant Improvement Department, Natural Resources and Agriculture Research Center of East Azarbaijan, Tabriz, Iran.
**** Corresponding Author:*** *atarinejad@yahoo.com*