



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

سعید عمرانی^۱، امیر محمد ناجی^۲ و محسن اسماعیل‌زاده مقدم^۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شاهد، تهران، ایران، (نویسنده مسوول: s.omrani70@gmail.com)

۲- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۳- دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۳/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۵/۶/۳۱

چکیده

به منظور بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و تعیین ژنوتیپ‌های پایدار، ۳۰ ژنوتیپ گندم نان با دو شاهد شامل ارقام چمران و چمران ۲ با استفاده از طرح آلفا لاتیس در ۴ تکرار و ۶ مکان (اهواز، داراب، دزفول، ایرانشهر، خرم‌آباد و زابل) در طی دو سال زراعی (۹۴-۱۳۹۲) مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب نشان داد که بین محیط‌ها، ژنوتیپ‌ها و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت. نتایج حاصل از تجزیه AMMI نشان داد که اثر اصلی ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بوده و چهار مؤلفه اصلی اول در مجموع حدود ۹۰/۹ درصد از مجموع مربعات برهمکنش‌ها را توجیه نمودند. در این تحقیق برای بررسی پایداری ارقام از آماره ارزش پایداری AMMI (ASV) استفاده شد که در این راستا ژنوتیپ‌های ۲، ۶، ۱۴ و ۲۸ کمترین ASV را به خود اختصاص دادند. ژنوتیپ‌های ۲، ۶ و ۱۴ با داشتن عملکرد بالاتر از میانگین کل به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا شناخته شدند. بای‌پلات اولین مؤلفه اصلی و میانگین عملکرد دانه برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها مشخص نمود که ژنوتیپ‌های ۹، ۲۸، ۲۵، ۱۲، ۱۴، ۱۰، ۲ و ۶ اثر متقابل پایینی داشتند، اما ژنوتیپ‌های ۱۴، ۱۰، ۲ و ۶ با داشتن میانگین عملکرد بالاتر از میانگین کل نسبت به بقیه به عنوان ژنوتیپ‌هایی با پایداری مطلوب انتخاب شدند. بای‌پلات مربوط به دو مؤلفه اصلی اول اثر متقابل نشان داد که ژنوتیپ‌های ۲، ۶، ۷ و ۱۴ به علت داشتن میانگین عملکرد بیشتر از میانگین کل، ژنوتیپ‌هایی با سازگاری عمومی خوب شناخته شدند. گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر مبنای مدل SHMM آنها را در ۳ گروه قرار داد در گروه اول ۲۲ ژنوتیپ، در گروه دوم ۹ ژنوتیپ و در گروه سوم تنها ژنوتیپ ۲۰ قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: گندم، پایداری عملکرد، امی، اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، سازگاری

مقدمه

آگاهی از ماهیت اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به به‌نژادگر کمک می‌نماید تا بتواند ژنوتیپ‌ها را با دقت بیشتری ارزیابی کرده و ژنوتیپ‌های برتر از نظر پایداری و عملکرد بالاتر را انتخاب نماید. بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط با هدف انتخاب ژنوتیپ برتر یکی از مهم‌ترین مراحل برنامه‌های به‌نژادی به‌شمار می‌رود (۱). وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط باعث کاهش بازده روش‌های اصلاحی شده و مزیت اقتصادی توسعه کشت ژنوتیپ‌های اصلاح شده را کاهش می‌دهد به طوری که محققین را وادار می‌سازد تا برای مکان‌های مختلف، ژنوتیپ‌های متفاوتی را اصلاح نمایند (۲). چنانچه دو یا چند ژنوتیپ در محیط‌های مختلف کشت شوند ممکن است تفاوت‌هایی در عملکرد نسبی آن‌ها مشاهده شود که این پدیده را اثر متقابل ژنوتیپ در محیط می‌نامند (۳). بر طبق گفته فرانسیس و کانبرگ (۴)، اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به حالتی گفته می‌شود که ژنوتیپ به تغییرات محیطی واکنش‌های متفاوتی نشان دهد. مطالعه جامع اثر متقابل ژنوتیپ و محیط ($G \times E$) برای عملکرد به ابزار قدرتمندی نیاز دارد. روش‌های مختلفی برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط وجود دارد که به طور کلی به دو گروه اصلی روش‌های تک متغیره و چند متغیره تقسیم می‌شوند. پارامترهای زیادی برای تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ارائه شده‌اند. از جمله این پارامترها می‌توان به روش بیتز و کوکران (۵)، روش ابرهارت و راسل (۶)، فیلی و ویلکینسون (۷)، اکووالانس

ریک (۸)، واریانس پایداری شوکلا (۹) و مدل امی گوج و زوبل (۱۰) اشاره کرد. از روش‌های چند متغیره، مدل امی (AMMI) دارای اعتبار بیشتری است و در حال حاضر در سطح وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۱، ۱۲). دلیل استفاده گسترده از این روش این است که این مدل بخش بزرگی از مجموع مربعات اثر متقابل را توجیه و تاثیرات اصلی و آثار متقابل را از یکدیگر تفکیک می‌کند. همچنین این روش در طراحی برنامه‌های اصلاحی بلند مدت در خصوص سازگاری خصوصی و انتخاب محیط مناسب بسیار سودمند است. مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به‌نژادگران گیاهان زراعی کمک می‌کند تا در ارزیابی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف، مکان‌های غیرضروری را حذف کرده و در نتیجه موجب کاهش عمده هزینه‌ها شوند (۱۳، ۱۴). روش امی یک مدل ادغام شده از تجزیه واریانس و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی می‌باشد که ابتدا با استفاده از روش‌های تجزیه واریانس اثر اصلی ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها محاسبه می‌شود و سپس اجزای ژنوتیپی و محیطی اثر متقابل، برای ماتریس انحراف از اثر افزایشی محاسبه می‌شود (۲). روش AMMI در واقع ترکیبی از مدل تجزیه واریانس (ANOVA) و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (P.C.A) است. بخش اول مدل AMMI یعنی بخش جمع‌پذیر از تجزیه واریانس معمولی استفاده می‌کند (۱۵). بخش دوم، قسمت ضریب‌پذیر مدل AMMI است که از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به منظور تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به یک تا N مؤلفه اصلی استفاده

گرفت. در جدول ۱، مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های تحقیقاتی درج شده است. نام و شجره ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. هر کرت شامل ۶ خط ۶ متری و به فاصله ۲۰ سانتی‌متر بود. ابعاد کرت‌ها در تمام مناطق اجرا ثابت و مساحت کاشت $7/2 = 1/2 \times 6$ و مساحت برداشت $6 = 1/2 \times 5$ مترمربع بود که به‌منظور حذف اثرات حاشیه‌ای نیم‌متر از انتهای هر کرت حذف شد. میزان کود مصرفی بر اساس آزمون خاک و فرمول کودی توصیه شده توسط بخش تحقیقات آب و خاک انجام گرفت. کود نیتروژن از منبع اوره، کود پتاس از منبع سولفات پتاسیم و کود فسفر نیز از منبع فسفات آمونیوم تأمین و بطور یکنواخت به کرت‌های آزمایشی اضافه گردید. کلیه کودها به‌جز نیتروژن قبل از کاشت و در هنگام تهیه زمین مورد استفاده قرار گرفتند، کود نیتروژن نیز در مرحله، ظهور سنبله به صورت سرک مصرف گردید. میزان بذر هر ژنوتیپ بر اساس ۴۰۰ دانه در مترمربع منظور شد. کنترل شیمیایی علف‌های هرز باریک‌برگ و پهن‌برگ با استفاده از سموم علفکش در اواسط بهمن یا اوایل اسفند ماه (قبل از شروع طویل شدن ساقه) استفاده شد. در این مطالعه برای تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها از روش چند متغیره AMMI استفاده گردید. ضمن انجام تجزیه واریانس AMMI مقادیر مولفه‌های اصلی برای هر ژنوتیپ و محیط استخراج و با ترسیم بای‌پلات‌های مربوطه، سازگاری عمومی و خصوصی ژنوتیپ‌ها تعیین و به‌منظور ارزیابی ژنوتیپ‌ها و محیط‌های مورد مطالعه از جنبه پایداری عملکرد دانه، گروه‌بندی آنها بر مبنای مدل SHMM (مدل ضرب‌پذیر تغییر یافته) انجام شد. همچنین از نرم‌افزارهای SAS و Excel نیز جهت تجزیه و بررسی‌های آماری و رسم نمودارها استفاده گردید.

می‌کند (۱۶). در روش SHMM محیط‌ها و ژنوتیپ‌ها بر پایه کمترین حداکثر درست‌نمایی^۱ گروه‌بندی شده و بر مبنای گراف ارائه شده می‌توان ژنوتیپ‌های پایدار را مشخص کرد (۱۶). روزگاس و تاراکانواس (۱۷) روش AMMI را روشی موثر برای مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط معرفی کردند و بیان داشتند که نتایج روش گرافیکی حاصل می‌تواند ارقام مناسب را برای کشت در محیط‌های مناسب یا ارقام را برای کشت در شرایط محیطی خاص مشخص کند. محمدی‌نژاد و رضایی (۱۸) از روش امی به‌منظور تعیین پایداری ۹ ژنوتیپ یولاف در ۶ محیط استفاده کردند. طبق نتایج بدست آمده از این مطالعه ۷۰٪ از مجموع مربعات توسط دو مولفه‌ی اول توجیه شد. فرشادفر و سوتکا (۱۹) با استفاده از روش امی پایداری ۲۲ ژنوتیپ گندم دوروم را در ایران ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که ۹۲/۵ درصد از تنوع داده‌ها توسط مدل AMMI3 توجیه می‌شود که ۴/۵ برابر روش تجزیه رگرسیون خطی بود. هدف از این مطالعه شناسایی ارقام پایدار، انتخاب ارقام با عملکرد بالا و همچنین برآورد اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در لاین‌های منتخب گندم نان در اقلیم‌های مختلف با استفاده از روش تجزیه و تحلیل پایداری AMMI بوده است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی پایداری عملکرد دانه و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در لاین‌های امید بخش گندم نان، تعداد ۳۰ لاین گندم به همراه دو رقم به‌عنوان شاهد (رقم چمران و چمران ۲) در قالب طرح آلفا لاتیس در چهار تکرار و در شش ایستگاه تحقیقاتی (اهواز، داراب، دزفول، ابرانشهر، خرم‌آباد و زابل) در طی دو سال زراعی (۹۴-۱۳۹۲) مورد بررسی قرار

جدول ۱- ویژگی‌های جغرافیایی و هواشناسی مکان‌های آزمایشی

Table 1. Meteorological and geographical characteristics of the experimental locations

مکان	ارتفاع (m)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	میزان بارندگی سالانه (mm)
خرم‌آباد	۱۱۴۷/۸	۳۳°۳۰'N	۴۸°۲۵'E	۵۰۹
اهواز	۲۲/۵	۳۱°۲۰'N	۴۸°۴۰'E	۲۱۳/۴
دزفول	۱۴۳	۳۲°۳۰'N	۴۸°۳۰'E	۴۰۴/۶
زابل	۴۸۹/۲	۳۱°۰'N	۶۱°۳۳'E	۶۱
داراب	۱۱۰۷	۲۸°۵۰'N	۵۴°۳۰'E	۲۹۲/۷
ابرنشهر	۵۹۱/۱	۲۷°۱۵'N	۶۰°۴۰'E	۱۰۵/۵

جدول ۲- شماره و شجره ژنوتیپ‌های گندم نان

Table 2. Entry number and pedigree of bread wheat genotypes

شماره ژنوتیپ	شجره	شماره ژنوتیپ	شجره
G۱	Chamran	G۱۷	Dez/SW891882
G۲	Pishtaz/Catbird	G۱۸	PBW154/Falat/SW891882
G۳	Pishtaz/Catbird	G۱۹	Dez/SW891882
G۴	Pishtaz/3/Snb"s//Emu"s"/Tjb84-1543	G۲۰	Chamran//2*Vee/Nac
G۵	"Pishtaz//Ald"s"/Snb"s	G۲۱	Moghan1/Dez//Chamran
G۶	"Pishtaz/3/Jup/Bjy"s"/Kauz"s	G۲۲	Moghan1/Dez//Chamran
G۷	Pishtaz//Falat/Barakat	G۲۳	MTRWA92.161/PRINIA/5/SERI*3//RL6010/4*YR/3/PASTOR/4/BAV92
G۸	Pishtaz//Falat/Barakat	G۲۴	CHEN/AEGILOPS SQUARROSA (TAUS)//BCN/3/BAV92/4/BERKUT FILIN/IRENA/5/CNDO/R143/ENTE/MEXI_2/3/AEGILOPS SQUARROSA (TAUS)/4/WEAVER /6/BERKUT CHEN/AEGILOPS SQUARROSA (TAUS)//BCN/3/BAV92/4/BERKUT
G۹	Bow"s"/Vee"s"/1-60-3/3/MV 17/4/Zagross	G۲۵	VEE/MJI/2*TUI/3/PASTOR/4/PRL/2*PASTOR
G۱۰	TRCH*2/3/C80.1/3*QT4118/3*PASTOR	G۲۶	FRET2//SKAUZ*2/FCT/3/FILIN/2*PASTOR
G۱۱	SW89.5277/BORL95//SKAUZ/3/PRL/2*PASTOR/4/HEILO	G۲۷	SOKOLL/EXCALIBUR
G۱۲	MELON//FILIN/MILAN/3/FILIN	G۲۸	ALTAR 84/AE.SQ//2*OPATA/3/SLVS/PASTOR
G۱۳	WHEAR//2*PRL/2*PASTOR	G۲۹	SOKOLL//SUNCO/2*PASTOR
G۱۴	ROLF07*2/KIRITATI	G۳۰	Chamran 2
G۱۵	ATTILA*2/PBW65/6/PVN//CAR422/ANA/5/BOW/CROW//BUC/PVN/3/YR/4/TRAP#1/7/ATTILA/2*PASTOR	G۳۱	
G۱۶	PBW343*2/KUKUNA/3/PASTOR//CHIL/PRL/4/PBW343*2/KUKUNA	G۳۲	

نتایج و بحث

درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را به خود اختصاص دادند که این چهار مولفه در مجموع ۹/۹۰٪ از مجموع مربعات اثر متقابل را توجیه کردند. بنابراین مدل AMMI با چهار مولفه اصلی در نظر گرفته شد. در این تحقیق برای بررسی پایداری ارقام از آماره ارزش پایداری AMMI (ASV) استفاده شد که نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده است. در این روش ژنوتیپی پایدار است که دارای ASV کمتری باشد. با توجه به این نکته در این روش ژنوتیپ‌های ۲، ۶، ۱۴، ۲۸ و ۱ کمترین ASV را به خود اختصاص دادند ولی از بین آنها ژنوتیپ‌های ۲، ۶، ۱۴ با داشتن عملکرد بالاتر از میانگین کل به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا شناخته شدند. همچنین ژنوتیپ ۲۰ با داشتن بالاترین ASV، ناپایدارترین ژنوتیپ شناخته شد و ژنوتیپ‌های ۲۱، ۱۶ و ۱۹ به‌ترتیب بعد از آن قرار گرفتند. کریمی‌زاده و همکاران (۲۱) در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط با استفاده از روش AMMI برای ۹ ژنوتیپ ذرت زودرس جدید به همراه هیبرید سینگل کراس ۳۰۱ از چهار پارامتر AMGE4، SIPC4، AMMI و EV4 استفاده کردند. آنها از بین پارامترهای مدل AMMI پارامتر ASV را به علت صحت نتایج مربوط به آن به‌عنوان بهترین پارامتر معرفی کردند.

معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ در محیط با توجه به تجزیه واریانس عملکرد دانه بر مبنای روش پایداری AMMI (جدول ۳) حاکی از این است که ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف عملکرد متفاوتی را نشان داده‌اند. با توجه به جدول ۳ ژنوتیپ ۱۲/۱ درصد از مجموع مربعات کل و محیط نیز ۷۷/۳ درصد از مجموع مربعات کل را به خود اختصاص داده است در حالی که اثر متقابل ژنوتیپ در محیط ۱۱/۳ درصد از این مقدار را به خود اختصاص داد. محیط نیز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. اختلاف معنی‌دار در بین ژنوتیپ‌ها در سطح ۱ درصد نشان از وجود اختلاف بین ژنوتیپ‌ها در متوسط تمام محیط‌های آزمایش بود. موتز و همکاران (۲۰) نیز در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که محیط بیشترین مقدار از مجموع مربعات کل را به خود اختصاص داده است که نشان‌دهنده متنوع بودن محیط‌های آزمایش بوده. به‌منظور تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط با استفاده از مدل AMMI تجزیه به مولفه‌های اصلی روی ماتریس باقی مانده صورت گرفت که مولفه‌های اصلی اول، دوم، سوم و چهارم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شدند. مولفه اصلی اول (IPCA1) ۴۷/۲٪، مولفه اصلی دوم (IPCA2) ۲۲/۲٪، مولفه اصلی سوم (IPCA3) ۱۳٪ و مولفه اصلی چهارم (IPCA4) ۸/۵٪

جدول ۳- تجزیه واریانس مدل AMMI برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در محیط‌های مختلف در سال‌های زراعی (۱۳۹۲-۱۳۹۴)
Table 3. Analysis of variance of AMMI model for grain yield of wheat genotypes under different agronomic regimes (2013-2015)

میانگین مربعات	%SS	مجموع مربعات (SS)	درجه آزادی	منابع تغییرات
		۱۲۹۲/۸	۷۶۷	کل
۵/۵**		۱۰۵۶	۱۹۱	تیمار
۴/۱**	۱۲/۱	۱۲۸/۶	۳۱	ژنوتیپ
۱۷۲/۳**	۷۷/۳	۸۱۶/۶	۵	محیط
۰/۷**	۱۱/۳	۱۱۹/۸	۱۵۵	اثر متقابل ژنوتیپ × محیط
۱/۶**	۴۷/۲	۵۶/۶	۳۵	IPCA ₁
۰/۸**	۲۲/۲	۲۶/۶	۳۳	IPCA ₂
۰/۵**	۱۳/۰	۱۵/۶	۳۱	IPCA ₃
۰/۳**	۸/۵	۱۰/۲	۲۹	IPCA ₄
۰/۲۳ ^{ns}	۵/۱	۶/۲	۵۲	باقیمانده (نویز)
		۱۸۲/۴	۸۷۶	خطای ادغام شده

** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و غیرمعنی‌دار

جدول ۴- میانگین عملکرد دانه، ارزش پایداری و مقادیر مولفه های اصلی ژنوتیپ‌های گندم نان
Table 4. Mean grain yield, stability value and Principle component of bread wheat genotypes

ASV	IPCA ₃	IPCA ₂	IPCA ₁	میانگین عملکرد (تن در هکتار)	شماره ژنوتیپ
۰/۰۲	۰/۰۲۸۱	۰/۰۸۳۴	۰/۰۶۵۸	۵/۶۲۶۲	۱
۰/۰	۰/۰۱۷۷۰	۰/۰۴۷۷	۰/۰۴۳۴	۵/۹۷۸۴	۲
۰/۰۷	۰/۰۲۱۲	۰/۰۳۰۰	۰/۰۱۳۲۱	۶/۰۴۷۴	۳
۰/۱۶	۰/۱۱۵۵	۰/۰۳۴۵۷	۰/۰۰۷۴	۵/۸۱۲۱	۴
۰/۲۰	۰/۱۰۵۲	۰/۰۹۵۴	۰/۰۲۱۸۲	۵/۹۴۱۷	۵
۰/۱	۰/۰۶۹۵	۰/۰۲۸۹	۰/۰۵۶۷	۵/۹۸۳۰	۶
۰/۰۶	۰/۰۱۲۱	۰/۰۸۰۸	۰/۰۱۸۷	۵/۸۶۹۱	۷
۰/۵۳	۰/۰۴۳۷۲	۰/۰۲۰۹۶	۰/۰۳۳۵۹	۵/۹۴۹۳	۸
۰/۰۵	۰/۰۳۱۴۸	۰/۰۲۲۱۹	۰/۰۵۲۳	۵/۵۰۵۷	۹
۰/۱۶	۰/۰۱۵۷۲	۰/۰۴۰۵۰	۰/۰۰۱۵۲	۶/۰۷۴۵	۱۰
۰/۱۱	۰/۰۱۴۶۱	۰/۰۱۲۰	۰/۰۱۶۱۵	۶/۰۹۴۷	۱۱
۰/۱۲	۰/۰۲۲۴۱	۰/۰۳۶۵۰	۰/۰۰۰۹۵	۵/۶۶۲۸	۱۲
۰/۱۸	۰/۰۳۹۰۶	۰/۰۱۶۵۰	۰/۰۱۹۱۸	۶/۱۸۲۶	۱۳
۰/۰۱	۰/۰۱۱۸۱	۰/۰۱۰۱۳	۰/۰۲۳۲۶	۶/۱۱۳۵	۱۴
۰/۰۷	۰/۰۰۷۰۶	۰/۰۲۳۸۰	۰/۰۰۷۰۲	۵/۷۷۱۶	۱۵
۰/۶۷	۰/۰۰۶۲۳	۰/۰۱۴۸۸	۰/۰۳۸۷۳	۵/۵۰۱۲	۱۶
۰/۱۳	۰/۰۱۹۰	۰/۰۳۳۴۰	۰/۰۰۸۱۱	۶/۰۱۸۳	۱۷
۰/۱۰	۰/۰۲۱۱۳	۰/۰۱۷۴۵	۰/۰۱۳۶۲	۵/۲۲۶۰	۱۸
۰/۵۹	۰/۰۰۵۱۵	۰/۰۲۶۹۶	۰/۰۳۴۴۲	۴/۹۴۸۰	۱۹
۴/۵۲	۰/۰۲۷۰۰	۰/۰۰۲۹۵	۱/۰۰۰۰	۴/۰۳۹۷	۲۰
۱/۰۹	۰/۰۳۰۶۰	۰/۰۱۱۷۲	۰/۰۴۹۵۳	۶/۱۸۹۷	۲۱
۰/۱۰	۰/۰۲۳۷۲	۰/۰۰۳۳۴	۰/۰۰۵۱۱	۵/۹۹۲۱	۲۲
۰/۴۹	۰/۰۱۱۰۴	۰/۰۲۵۵۵	۰/۰۳۱۴۷	۶/۰۱۷۳	۲۳
۰/۰۸	۰/۰۰۴۶۵	۰/۰۱۳۲۷	۰/۰۱۲۷۳	۵/۹۴۶۷	۲۴
۰/۱۳	۰/۰۰۵۲۸	۰/۰۳۷۴۵	۰/۰۰۲۳۰	۵/۶۷۱۸	۲۵
۰/۰۹	۰/۰۱۳۸۳	۰/۰۱۳۷۴	۰/۰۱۳۲۷	۵/۸۴۴۷	۲۶
۰/۱۵	۰/۰۲۰۳۴	۰/۰۱۱۹۰	۰/۰۱۸۸۱	۵/۹۶۵۶	۲۷
۰/۰۱	۰/۰۱۱۸۲	۰/۰۱۲۱۹	۰/۰۰۱۰۸	۵/۶۵۲۰	۲۸
۰/۳۸	۰/۰۰۴۳۷	۰/۰۰۷۱۹	۰/۰۲۹۵۹	۵/۶۴۳۳	۲۹
۰/۰۵	۰/۰۰۴۸۵	۰/۰۰۷۱۱	۰/۰۱۱۳۵	۵/۷۲۹۳	۳۰
۰/۱۶	۰/۰۳۶۲۴	۰/۰۳۹۶۴	۰/۰۰۵۰۲	۵/۹۲۴۱	۳۱
۰/۰۵	۰/۰۲۱۵۰	۰/۰۱۷۲۵	۰/۰۰۸۴۸	۵/۸۴۹۶	۳۲

عمود در میانه بای‌پلات بیشترین تا کمترین میانگین عملکرد بالاتر از متوسط را به خود اختصاص دادند. ژنوتیپ ۲۰ با توجه به بای‌پلات مذکور کمترین میزان عملکرد را داشت. همچنین در بین مکان‌ها، خرم‌آباد، ایرانشهر و داراب به ترتیب عملکرد بالایی را نشان دادند. مکان اهواز کمترین عملکرد را داشت (جدول ۵). همچنین محور افقی در میانه نمودار نشان‌دهنده $IPCA_1 = 0$ ($AMMI = 0$) می‌باشد که نشان می‌دهد هیچ

برای درک آسان‌تر مدل AMMI بای‌پلات شکل ۱ رسم گردید. در این شکل خط عمود در میانه بای‌پلات نشان‌دهنده میانگین کل دو سال آزمایش می‌باشد. ژنوتیپ‌ها و مکان‌های سمت راست این خط دارای عملکرد بالاتر از میانگین کل می‌باشند. با توجه به این توضیح ژنوتیپ‌های ۱۳، ۲۱، ۱۴، ۱۱، ۱۰، ۳، ۱۷، ۲۳، ۲۲، ۶، ۲۷، ۵، ۸، ۲۴، ۳۱، ۷، ۲۶، ۳۲، ۴ و ۱۵ به ترتیب با قرار گرفتن در سمت راست خط

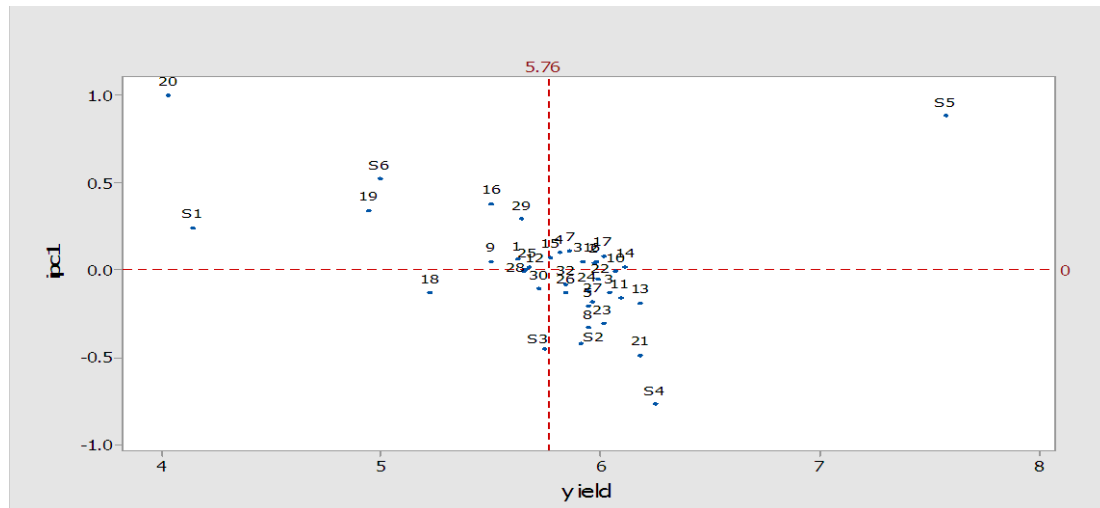
مکان ایرانشهر برای این مکان مناسب می‌باشد. در بخش دوم این بای‌پلات ژنوتیپ ۲۰ در راس قرار دارد که ژنوتیپ برنده برای مکان‌های خرم‌آباد، اهواز و زابل می‌باشد. در تجزیه الگوی واکنش ژنوتیپی بر مبنای دو مولفه اصلی اول توجه به زاویه بین بردارهای محیطی در تفسیر مشابهت‌های محیطی سودمند است. زاویه حاده بین دو بردار محیطی مشخص کننده همبستگی بالای دو محیط است. روش AMMI با قابلیت تفسیر گرافیکی یک روش کارآمد محسوب می‌شود. بر پایه مدل AMMI₁ ژنوتیپ‌های ۱۴، ۱۰، ۲ و ۶ به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی با پایداری مطلوب و عملکرد بالا و بر اساس مدل AMMI₂ ژنوتیپ‌های ۲، ۶، ۷ و ۱۴ به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی با سازگاری عمومی خوب و با عملکرد بالا تعیین شدند. همچنین بر اساس پارامتر ارزش پایداری AMMI (ASV) سه ژنوتیپ ۲، ۶ و ۱۴ به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا تعیین گردیدند. در مجموع سه ژنوتیپ ۲، ۶ و ۱۴ به ترتیب با عملکردهای ۵/۹۷، ۵/۹۸ و ۶/۱۱ تن در هکتار را می‌توان به‌عنوان بهترین ژنوتیپ‌ها معرفی کرد. آلبرت (۲۲) در نتایج خود گزارش کرد که نتایج ارزش پایداری امی و بای پلات با هم هم‌خوانی دارند. اگرچه به‌طور 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 مولفه‌های معنی‌دار را در بر می‌گیرد، ولی بای‌پلات فقط دو مولفه نخست را در نظر می‌گیرد. اسماعیل‌زاده و همکاران (۲۳) 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 و خشک جنوب کشور در دو سال زراعی مورد ارزیابی قرار گرفتند. بر اساس نتایج تجزیه پایداری با استفاده از روش امی، رقم Weebili به‌عنوان پایدارترین شناسایی شد.

گونه اثر متقابل وجود ندارد. پس ژنوتیپ‌هایی که در مرکز بای‌پلات قرار گرفته‌اند با داشتن اثر متقابل نزدیک به صفر از پایداری عمومی بیشتری برخوردار هستند. بنابراین ژنوتیپ‌های ۹، ۲۸، ۲۵، ۱۲، ۱۴، ۱۰، ۲ و ۶ دارای اثر متقابل پایینی می‌باشند، ولی ژنوتیپ‌های ۱۴، ۱۰، ۲ و ۶ با داشتن میانگین عملکرد بالاتر از میانگین کل نسبت به بقیه به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی با پایداری مطلوب انتخاب می‌شوند. شکل ۲ بای‌پلات مولفه‌های اصلی اول و دوم اثر متقابل را برای ژنوتیپ‌ها نشان می‌دهد. این بای‌پلات جمعاً ۶۹/۴٪ تغییرات موجود در داده‌ها را توجیه می‌کند. به‌طوری که مولفه اصلی اول سهم بیشتری (۴۷/۲٪) از مولفه دوم (۲۲/۲٪) دارا می‌باشد. در بای‌پلات شکل ۲ ژنوتیپ‌های شماره ۱۷، ۲۰ و ۳۱ دارای اثر متقابل بزرگ و ناپایداری بودند. ژنوتیپ‌های ۲۳، ۲۱، ۸ و ۲۵ نیز دارای اثر متقابل بزرگ، مثبت و ناپایدار بوده و ژنوتیپ‌های ۲، ۶، ۷، ۱۴ و ۲۸ از کمترین اثر متقابل برخوردار بودند که از بین آنها ژنوتیپ‌های ۲، ۶، ۷ و ۱۴ به علت داشتن میانگین عملکرد بیشتر از میانگین کل، ژنوتیپ‌هایی با سازگاری عمومی خوب شناخته شدند. در بررسی سازگاری خصوصی و تعیین مناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها برای مکان‌های مورد آزمایش با توجه به این بای‌پلات (شکل ۲) ژنوتیپ‌های ۱۷، ۲۰، ۳۱، ۲۳، ۲۱، ۸ و ۲۵ با قرار گرفتن در رئوس چند ضلعی دارای بیشترین پاسخ‌دهی در مکان‌های مناسب خود هستند و در واقع بیشترین سازگاری اختصاصی با مکان‌های مناسب خود را دارند. بخش‌هایی که توسط خطوط عمود بر این اضلاع به وجود آمده‌اند نشان‌دهنده ژنوتیپ‌ها و مکان‌های مناسب می‌باشد. در واقع ژنوتیپ‌هایی که در راس قرار گرفته‌اند ژنوتیپ‌های مناسب برای مکان یا مکان‌هایی می‌باشند که در آن بخش قرار دارند. در این بای‌پلات مکان دزفول، داراب و ایرانشهر داخل بخش اول قرار گرفته است که ژنوتیپ برنده در این مکان ژنوتیپ شماره ۲۱ می‌باشد و به عبارتی از واکنش اثر متقابل مشابه با این سه مکان برخوردار است. همچنین ژنوتیپ ۲۳ نیز با توجه به اثر متقابل مشابه با

جدول ۵- میانگین عملکرد دانه و مقادیر مولفه‌های اصلی برای مکان‌های ۱ تا ۶

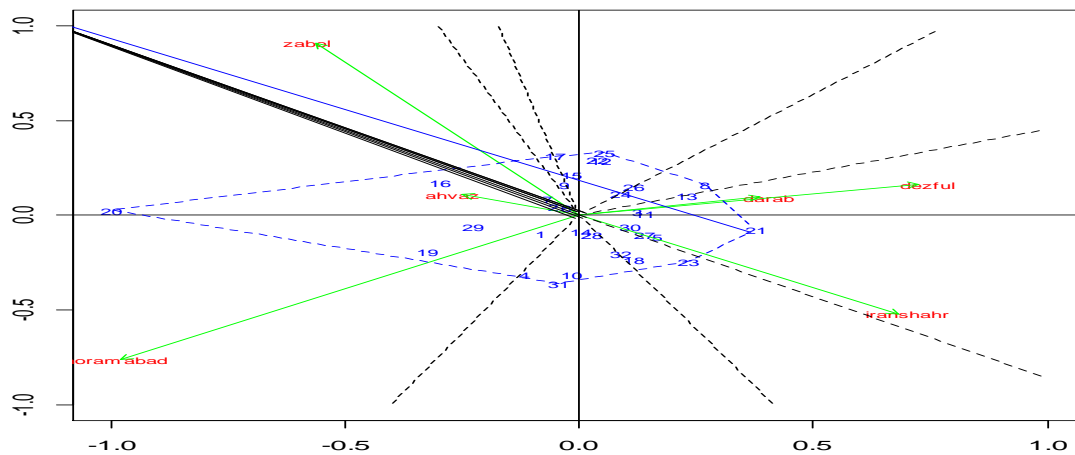
Table 5. The mean grain yield and the Principle component for sites 1 to 6

نام مکان	کد مکان	میانگین	IPCA1	IPCA2	IPCA3
اهواز	S1	۴/۱۴۹۵	۰/۲۴۱۸	-۰/۸۰۱	-۰/۱۲۲۹
داراب	S2	۵/۹۱۷۱	-۰/۴۲۳۲	-۰/۱۴۶۶	-۰/۳۰۷۹
دزفول	S3	۵/۷۴۷۵	-۰/۴۵۷۰	-۰/۳۴۹۷	-۰/۶۲۲۰
ایرانشهر	S4	۶/۲۵۹۹	-۰/۷۷۲۵	-۰/۵۱۵۲	-۰/۶۰۱۲
خرم‌آباد	S5	۷/۵۷۳۴	۰/۸۸۷۷	-۰/۷۱۷۶	-۰/۳۳۶۲
زابل	S6	۴/۹۹۷۹	۰/۵۲۳۲	-۰/۷۵۶۴	-۰/۴۳۶۹



شکل ۱- بای پلات میانگین ژنوتیپ‌ها و اولین مولفه اصلی برای ژنوتیپ‌ها و مکان‌های مورد بررسی (S1 تا S6 به ترتیب اهواز، داراب، دزفول، ایران‌شهر، خرم آباد و زابل می‌باشند)

Figure 1. Mean yield Biplot of genotypes for 6 locations studies with first their principle component

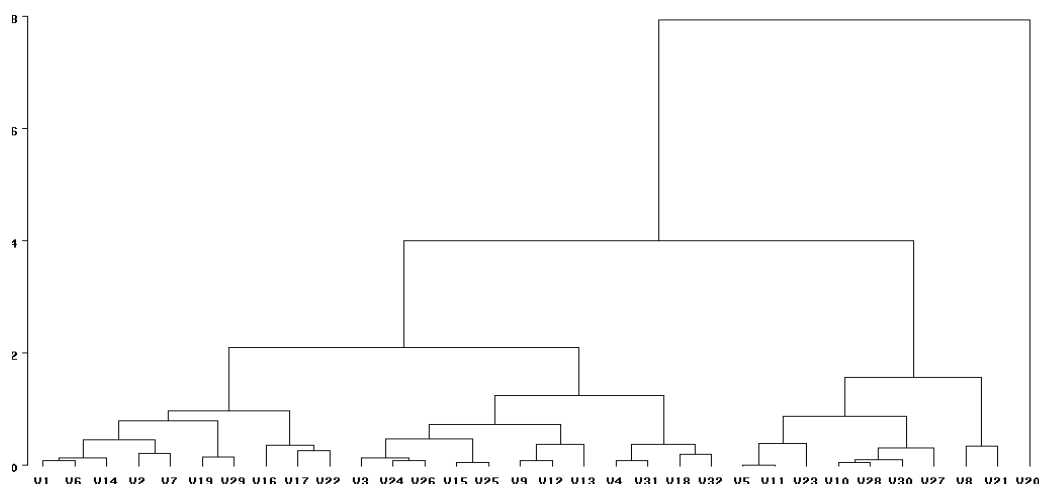


شکل ۲- بای پلات دو مولفه اصلی اول و دوم برای ژنوتیپ‌ها و مکان‌های مختلف

Figure 2. Biplot of the first and second principle components for genotypes and different locations

ژنوتیپ‌هایی است که میانگین عملکرد آنها در گروه متوسط تا خوب قرار گرفته و از جنبه مقادیر اولین و دومین مولفه اصلی شامل مقادیر منفی و نسبتاً بزرگ برای مولفه اول و مقادیر مثبت و نسبتاً بزرگ برای دومین مولفه بوده‌اند. در گروه دوم ژنوتیپ‌هایی با میانگین عملکرد خوب قرار گرفته‌اند که مقادیر مولفه‌های آنها یا بسیار ناچیز و در حد صفر و یا بزرگ و منفی بوده‌اند. گروه آخر شامل ژنوتیپی با واکنش پایداری متوسط و میانگین عملکرد ضعیف قرار داشت.

به‌منظور ارزیابی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از جنبه پایداری عملکرد دانه، گروه‌بندی آنها بر مبنای مدل SHMM (مدل ضرب‌پذیر تغییر یافته) انجام شد. مطابق شکل ۳ در صورتی که کلاستر با فرمول $\frac{\sqrt{n}}{2}$ قطع گردد ۳ گروه از ژنوتیپ‌ها تشکیل می‌شوند. در گروه اول ژنوتیپ‌های ۱، ۴، ۲، ۷، ۱۹، ۲۹، ۱۶، ۱۷، ۲۲، ۳، ۲۴، ۲۶، ۱۵، ۲۵، ۹، ۱۲، ۱۳، ۴، ۳۱، ۱۸ و ۳۲ جای گرفته‌اند، گروه دوم به ۹ ژنوتیپ شامل ۱۱، ۲۳، ۱۰، ۲۸، ۳۰، ۲۷، ۸، ۲۱ و ۵ اختصاص داشت و بالاخره در گروه سوم فقط ژنوتیپ ۲۰ قرار داشت. گروه اول شامل



شکل ۳- گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه مبتنی بر مدل ضرب پذیر تغییر یافته (SHMM)

Figure 3. Classification of studied genotypes based on Shifted multiplicative models cluster analysis (SHMM)

منابع

- Kaiser, D.E., J.J. Wiersma and J.A. Anderson. 2014. Genotype and environment variation in elemental composition of spring wheat flag leaves. *Agronomy Journal*, 106: 324-336.
- Crossa, J., H.G. Gauch and R.W. Zobel. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. *Crop Science*, 30: 493-500.
- Peterson, C.J., M. Moffatt and J.R. Erickson. 1997. Yield stability of hybrid vs. pure line hard winter wheats in regional performance trials. *Crop Science*, 37: 116-120.
- Francis, T.R. and L.W. Kannenberg. 1978. Yield stability studies in short-season Maize: 1.A descriptive method for grouping genotypes. *Canadian Journal of Plant Science*, 58: 1029-1034.
- Yates, F. and W.G. Cochran. 1938. The analysis of groups of experiments. *Journal of Agricultural Science*, 28: 556-580.
- Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6: 36-40.
- Finlay, K.W. and G.N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Australian Journal of Agricultural Research*, 14: 742-754.
- Wricke, G. 1962. Über eine methode zur refassung der ökologischen streubreite in feldversuchen. *Flazenzuecht*, 47: 92-96.
- Shukla, G.K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity*, 29: 237-245.
- Gauch, H.G. and R.W. Zobel. 1988. Predictive and postdictive success of statistical analyses of yield trials. *Theoretical and Applied Genetics*, 76: 1-10.
- Annicchiarico, P., L. Russi, E. Piano and F. Veronesi. 2006. Cultivar adaptation across Italian locations in four turfgrass species. *Crop Science*, 46: 264-272.
- Moreno-Gonzalez, J., J. Crossa and P.L. Cornelius. 2004. Genotype x environment interaction in multi-environment trials using shrinkage factors for AMMI models. *Euphytica*, 137: 119-127.
- Yan, W., M.S. Kang, B. Ma, S. Woods and P.L. Cornelius. 2007. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop Science*, 47: 643-655.
- Basford, K.E. and M. Cooper. 1998. Genotype by environment interactions and some considerations of their implication for wheat breeding in Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*, 49: 154-175.
- Gauch, H.G. 1992. *Statistical Analysis of Regional Trials. AMMI Analysis of Factorial Designs*. Elsevier Pub. Amsterdam, the Netherlands, 51: 242-244.
- Gauch, H.G. and R.W. Zobel. 1997. Identifying mega-environments and targeting genotypes. *Crop Science*, 37: 311-326.
- Tarakanovas, P. and V. Ruzgas. 2006. Additive main effect and multiplicative interaction analysis of grain yield of wheat varieties in Lithuania. *Agronomy Research*, 4: 91-98.
- Mohammadinejad, G. and A.M. Rezai. 2005. Analysis of genotype x environment interaction and study of oat (*Avena sativa* L.) genotypes pattern. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 9: 77-89 (In Persian).
- Farshadfar, E. and J. Sutka. 2006. Biplot analysis of genotype-environment interaction in durum wheat using the AMMI model. *Acta Agronomica Hungarica*, 54: 459-467.
- Motzo, R., F. Guinta and M. deidda. 1962. Factors affecting the genotype x environment interaction in spring triticale grown in Mediterranean environment. *Euphytica*, 121: 317-324.
- Karimi Zadeh, R., H. Dehghani and Z. Dehghanpour. 2008. Use of AMMI method for estimating genotype x environment interaction in early maturing corn hybrids. *Seed Plant Improve*, 23: 531-546 (In Persian).
- Albert, J. A. 2004. *Comparison of Statistical Methods to Describe Genotype x Environment Interaction and Yield Stability in Multi-Location Maize Trials*. M.Sc. Thesis, University of the Free State, Bloemfontein.
- 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 x environment interaction and stability of grain yield of bread wheat genotypes in dry and warm areas of Iran. *Seed Plant Improve*, 27: 257-273 (In Persian).

Evaluation of Yield Stability of Bread wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes using Additive Main Effects and Multiplicative Interaction (AMMI)

Saeed Omrani¹, Amir Mohammad Naji² and Mohsen Esmaeil Zadeh Moghadam³

1- Graduated M.Sc. Student, Department of Plant Breeding, Shahed University, Tehran, Iran
(Corresponding Author: s.omrani70@gmail.com)

2- Assistant Professor, Department of Plant Breeding, Shahed University, Tehran, Iran

3- Associated Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Received: June 5, 2016

Accepted: September 21, 2016

Abstract

To evaluate the genotype \times environment interaction and determine the stable genotypes of wheat, 30 genotypes of bread wheat along with two controls namely Chamran and Chamran 2 were studied in 6 locations (Ahwaz, Darab, Dezful, Iranshahr, Khorramabad, Zabul) and two years (from 2013 to 2015), in each using an alpha lattice design with 4 replications. The results obtained from AMMI analysis demonstrated that the main effects of genotype, environment, genotype \times environment interaction and the first four principal components were highly significant. The first four principal components justified around 90.9% of the sum of squares of the interactions. By using the stability of the figures of the statistics lasting value AMMI (ASV), genotypes 2, 6, 14, 28 had the lowest (ASV) values. Genotypes 2, 6 and 14 with higher yields than the overall mean were identified as high yielding genotypes with stable performance. Drawing the biplot of the first principal component and the average yield for genotypes and environments suggested that genotypes 9, 28, 25, 12, 14, 10, 2 and 6 had low interactions, but genotypes 14, 10, 2 and 6 with higher than average yields and desired stability were selected. Biplot of the first two principal components showed that the interaction between genotypes 2, 6, 7 and 14 due to higher grain yield than the average of the total, were identified genotypes with good compatibility. Genotype grouping them into three groups based on the model SHMM placed in the first group of 22 genotypes, genotypes 9 in the second group and the third group was the only genotype 20.

Keywords: AMMI, Compatibility, Genotype \times Environment interaction, Wheat, Yield stability