"مجله علوم زراعی ایران"
جلد بیستم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷

ارزیابی پایداری عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش گندم نان (*Triticum aestivum* L.) در مناطق گرم و خشک ایران

Evaluation of grain yield stability of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) promising lines in warm and dry regions of Iran

محسن اسماعیل زاده مقدم[۱]، سیروس طهماسبی[۲]، غلامعباس لطفعلی آینه[۳]، حسن اکبری مقدم[۴]، خلیل محمودی[۵]، منوچهر سیاح‌فر[۶]، سید محمود طبیب غفاری[۷] و حسن زالی[۸]

چکیده

محسن اسماعیل زاده مقدم، م.، س. طهماسبی، غ .ع . لطفعلی آینه، ح. اکبری مقدم، خ. محمودی، م. سیاح‌فر، س. م. طبیب غفاری و ح. زالی. ۱۳۹۷. ارزیابی پایداری عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش گندم نان (*Triticum aestivum* L.) در مناطق گرم و خشک ایران. مجله علوم زراعی ایران. **۲۰(۱): ۷۶-۶۱.**

به‌منظور مطالعه سازگاری و پایداری لاین‌های امیدبخش گندم نان، آزمایشی با تعداد ۱۶ لاین به‌همراه دو رقم تجارتی چمران و افلاک (به‌عنوان شاهد) به مدت دو سال زراعی (۹۳-۱۳۹۱) در شش ایستگاه تحقیقاتی (زابل، اهواز، داراب، دزفول، ایرانشهر و خرم‌آباد) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که ۸۱ درصد از کل تغییرات مربوط به اثر محیط، ۳ درصد مربوط به اثر ژنوتیپ و ۱۶ درصد مربوط به اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بود. بررسی بای‌پلات چند ضلعی منجر به شناسایی پنج ژنوتیپ برتر و دو محیط بزرگ گردید و ژنوتیپ‌های مناسب در هر محیط بزرگ نیز مشخص شدند. از بین مکان‌های مورد بررسی، زابل و دزفول دارای تمایز بالایی بوده و تفاوت‌های میان لاین‌های گندم را به‌خوبی نشان دادند. بررسی هم‌زمان پایداری و عملکرد ژنوتیپ‌ها با استفاده از بای‌پلات مختصات محیط متوسط نشان داد که لاین‌های شماره G14 (S-91-14)، G12 (S-91-12)، G15 (S-91-15)، G9 (S-91-9) و G13 (S-91-13)، به‌ترتیب با ۶۱۶۷، ۶۱۰۲، ۶۳۱۵، ۶۱۳۱ و ۶۲۵۲ کیلوگرم در هکتار از عملکرد و پایداری عملکرد بالایی برخوردار بودند. در نهایت لاین‌های S-91-13 و S-91-15 با دارا بودن عملکرد بالا و پایداری عملکرد بالا به‌عنوان لاین‌های برتر برای بررسی‌های تحقیقی- ترویجی و انتخاب ارقام به روش مشارکتی و معرفی به‌عنوان رقم تجاری جدید برای اقلیم گرم و خشک جنوب و مناطق دارای شرایط اقلیمی مشابه شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، GGE بای پلات، پارامترهای پایداری و گندم نان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۰۶ تاریخ پذیرش:۱۳۹۷/۰۱/۲۲ این مقاله مستخرج از طرح شماره ۰۳-۰۳-۰۳۰۸-۹۱۱۶۹ موسسه نهال و بذر می‌باشد.

۱- دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح وتهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، کرج
۲-استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، داراب
۳- مربی پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز
۴-استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل
۵-استادیار فقید مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی بلوچستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایرانشهر
۶-استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم آباد
۷-استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد دزفول، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول
۸-استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، داراب (مکاتبه کننده)
(پست الکترونیک: Hzali90@yahoo.com)

مقدمه

گندم نان اصلی‌ترین محصول زراعی است که به دلیل تنوع ژنتیکی بالا و سازگاری با محیط‌های مختلف، از تنوع ارقام بالایی برخوردار است (Jasemi *et al.*, 2017). بعلاوه گندم یکی از منابع مهم تأمین پروتئین و کالری است که به‌عنوان یکی از غلات مهم، تأثیر زیادی بر اقتصاد و امنیت غذایی جهان دارد و توسعه پایدار ارقام امیدبخش گندم با عملکرد دانه بالا برای حفظ امنیت غذایی ضروری می‌باشد (Mondal *et al.*, 2016). پیش‌بینی می‌شود که برای تأمین نیاز جهانی، تولیدگندم تا سال ۲۰۵۰ نسبت به سال ۲۰۱۰ حدود ۶۰ درصد افزایش داشته باشد. سهم بالایی از این افزایش باید از طریق افزایش عملکرد دانه در واحد سطح حاصل شود. برای رسیدن به این هدف تا سال ۲۰۵۰ عملکرد دانه باید در سطح جهانی سالانه حدود ۱/۶ درصد افزایش یابد (Lucas, 2013)، بنابراین اصلاح کنندگان گندم باید به دنبال اصلاح و تولید لاین‌هایی با عملکرد بالا و پایدار باشند.

اثر متقابل ژنوتیپ × محیط یکی از موضوعات مهم در اصلاح نباتات است که در توسعه و گسترش ارقام اصلاح شده حائز اهمیت فراوان است. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نشان‌دهنده واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها به شرایط محیطی است، بدین‌معنی که بهترین ژنوتیپ در یک محیط لزوماً بهترین ژنوتیپ در محیط دیگر نیست (Farshadfar *et al.*, 2012). به‌علت وجود اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط، ارزیابی ارقام جدید در محیط‌های مختلف توسط به‌نژادگران یک ضرورت محسوب می‌شود. محققان معیارهای مختلفی را جهت بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و تشخیص پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها معرفی کرده‌اند (Zali *et al.*, 2012). روش‌های تجزیه پایداری برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به دو گروه روش‌های آماری پارامتری و ناپارامتری تقسیم می‌شوند. از روش‌های ناپارامتری می‌توان به روش‌های $S_i^{(1)}$، $S_i^{(2)}$، $S_i^{(3)}$ و $S_i^{(6)}$ که توسط ناسار و هیون (Nassar and Huehn, 1987) برای برآورد اثرات متقابل ژنوتیپ × محیط و پایداری فنوتیپی و همچنین آماره‌های $NP_i^{(1)}$، $NP_i^{(2)}$، $NP_i^{(3)}$ و $NP_i^{(4)}$ که توسط تنارازو (Thennarasu, 1995) بر مبنای رتبه‌های تصحیح شده پیشنهاد شده‌اند، اشاره کرد. روش‌های آماری پارامتری خود به دو گروه تک‌متغیره و چندمتغیره تقسیم می‌شوند. از روش‌های تک‌متغیره می‌توان به واریانس محیطی (Environmental variance) (Roemer, 1917)، ضریب تغییرات محیطی (Coefficient variance of environment) (Francis and Kannenberg, 1978)، واریانس پایداری شوکلا (Stability variance's Shukla) (Shukla, 1972)، ضریب رگرسیون فینلی و ویلکینسون (Finlay and Wilkinson, 1963)، انحرافات از خط رگرسیون (Eberhart and Russel, 1966) و ضریب تشخیص پینتوس (Coefficient of determination's Pinthus) (Pinthus, 1973) اشاره کرد. از مهم‌ترین روش‌های چندمتغیره می‌توان از مدل‌های (The Additive Main effect and Multiplication Interaction; AMMI) (Gauch, 1992) و GGEبای پلات (Genotype + genotype × environment) (Yan *et al.*, 2000) نام برد.

روش GGE (ژنوتیپ + ژنوتیپ × محیط) بای‌پلات یکی از روش‌های چندمتغیره در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بوده که در آن اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط از هم تفکیک نشده و گزینش رقم‌های دارای پایداری عملکرد براساس هر دو اثر مذکور صورت می‌گیرد (Yan *et al.*, 2000). آنچه که در ارزیابی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف بسیار حائز اهمیت می‌باشد، این است که اثر محیط در اکثر موارد بسیار بزرگ بوده، اما قابل بهره‌برداری نیست، بنابراین حذف اثر محیط از داده‌ها و تمرکز بر اثر ژنوتیپ (G) و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (GE) حائز اهمیت است (Yan and Kang, 2003). تنها اثر ژنوتیپ و اثر متقابل

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.5.8]

ژنوتیپ × محیط است که در گزینش لاین‌های با پایداری عملکرد اهمیت دارند و نکته اساسی این است که دو اثر ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط باید به‌صورت توأم بررسی شوند. روش GGEبای‌پلات این امکان را فراهم می‌کند که این دو اثر (ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط) هم‌زمان و به‌صورت ترسیمی مورد بررسی قرار گیرند (Yan, 2001). محققان زیادی روش GGE بای پلات را روشی کارآمد برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معرفی نموده و بیان داشته‌اند که این روش اطلاعات مفیدی در خصوص ژنوتیپ‌ها و محیط‌های تحت بررسی در اختیار محقق قرار می‌دهد. کاربرد GGE بای‌پلات در گزینش ارقام مناسب برای گندم نان (Mohammadi *et al.,* 2016b؛ Ahmadi *et al.,* 2012؛ Omrani *et al.,* 2017)، کلزا (Zali *et al.,* 2016)، گلرنگ (Pourdad and Jamshid Moghaddam , 2013)، گندم دوروم (Mohammadi *et al.,* 2016a)، نخود (Farshadfar *et al.,* 2013) گزارش شده است.

هدف از این تحقیق، بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط با استفاده از روش گرافیکی GGE بای‌پلات در لاین‌های امیدبخش گندم نان و شناسایی و معرفی لاین‌های دارای عملکرد اقتصادی بالا و پایدار جهت معرفی و کشت در مناطق مختلف اقلیم‌های گرم و خشک و شناسایی مناطق مطلوب بود.

مواد و روش‌ها

شانزده لاین امیدبخش گندم نان، که از آزمایشات مقایسه عملکرد لاین‌های پیشرفته گندم اقلیم گرم و خشک کشور در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ انتخاب شده بودند (جدول ۱)، همراه با دو رقم شاهد گندم نان تجاری (چمران و افلاک) در ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی داراب، اهواز، خرم‌آباد، دزفول، ایرانشهر و زابل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و به مدت دو سال زراعی (۹۳-۱۳۹۱) مورد ارزیابی قرار گرفتند. مختصات جغرافیایی مکان‌های مورد بررسی در جدول ۲ ارائه شده است. زمین محل اجرای آزمایش تحت تناوب دو ساله غلات-آیش بوده و بعد از عملیات تهیه زمین،کودپاشی و ایجاد جوی و پشته بذرهای ارقام و لاین‌های مورد بررسی در وایل تا اواسط آذر در شش خط به‌طول شش متر به‌فاصله ۲۰ سانتی‌متر در کرتهایی به مساحت ۷/۲ مترمربع با استفاده از ماشین کاشت آزمایشات وینتراشتایگر کشت و به‌صورت نشتی آبیاری شدند. تعداد بذر مصرفی ۴۵۰ عدد در متر مربع و با در نظر گرفتن وزن هزار دانه برای هر لاین تعیین شد. در مرحله رسیدگی، نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت حذف و محصول بقیه (شش مترمربع) هر کرت برداشت شد. در طول فصل زراعی، کلیه عملیات و مراقبت‌های زراعی مورد نیاز انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز پهن‌برگ و نازک‌برگ به‌صورت مکانیکی و با استفاده از علف‌کش در مرحله پنجه‌زنی تا ساقه‌رفتن انجام شد. در طول دوره رشد علاوه بر مراقبت‌های زراعی، یادداشت برداری از کرت‌های آزمایشی شامل؛ تعداد روز از کاشت تا ۵۰ درصد ظهور سنبله، تعداد روز تا ۵۰ درصد رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، میزان خوابیدگی بوته، رنگ دانه و وزن هزار دانه به‌عمل آمد.

بررسی پایداری عملکرد دانه ارقام و لاین‌ها با استفاده از روش‌های چند متغیره GGE بای‌پلات انجام شد. روش GGE بای‌پلات، اثر ژنوتیپ (G) و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (GE) را با هم حفظ کرده و GGE را به دو جزء ضربی تجزیه می‌کند (Yan *et al.,* 2000). مدل استفاده شده در GGE بای‌پلات به‌صورت رابطه ۱ است:

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = g_{i1}e_{1j} + g_{i2}e_{2j} + \varepsilon_{ij} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

g_{i1} و e_{1j}: نمره‌های اولیه برای ژنوتیپ i و محیط j، g_{i2} و e_{2j}: نمره‌های ثانویه برای ژنوتیپ i و محیط j و ε_{ij}: باقیمانده‌ای است که به‌وسیله اثرات اولیه و ثانویه توضیح داده نمی‌شود. یک بای‌پلات GGE با رسم g_{i1}

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.5.8]

جدول ۱- نام و شجره ارقام و لاین‌های امید بخش گندم نان

Table 1. Name and pedigree of bread wheat cultivars and promising lines

کد لاین‌های گندم Code of wheat lines	شجره لاین‌های گندم Pedigree of wheat lines	تاریخچه انتخاب Selection history
S-91-1	CHAMRAN	
S-91-2	BLOUDAN/3/BB/7C*2//Y50E/*3KAL/4/ARVAND/5/**PISHTAZ**	
S-91-3	BLOYKA/4/KAL/BB//CJ "S"/3/HORK "S"/5/**MARVDASHT**	
S-91-4	ATRAK/ **HD 29**	IRW01-0NS1728-0Dar-0Dar-2Dar-1Dar
S-91-5	DARAB#2/ /MOGHAN1/ **FALAT**	IRW01-0NS1733-0Dar-0Dar-2Dar-2Dar
S-91-6	ALVAND//ALDAN"S"/IAS58/3/VEEe/**NAC**	IRW01-0NS1748-0Dar-0Dar-2Dar-2Dar
S-91-7	MOGHAN/3/KAUZ*2/OPATA//KAUZ/4/**CHAMRAN**	IRW01-0NS1810-0Dar-0Dar-3Dar-1Dar
S-91-8	STAR "S" SWM 7215/3/P101/ANZA//IRW01-066-49/4/**HIRMAND**	IRW01-0NS1840-0Dar-0Dar-1Dar-2Dar
S-91-9	STAR "S" SWM 7215/3/P101/ANZA//IRW01-066-49/4/ **HIRMAND**	IRW01-0NS1840-0Dar-0Dar-3Dar-1Dar
S-91-10	GOUMRIA-8//BOBWHITE #1/**FENGKANG 15**	ICW03-0060-4AP-0Dez-0Dez-10Dez
S-91-11	PBW343*2/KUKUNA/5/CNO79//PF70354/MUS/3/PASTOR/4/**BAV92**	CGSS03B00180S-099M-099Y-099M-20WGY-0B
S-91-12	PRL/2*PASTOR/4/CHOIX/STAR/3/HE1/3*CNO79//2***SERI**	CMSS02Y00596S-34Y-0M-099Y-5M-0WGY-0B
S-91-13	PFAU/MILAN/5/CHEN/AEGILOPS SQUARROSA (TAUS)//BCN/3/VEE#7/BOW/4/**PASTOR**	CMSS02Y00613S-59Y-0M-099Y-5M-0WGY-0B
S-91-14	PRL/2*PASTOR/4/CHOIX/STAR/3/HE1/3*CNO79//2***SERI**	CMSS02Y00596S-23Y-0M-099Y-2M-0WGY-0B
S-91-15	PRL/2*PASTOR/4/CHOIX/STAR/3/HE1/3*CNO79//2***SERI**	CMSS02Y00596S-33Y-0M-099Y-2M-0WGY-0B
S-91-16	TILHI/5/PF74354//LD/ALD/4/2*BR12*2/3/JUP//PAR214*6/FB6631/6/ATTILA/2***PASTOR**	CMSS02Y02208T-060M-34Y-0M-099Y-2M-0WGY-0B
S-91-17	WHEAR/KUKUNA/3/C80.1/3*BATAVIA//2***WBLL1**	CGSS03B00080T-099Y-099M-099Y-099M-15WGY-0B
S-91-18	AFLAK	

جدول ۲- مختصات جغرافیایی و اطلاعات آب و هوایی مکان‌های آزمایش

Table 2. Geographical coordinates and meteorological information of the test locations

Site	مکان	ارتفاع Altitude (m)	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	میانگین بارندگی سالیانه Average annual rainfall (mm)	میانگین دمای سالیانه Average annual temperature (°C)
Zabol	زابل	489	31°0'N	61°32'E	61	23.71
Ahvaz	اهواز	22.5	31°20'N	48°40'E	213	20.20
Khoramabad	خرم آباد	1148	33°30'N	48°25'E	509	13.36
Iranshahr	ایرانشهر	591	27°15'N	60°40'E	106	26.50
Darab	داراب	1107	28°50'N	54°30'E	248	18.16
Dezful	دزفول	83	32°20'N	48°30'E	405	15.17

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.5.8]

در مقابل g_{i2} و e_{1j} در مقابل e_{2j} در یک نمودار پراکنش، رسم می‌شود. نمره‌های اولیه از طریق تجزیه به مقادیر منفرد (Singular valued composition; SVD) تجزیه شده و به صورت رابطه ۲ تبدیل می‌شوند:

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = \lambda_1\xi_{i1}\eta_{1j} + \lambda_2\xi_{i2}\eta_{2j} + \varepsilon_{ij} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

λ_1 و λ_2: به‌ترتیب مقادیر منفرد اولین و دومین مؤلفه اصلی (PC1 و PC2)، ξ_{i1} و ξ_{i2}: به‌ترتیب بردارهای ویژه ژنوتیپ iام برای PC1 و PC2 و η_{1j} و η_{2j}: به‌ترتیب بردارهای ویژه محیط jام برای PC1 و PC2 می‌باشند (Yan *et al.*, 2000; Yan, 2001). به‌منظور رسم نمودارهای GGE بای‌پلات و تجزیه واریانس مرکب داده‌ها از نرم افزار Genestat V15 استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ۱۵/۹ درصد از مجموع مربعات کل را به خود اختصاص داد، در حالی‌که این مقدار برای ژنوتیپ و محیط به‌ترتیب ۳/۲ و ۸۰/۹ درصد بود. هر چند اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، منبع اصلی تغییرات نبود ولی پنج برابر اثر ژنوتیپ بود که نشان‌دهنده امکان وجود محیط‌های بزرگ (Gauch and Zobel., 1996؛ Yan *et al.*, 2000) در آزمایشات مقایسه عملکرد گندم نان بود. کم بودن اثر ژنوتیپ در توجیه تنوع موجود احتمالاً به این دلیل می‌باشد که در سال‌های گذشته در برنامه‌های به‌نژادی گندم نان ژنوتیپ‌های برتر از لحاظ عملکرد انتخاب شده و این ژنوتیپ‌های برتر در آزمایشات چندمحیطی نسبت به محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نقش کم‌تری در توجیه تنوع موجود داشته‌اند. محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2016b) در ارزیابی عملکرد و پایداری عملکرد در ژنوتیپ‌های گندم نان بیان کردند که سهم محیط، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و ژنوتیپ در توجیه میانگین مربعات کل به‌ترتیب ۶۹/۸، ۱۵/۶ و یک درصد بود. هر چند اثر متقابل ژنوتیپ × محیط منبع اصلی تغییرات نبود، اما ۱۵ برابر اثر ژنوتیپ نقش داشت. نتایج مشابهی نیز توسط سایر محققان گزارش شده است (Yan *et al.*, 2000؛ Fan *et al.*, 2007؛ Rose *et al.*, 2008).

میانگین دو ساله عملکرد دانه لاین‌ها و ارقام گندم مورد بررسی برای ایستگاه‌های اهواز، داراب، دزفول، زابل، ایرانشهر و خرم‌آباد و همچنین میانگین کل عملکرد دانه برای این لاین‌ها و ارقام در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد که در ایستگاه اهواز دامنه میانگین دو ساله عملکرد دانه لاین‌های مورد ارزیابی ۳۹۸۶ تا ۵۱۵۲ کیلوگرم در هکتار بوده و لاین G2کمترین و لاین G14 بالاترین میانگین عملکرد را داشتند. میانگین کل عملکرد دانه در این ایستگاه ۴۷۰۶ کیلوگرم در هکتار بود. در ایستگاه داراب دامنه میانگین عملکرد دانه لاین‌های مورد مطالعه ۶۳۹۳ تا ۷۷۷۱ کیلوگرم در هکتار بوده و لاین G18 کمترین و لاین G17 بالاترین میانگین عملکرد دانه را دارا بودند (جدول ۳). میانگین کل عملکرد دانه در این ایستگاه ۷۲۲۳ کیلوگرم در هکتار بود. در ایستگاه دزفول دامنه میانگین عملکرد دانه لاین‌های مورد مطالعه ۴۱۱۳ تا ۵۵۴۶ کیلوگرم در هکتار و لاین‌های G1 و G13 به‌ترتیب کمترین و بیشترین میانگین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۳). میانگین کل عملکرد دانه آزمایش در این ایستگاه ۴۸۲۶ کیلوگرم در هکتار بود. در ایستگاه خرم‌آباد دامنه میانگین عملکرد دانه لاین‌های مورد مطالعه ۶۲۷۷ تا ۷۸۹۴ کیلوگرم در هکتار و لاین‌های G3 و G11 به‌ترتیب کمترین و بیشترین میانگین عملکرد دانه را داشتند. میانگین کل عملکرد دانه در این ایستگاه ۷۱۳۰ کیلوگرم در هکتار بود. در ایستگاه زابل دامنه میانگین عملکرد دانه لاین‌های مورد مطالعه ۵۴۷۸ تا ۷۷۸۹ کیلوگرم در هکتار و لاین‌های G3 و G1 به‌ترتیب کمترین و بیشترین میانگین عملکرد

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.5.8]

دانه را داشتند. میانگین کل عملکرد دانه در این ایستگاه ۶۶۷۹ کیلوگرم در هکتار بود. در ایستگاه ایرانشهر دامنه میانگین عملکرد دانه لاین‌های مورد مطالعه ۴۸۱۱ تا ۶۳۳۶ کیلوگرم در هکتار و لاین‌های G12 و G15 به‌ترتیب کمترین و بیشترین میانگین عملکرد دانه را داشتند. میانگین کل عملکرد دانه در این ایستگاه ۵۵۲۸ کیلوگرم در هکتار بود. در مجموع تمام مکان‌ها مشاهده شد که میانگین عملکرد دانه لاین‌های گندم مورد ارزیابی در دامنه‌ای بین ۵۴۷۵ تا ۶۳۱۵ کیلوگرم در هکتار و لاین‌های G3 و G15 به‌ترتیب کمترین و بیشترین عملکرد دانه را داشتند. میانگین کل عملکرد دانه برای مکان‌ها و سال‌های اجرای آزمایش ۶۰۱۵ کیلوگرم در هکتار بود. نتایج نشان داد که میانگین عملکرد لاین‌های G6، G9، G13، G14، G15 و G17 از میانگین عملکرد ارقام شاهد چمران (G1) و افلاک (G18) بیشتر بود (جدول ۳).

جدول ۳- میانگین عملکرد دانه ارقام و لاین‌های امید بخش گندم نان در شش مکان (خرم‌آباد، داراب، دزفول، ایرانشهر، اهواز و زابل) (۹۳-۱۳۹۱)

Table 3. Mean of grain yield of bread wheat cultivars and promising lines in six locations (Khoramabad, Darab, Dezful, Iranshahr, Ahvaz and Zabol) (2012-2014)

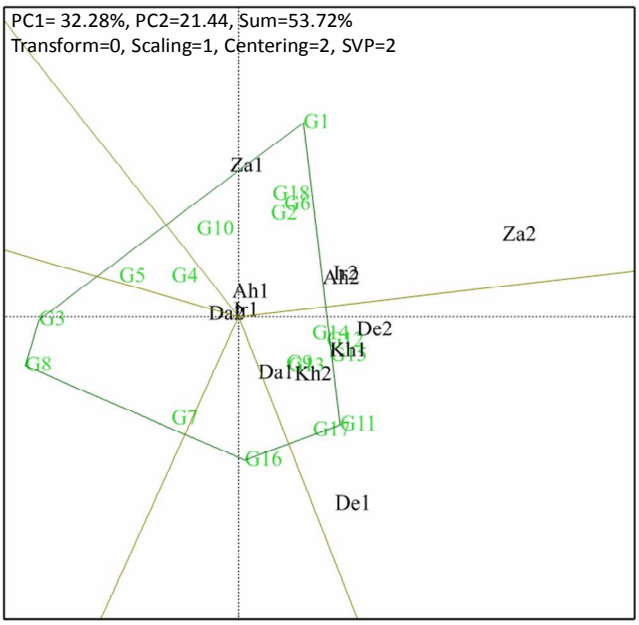
کد لاین‌های گندم Code of wheat lines	کد لاین‌های گندم Code of wheat lines	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1}) خرم‌آباد Khoramabad	داراب Darab	دزفول Dezful	ایرانشهر Iranshahr	اهواز Ahvaz	زابل Zabol	میانگین Mean
G1	S-91-1	6904	7190	4113	5679	5038	7789	6119
G2	S-91-2	6933	7036	4651	6149	3986	7412	6028
G3	S-91-3	6277	7188	4148	5130	4627	5478	5475
G4	S-91-4	6662	7645	4127	5534	4668	6369	5834
G5	S-91-5	6903	7764	4395	5783	4559	6589	5999
G6	S-91-6	7341	7222	4822	5672	4879	7634	6262
G7	S-91-7	7371	7632	4876	5212	4339	6348	5963
G8	S-91-8	7132	6715	4240	5040	4271	5617	5503
G9	S-91-9	7489	7760	4861	5428	4393	6857	6131
G10	S-91-10	6855	7188	4496	5261	4957	7005	5960
G11	S-91-11	7894	7017	5490	5224	4181	6882	6115
G12	S-91-12	7393	7084	5183	4811	5124	7016	6102
G13	S-91-13	7271	7098	5546	5764	5023	6808	6252
G14	S-91-14	7467	6890	5259	5680	5152	6556	6167
G15	S-91-15	7411	7332	5287	6336	5026	6499	6315
G16	S-91-16	6899	7081	5455	5585	4762	6074	5976
G17	S-91-17	7197	7771	5330	5736	4607	6412	6176
G18	S-91-18	6936	6393	4583	5489	5122	6878	5900
Mean	میانگین	**7130**	**7223**	**4826**	**5529**	**4706**	**6679**	**6015**

نمایش چند ضلعی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در آزمایشات چند محیطی بهترین راه برای مشاهده الگوهای اثرات متقابل بین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها به‌منظور تفسیر موثر بای‌پلات و مطالعه وجود احتمالی گروه‌های محیطی در یک منطقه است (Yan *et al.*, 2000). نتایج حاصل از روش GGE بای‌پلات نشان داد که مؤلفه‌های اصلی اول و دوم به‌ترتیب ۳۲/۲۸ و ۲۱/۴۴ درصد و در مجموع ۵۳/۷۲ درصد از کل تغییرات را توجیه کردند (شکل ۱). محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2016b) در ارزیابی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های گندم نان در ۲۱ محیط بیان کردند که نتایج GGE بای پلات ۳۹/۱۹ درصد تغییرات را

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.5.8]

توجیه کرد، در حالی‌که در بررسی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های گندم نان توسط عمرانی و همکاران (Omrani *et al.*, 2017) GGE بای پلات در ۱۲ محیط، حدود ۸۲ درصد تغییرات را توجیه کرد. در هر حال اگر مجموع مؤلفه‌های اصلی اول و دوم نتوانند اکثر تغییرات موجود را توجیه نماید، نشان دهنده ماهیت پیچیده اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بوده، اما الزاماً به‌معنای غیرمعتبر بودن بای‌پلات نیست (Yan and Tinker, 2005). در شکل ۱، نمایش گرافیکی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ۱۸ لاین و رقم مورد مطالعه در ۱۲ محیط نشان داده شده است. در این شکل ژنوتیپ‌هایی که بیشترین فاصله را از مرکز بای پلات دارند، بوسیله تعدادی خطوط مستقیم به هم وصل شده و سایر ژنوتیپ‌ها در درون چند ضلعی قرار می‌گیرند. ژنوتیپ‌هایی که در رئوس چند ضلعی قرار دارند از لحاظ عملکرد دانه بهترین یا ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها در یک یا چند محیط محسوب می‌شوند، زیرا بیشترین فاصله را از مرکز بای پلات دارند (Yan and Kang, 2003). بر هر ضلع چند ضلعی یک عمود از مرکز بای پلات رسم می‌شود که بای پلات را به چندین بخش تقسیم می‌کند و محیط‌ها در بخش‌های یکسان و یا متفاوتی قرار می‌گیرند.

بررسی نمودار چند ضلعی به‌منظور تعیین لاین‌های برتر در محیط‌های مختلف و مشخص نمودن محیط‌های بزرگ (شکل ۱) نشان داد که لاین‌های G1، G14، G12، G15، G3، G8، G11، G17 و G16 در رئوس چند



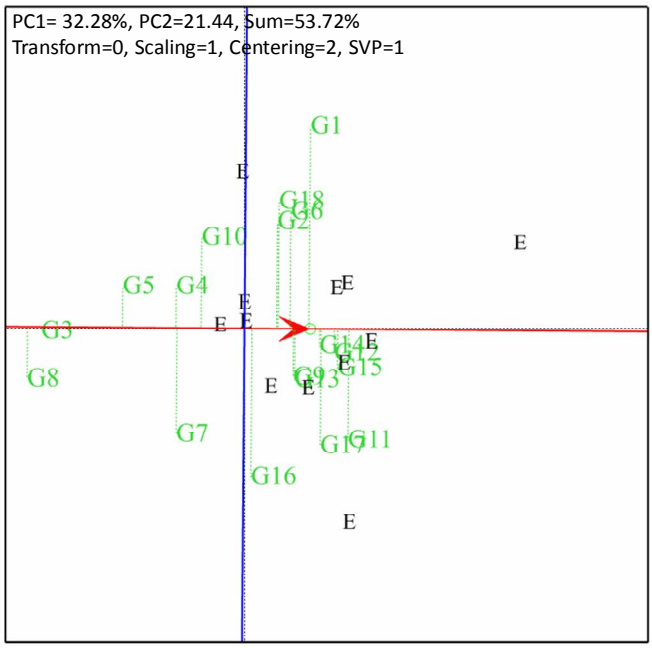
شکل ۱- چند ضلعی GGE بای پلات برای شناسایی ارقام و لاین‌های امید بخش برتر گندم نان در محیط‌های مختلف. کدهای محیطی Da، Za، De، Ah، Kh و Ir به‌ترتیب معرف ایستگاه‌های داراب، زابل، دزفول، اهواز، خرم‌آباد و ایرانشهر می‌باشند. اعداد ۱ و ۲ در کدهای محیطی به‌ترتیب معرف سال اول (۹۲-۱۳۹۱) و سال دوم (۹۳-۱۳۹۲) هستند

Fig. 1. Polygon of GGE biplot to determine the superior bread wheat cultivars and promising lines in different environments. Environmental codes Da, Za, De, Ah, Kh and Ir represent the stations of Darab, Zabol, Dezful, Ahvaz, Khoramabad and Iranshahr, respectively. The number 1 and 2 in the environmental codes are the first year (2012-2013) and the second year (2013-2014), respectively

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.5.8]

ضلعی قرار دارند. در میان آنها لاین‌های G14، G12، G15، G1، G11 و G17 جزء لاین‌های برتر از نظر عملکرد دانه بوده و لاین‌های G3 و G8 جزء لاین‌های ضعیف‌تر از نظر عملکرد دانه بودند. براساس شکل ۱ محیط‌ها به دو گروه و ژنوتیپ‌ها به پنج گروه تقسیم شدند. اولین گروه محیطی شامل محیط‌های مربوط به زابل (Za1 و Za2)، اهواز (Ah1 و Ah2)، ایرانشهر (Ir1 و Ir2) و داراب (Da2) بود و ژنوتیپ G1 (چمران)، دارای بیشترین عملکرد بود. گروه دوم شامل خرم‌آباد (Kh1 و Kh2)، دزفول (De1 و De2) و داراب (Da1) و لاین‌های G14، G12، G15، G1، G11 و G17، دارای عملکرد بالا بودند. تفاوت عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر دو گروه محیطی، نشان‌دهنده اثر متقابل کراس‌اوری است که در آن رتبه ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف، متفاوت می‌باشد (Yan and Tinker, 2005). از طرفی قرارگرفتن برخی از محیط‌ها در گروه‌های مشابه نشان می‌دهد که رتبه ژنوتیپ‌ها در محیط‌های یک گروه خاص تغییرات زیادی نداشت که نشان دهنده اثر متقابل غیرکراس‌اوری است. این موضوع نشان می‌دهد که هر دو نوع اثر متقابل کراس‌اوری و غیرکراس‌اوری برای عملکرد دانه در آزمایشات چند محیطی گندم نان در محیط‌های مورد بررسی وجود داشت (Fan *et al.*, 2007). هرچند لاین‌های G3 و G8 در رأس چند ضلعی قرار داشتند، اما هیچ مکانی در اطراف آن‌ها وجود نداشت و این موضوع نشان می‌دهد که این لاین‌ها در اکثر مناطق مورد بررسی عملکرد ضعیفی داشتند.

برای بررسی همزمان پایداری و عملکرد لاین‌ها از نمودار مختصات محیط متوسط (Average environment coordination; AEC) استفاده شد (شکل ۲). این نمودار، بای‌پلات میانگین در مقابل پایداری نیز نامیده می‌شود. در این نمودار (شکل ۲)،



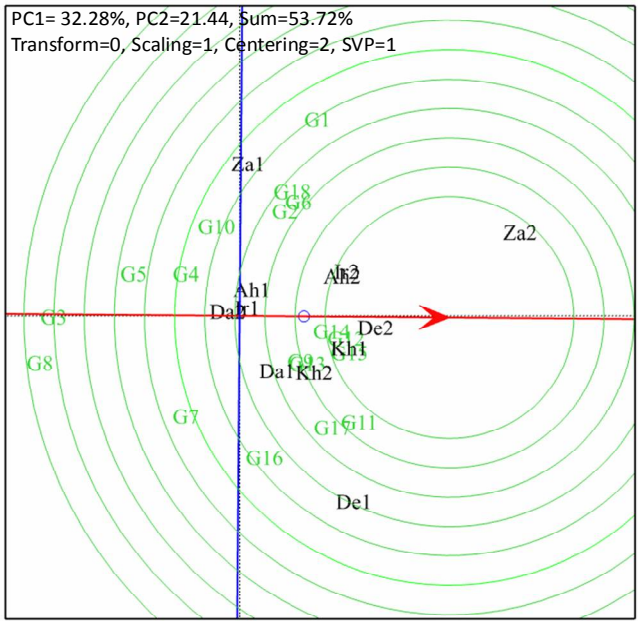
شکل ۲- بای پلات مختصات محیط متوسط (AEC) برای گزینش همزمان عملکرد دانه و پایداری ارقام و لاین‌های امید بخش گندم نان (G1-G18) در هشت محیط

Fig. 2. Biplot of the average-environment coordination (AEC) for simultaneous selection of grain yield and stability of bread wheat cultivars and promising lines (G1-G18) in six environments

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.5.8]

محور افقی که دارای یک پیکان است، از مبدا مختصات می‌گذرد (Yan *et al.*, 2000؛ Yan and Rajcan, 2002). تصویر لاین‌ها روی این محور، تقریبی از عملکرد لاین‌ها است. این محور را محور میانگین محیط می‌نامند. نتایج بای‌پلات (شکل ۲) نشان داد که لاین‌های G12، G15، G14، G9، G13، G1، G2، G6، G11 و G17 جزء ارقام و لاین‌های با عملکرد بالا بودند. محور عمودی که از مبدأ مختصات گذشته و عمود بر محور میانگین محیط است، نشان دهنده اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بوده و پایداری عملکرد ارقام را تعیین می‌کند. هر قدر تصویر لاین‌ها روی این محور بلندتر باشد، نشان‌دهنده ناپایداری بیشتر عملکرد دانه آن‌هاست. با استفاده از شکل ۲ مشخص شد که لاین‌های G12، G15، G14، G9 و G13 دارای عملکرد دانه پایدارتر در میان ژنوتیپ‌های گندم مورد بررسی بودند. این لاین‌ها از نظر عملکرد نیز وضعیت مطلوبی داشتند. از طرفی لاین‌های G1 و G16 دارای پایداری عملکرد دانه پایین‌تری بودند. لاین‌های G3، G4 و G5 دارای عملکرد پایین ولی پایدار بودند و لاین‌های G2، G6، G11 و G17 دارای عملکرد بالا و پایداری متوسط بودند.

یک ژنوتیپ مطلوب باید دارای بیشترین میانگین عملکرد دانه در محیط‌های مورد مطالعه و عملکرد پایدار نسبت به شرایط محیطی باشد. چنین ژنوتیپی دارای بیشترین طول روی بردار میانگین ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا و دارای حداقل نقش در اثر متقابل ژنوتیپ × محیط می‌باشد. دایره کوچک روی محور میانگین عملکرد به‌عنوان یک مرجع برای ارزیابی



شکل ۳- بای پلات مقایسه ارقام و لاین‌های امیدبخش گندم نان (G1-G18) با ژنوتیپ مطلوب برمبنای عملکرد و پایداری عملکرد دانه. کدهای محیطی Da، Za، De، Ah، Kh و Ir به‌ترتیب معرف ایستگاه‌های داراب، زابل، دزفول، اهواز، خرم‌آباد و ایرانشهر می‌باشند. اعداد ۱ و ۲ در کدهای محیطی به‌ترتیب معرف سال اول (۹۲-۱۳۹۱) و سال دوم (۹۳-۱۳۹۲) هستند

Fig. 3. Biplot of bread wheat cultivars and promising lines (G1-G18) in comparison with ideal genotype based on grain yield and stability. Environmental codes Da, Za, De, Ah, Kh and Ir represent the stations of Darab, Zabol, Dezful, Ahvaz, Khoramabad and Iranshahr, respectively. The number 1 and 2 in the environmental codes are the first year (2012-2013) and the second year (2013-2014), respectively

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.5.8]

ژنوتیپ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. ژنوتیپی مطلوب است که به این مرجع نزدیک‌تر باشد (Yan, 2001).بنابراین میزان مطلوبیت لاین‌ها به فاصله آن‌ها از ژنوتیپ مطلوب بستگی دارد. مقایسه لاین‌های مورد بررسی با ژنوتیپ مطلوب (شکل ۳) نشان داد که لاین‌های G9، G13، G12، G15 و G14 به ژنوتیپ مطلوب نزدیک‌تر بودند که بیشترین عملکرد را داشت و به‌علت قرارداشتن روی محور میانگین محیط، داری بیشترین پایداری عملکرد دانه نیز بود (شکل ۳). از طرفی براساس روش GGE بای‌پلات لاین‌های G3، G5 و G8 جزء لاین‌های ضعیف‌تر نسبت به سایر لاین‌ها از نظر نزدیکی به ژنوتیپ مطلوب در این تحقیق بودند. عمرانی و همکاران (Omrani *et al.,* 2017) با استفاده از روش GGE بای پلات ۴ لاین گندم نان را به عنوان لاین‌های مطلوب معرفی کردند. محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.,* 2016a) در بررسی ۱۸ ژنوتیپ گندم دوروم در ۱۲ محیط، دو ژنوتیپ مطلوب و یک محیط مطلوب را معرفی نمودند.

ارزیابی همبستگی بین محیط‌ها (شکل ۴) نشان داد که زاویه بین بردارهای دو سال درون هر مکان متفاوت بود، به طوری که زاویه بین بردارهای محیطی دو سال در داراب (Da1 و Da2) حدود ۹۰ درجه بود که این موضوع نشان دهنده عدم وجود همبستگی بین دو محیط و به‌عبارت دیگر متفاوت بودن اثر سال در داراب طی دو سال آزمایش بود. این شرایط برای اهواز (Ah1 و Ah2) نیز صادق بود. میزان همبستگی بین دو سال در زابل (Za1 و Za2) و در دزفول (De1 و De2) متوسط بود. در مقابل زاویه بین بردارهای محیط دو سال در خرم آباد (Kh1 و Kh2) کوچک بوده و تشابه شرایط آب و هوایی در دو سال این منطقه را نشان می‌دهد. ایرانشهر (Ir1 و Ir2) نیز شرایط مشابه آب و هوایی را در دو سال آزمایش داشت.

براساس شکل ۴ تشابه زیادی بین دو مکان خرم‌آباد و دزفول به‌واسطه زاویه حاده بین بردارهای محیطی وجود دارد، اما براساس اطلاعات جدول ۲ تفاوت زیادی بین خرم‌آباد و دزفول از نظر ارتفاع از سطح دریا وجود دارد. بعلاوه طول دوره رشد در خرم‌آباد بیشتر از دزفول است، بنابراین تشابه مشاهده شده بین خرم آباد و دزفول نیاز به بررسی‌های بیشتر دارد.

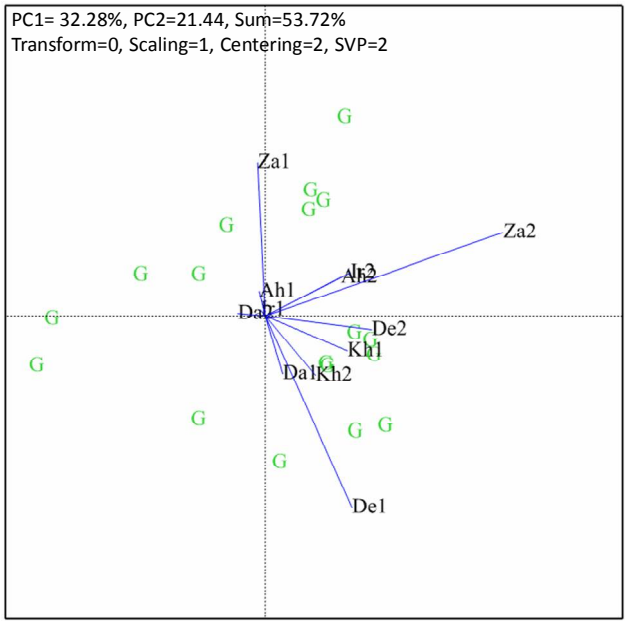
یان و راجکان (Yan and Rajcan, 2002) در ارزیابی ژنوتیپ‌های سویا در چهار منطقه در کانادا طی چند سال به این نتیجه رسیدند که یکی از مناطق دارای همبستگی بالایی با سایر مناطق بوده و بنابراین آن منطقه را از آزمایشات حذف نمودند. روش GGE بای پلات برای تفکیک محیط‌های مشابه از محیط‌های غیرمشابه در سایر تحقیقات نیز مورد استفاده قرار گرفته است (Navabi *et al.,* 2006). محیط‌های بزرگ دارای دو ویژگی هستند. اول این‌که واریانس بین محیط‌های بزرگ به‌طور معنی‌داری بزرگ‌تر از واریانس درون محیط‌های بزرگ است و دوم این‌که ارقام برتر متفاوتی در محیط‌های بزرگ وجود دارند (Gauch and Zobel, 1996). بعلاوه ارقامی که در مرکز GGE بای‌پلات قرار می‌گیرند عکس‌العمل یکسانی به اکثر محیط‌های مورد بررسی نشان داده و در بیشتر محیط‌ها جزء ارقام متوسط می‌باشند.

ویژگی مهم دیگر در بای‌پلات همبستگی بین محیط‌ها، طول بردار محیطی است که تقریبی از انحراف معیار درون هر محیط بوده و نیز شاخصی از قابلیت تمایز محیط‌ها محسوب می‌شود (Yan and Kang, 2003)، به‌طوری که بردارهای بلندتر، انحراف معیار بیشتر و در نتیجه قابلیت تمایز بیشتری دارند. قابلیت تمایز یکی از ویژگی‌های مهم هر محیط است، به‌طوری که محیط‌های فاقد قابلیت تمایز نمی‌توانند اطلاعات مفیدی در مورد ارقام و لاین‌ها ارائه کنند (Yan and Rajcan, 2002). ارزیابی بردارهای محیطی برای مناطق مورد بررسی نشان داد (شکل ۴) که زابل (Za1 و Za2) با بلندترین طول بردار محیطی نسبت به سایر مناطق، از قابلیت تمایز بالایی برخوردار است و

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.5.8]

اهواز، داراب و ایرانشهر در سال اول با کمترین طول بردار محیطی از قابلیت تمایز پایینی برای ارقام و لاین‌ها برخوردار بودند. در مجموع مناطق زابل و دزفول به‌ترتیب جزء مناطقی هستند که دارای قابلیت تمایز بالایی بوده و می‌توانند در آزمایشات بررسی ارقام، لاین‌ها و ارقام مورد ارزیابی را به‌خوبی متمایز کنند. احمدی و همکاران (Ahmadi *et al.*, 2012)، ۳۵ لاین امید بخش گندم را در هفت مکان و طی سه سال مورد ارزیابی قرار دادند. آنها با استفاده از روش GGE بای پلات، مکان‌های مورد مطالعه را به سه محیط بزرگ تقسیم کردند و برای هر محیط یک ژنوتیپ برتر معرفی نمودند.

موضوع پایداری شامل دو بخش پایداری پویا (زراعی) و پایداری ایستا (آماری) است (Pourdad and Jamshid Moghaddam, 2013). روش GGE بای پلات مبتنی بر مفهوم پایداری زراعی است وژنوتیپ‌های انتخابی با این روش علاوه بر پایداری از عملکرد بالایی هم برخوردار هستند. بدین ترتیب GGE بای‌پلات روش گرافیکی مناسبی برای گزینش همزمان عملکرد و پایداری ارقام و لاین‌ها می‌باشد.



شکل ۴- بای‌پلات نقشه همبستگی بین محیط‌های مورد بررسی برای ارقام و لاین‌های امیدبخش گندم نان. کدهای محیطی Da، Za، De، Ah، Kh و Ir به‌ترتیب معرف ایستگاه‌های داراب، زابل، دزفول، اهواز، خرم‌آباد و ایرانشهر می‌باشند. اعداد ۱ و ۲ در کدهای محیطی به‌ترتیب معرف سال اول (۹۲-۱۳۹۱) و سال دوم (۹۳-۱۳۹۲) هستند

Fig. 4. Biplot of correlation map among environments for bread wheat cultivars and promising lines. Environmental codes Da, Za, De, Ah, Kh and Ir represent the stations of Darab, Zabol, Dezful, Ahvaz, Khoramabad and Iranshahr, respectively. The number 1 and 2 in the environmental codes are the first year (2012-2013) and the second year (2013-2014), respectively

در این تحقیق، در انتخاب نهایی لاین‌ها، علاوه بر پایداری عملکرد، معیارهای دیگری از جمله واکنش به بیماری‌ها و سایر خصوصیات زراعی مورد توجه بودند و همچنین میزان عملکرد لاین‌ها با گندم قم چمران (شاهد) نیز مقایسه شد (جدول ۵). نتایج نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه به‌ترتیب مربوط به لاین‌های

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.5.8]

جدول ۵- میانگین صفات گیاهی و عملکرد نسبی (نسبت به رقم چمران) ارقام و لاین‌های امیدبخش گندم نان

Table 5. Mean of plant characteristics and relative yield (to check cultivar: Chamran) of bread wheat cultivars and promising lines

کد لاین‌های گندم Code of wheat lines	کد لاین‌های گندم Code of wheat lines	Days to heading	Days to maturity	Plant height (cm)	Lodging (%)	1000 grain weight (g)	Grain yield (kg.ha^{-1})	Relative yield to
G1	S-91-1	115	158	95	10	38.0	6119	100
G2	S-91-2	111	159	97	18	41.7	6028	99
G3	S-91-3	112	158	96	12	37.0	5475	89
G4	S-91-4	113	159	98	12	36.3	5834	95
G5	S-91-5	105	158	96	10	40.3	5999	98
G6	S-91-6	115	160	96	18	41.8	6262	102
G7	S-91-7	106	154	100	12	40.8	5963	97
G8	S-91-8	107	152	97	10	40.0	5503	90
G9	S-91-9	107	157	101	10	42.5	6131	100
G10	S-91-10	116	160	98	7	36.7	5960	97
G11	S-91-11	114	159	101	8	41.8	6115	100
G12	S-91-12	114	160	97	8	42.8	6102	100
G13	S-91-13	114	158	95	8	43.8	6252	102
G14	S-91-14	114	158	94	8	42.5	6167	101
G15	S-91-15	114	159	97	8	42.0	6315	103
G16	S-91-16	116	161	96	8	39.5	5976	98
G17	S-91-17	113	158	98	8	41.2	6176	101
G18	S-91-18	113	158	95	8	38.0	5900	96
Mean	میانگین	**112**	**158**	**97**	**10**	**40**	**6015**	**98**

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.5.8]

S-91-13، S-91-12، S-91-14، S-91-9 و S-91-15 (به ترتیب ۴۳/۸، ۴۲/۸، ۴۲/۵، ۴۲/۵ و ۴۲ گرم) بود. بیشترین میزان خوابیدگی بوته در لاین‌های S-91-2 و S-91-6 مشاهده شد و لاین S-91-8 از کلیه لاین‌ها زودرس‌تر بود. واکنش لاین‌ها و ارقام شاهد به بیماری‌های مهم مانند زنگ زرد، زنگ قهوه‌ای و زنگ ساقه از سایر معیارهای گزینش لاین‌ها بود. در همه ایستگاه‌ها این صفات یادداشت شد (نتایج مربوط به بیماری‌ها ارائه نشده است). از میان این بیماری‌ها علائم زنگ زرد در ایستگاه‌های داراب، دزفول و اهواز در سال اول اجرای آزمایش در تعدادی از لاین‌ها مشاهده شد. واکنش حساسیت به زنگ زرد در S-91-1 (شاهد چمران)، S-91-3، S-91-7 و S-91-9 مشاهده گردید. در بین لاین‌های گندم مورد ارزیابی، بیشترین حساسیت به زنگ زرد در لاین S-91-3 مشاهده شد. علائم واکنش به بیماری زنگ قهوه‌ای تنها در ایستگاه دزفول و به‌صورت واکنش 5MS (حساسیت متوسط) و یا 5MR (مقاومت متوسط) در تعداد کمی از لاین‌ها مشاهده گردید.

در مجموع نتایج GGE بای‌پلات در این تحقیق نشان داد که لاین‌های G15 (S-91-15)، G12 (S-91-12)، G14 (S-91-14)، G13 (S-91-13) و G9 (S-91-9) جزء بهترین لاین‌ها از نظر عملکرد بالا و پایداری عملکرد بودند. این لاین‌ها را می‌توان پس از تکثیر بذر و بررسی تکمیلی و انتخاب برترین آن‌ها در شرایط زارعین، وارد آزمایش‌های تحقیقی- ترویجی نمود و در نهایت وارد فرآیند معرفی ارقام جدید گندم نمود. در میان مکان‌های مورد ارزیابی، دزفول تنها مکان مناسب در هر دو سال آزمایش در متمایز کردن لاین‌های گندم مورد ارزیابی بود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاران بخش تحقیقات غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مدیریت مراکز و ایستگاه‌های تحقیقاتی مرتبط و هم‌چنین کلیه تکنسین‌های دخیل در این پروژه تحقیقاتی که نهایت همکاری را در فراهم آوردن امکانات لازم و اجرای این تحقیق به عمل آوردند تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

References

Ahmadi, J., A. Mohammadi and T. Najafi Mirak. 2012. Targeting promising bread wheat (*Triticum aestivum* L.) lines for cold climate growing environments using AMMI and SREG GGE biplot analyses. J. Agric. Sci. Tech. 14: 645-657.

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

Fan, X. M., M. S. Kang, H. Chen, Y. Zhang, J. Tan and C. Xu. 2007. Yield stability of maize hybrids evaluated in multi-environment trials in Yunnan, China. Agron. J. 99: 220– 228.

Farshadfar, E., M. Rashidi., M. M. Jokar and H. Zali. 2013. GGE biplot analysis of genotype × environment interaction in chickpea genotypes. Eur. J. Exp. Biol. 3(1): 417-423.

Farshadfar, E., S. H. Sabaghpour and H. Zali. 2012. Comparison of parametric and non-parametric stability statistics for selecting stable chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under diverse environments. Aust. J. Crop Sci. 6: 514-524.

Finlay, K. W. and G. N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in plant-breeding programs. Aust. J. Agric. Res. 14: 742-754.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.5.8]

Francis, T. R. and L. W. Kannenberg. 1978. Yield stability studies in short-season maize. 1. A descriptive method for grouping genotypes. Can. J. Plant Sci. 58: 1029-1034.

Gauch, H. G. 1992. Statistical Analysis of Regional Trials. AMMI Analysis of Factorial Designs. Elsevier, Amsterdam, Netherlands.

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

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

Lucas, H. 2013. An international vision for wheat improvement. Wheat initiative report, May 2013. Available at: http://www.wheatinitiative.org.

Mohammadi, R., M. Armion, B. Sadeghzadeh, S. Golkari, Gh. Khalilzadeh, H. Ahmadi, Gh. Abedi-Asl and M. Eskandari. 2016a. Assessment of grain yield stability and adaptability of rainfed durum wheat breeding lines. Appl. Field Crops Res. 29 (4): 25-42. (In Persian with English abstract).

Mohammadi, M., T. Hosseinpour, M. Armion, H. Khanzadeh and H. Ghojogh. 2016b. Analysis of genotype, environment and genotype × environment interaction in bread wheat genotypes using GGE biplot. Agric. Commun. 4(3): 1-8.

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

Nassar, R. and M. Huehn. 1987. Studies on estimation of phenotypic stability: Tests of significance for non-parametric measures of phenotypic stability. Biometrics. 43: 45-53.

Navabi, A., R. Yang, J. Helm and D. M. Spaner. 2006. Can spring wheat-growing mega environments in the northern Great Plains be dissected for representative locations or niche adapted genotypes? Crop Sci. 46: 1107–1116.

Omrani, S., A. Mohammad Naji and M. Esmaeilzadeh Moghaddam. 2017. Yield stability analysis of promising bread wheat lines in southern warm and dry agroclimatic zone of Iran using GGE biplot model. J. Crop Breed. 23(9): 157-165.

Pinthus, M. J. 1973. Estimate of genotypic value: A proposed method. Euphytica. 22: 121- 123.

Pourdad, S. S. and M. Jamshid Moghaddam. 2013. Study on genotype × environment interaction through GGE biplot for seed yield in spring rapeseed (*Brassica napus* L.) in rain-fed condition. J. Crop Breed. 5 (12): 1-14. (In Persian with English abstract).

Roemer, J. 1917. Sinde die ertagdreichen Sorten ertagissicherer? *DLG*-Mitteilungen. 32: 87-89.

Rose, I. V .L. W., M. K. Das and C. M. Taliaferro. 2008. A comparison of dry matter yield stability

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.5.8]

assessment methods for small numbers of genotypes of bermudagrass. Euphytica. 164:19–25.

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

Thennarasu, K. 1995. On certain non-parametric procedures for studying genotype-environment interactions and yield stability. PhD. Thesis. P. J. School, IARI, New Delhi. India.

Yan, W. 2001. GGE biplot-A windows application for graphical analysis of multi environment trial data and other types of two-way data. Agron. J. 93: 1111-1118.

Yan, W. and I. Rajcan. 2002. Biplot analysis of sites and trait relations of soybean in Ontario. Crop Sci. 42: 11-20.

Yan, W., L. A. Hunt, Q. Sheny and Z. Szlavnics. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. Crop Sci. 40: 597- 605.

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

Yan, W. and N. A. Tinker. 2005. An integrated biplot analysis system for displaying, interpreting and exploring genotype × environment interaction. Crop Sci. 45: 1004-1016.

Zali, H., O. Sofalian, T. Hasanloo and A. Asghari. 2016. Evaluation of yield stability and drought tolerance based AMMI and GGE biplot analysis in *Brassica napus* L. Agric. Commun. 4(1): 1-8.

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

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.5.8]

Evaluation of grain yield stability of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) promising lines in warm and dry regions of Iran

Esmaeilzadeh Moghaddam, M.[1], S.Tahmasebi[2], Gh. A. Lotf Ali Ayeneh[3], H. Akbari Moghadam[4], Kh. Mahmoudi[5], M. Sayyahfar[6], S. M. Tabib Ghaffari[7] and H. Zali[8]

ABSTRACT

Esmaeilzadeh Moghaddam, M., S.Tahmasebi, Gh. A. Lotf Ali Ayeneh, H. Akbari Moghadam, Kh. Mahmoudi, M. Sayyahfar, S. M. Tabib Ghaffari and H. Zali. 2018. Evaluation of grain yield stability of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) promising lines in warm and dry regions of Iran**. Iranian Journal of Crop Sciences. 20(1): 61-76. (In Persian).**

Adaptation and grain yield stability of 16 promising lines of bread wheat toghether with cv. Chamran and cv. Aflak, two commercial cultivars as controls, was studied in six experimental field stations; Zabol, Ahwaz, Darab, Dezful, Iranshahr, Khorramabad, Iran for two successive cropping cycle (2012 –14). The experiments were conducted using randomized complete block design with three replications. The results showed that 81 percent of total variation observed for grain yield was related to environmental effects, 3 percent to genotype effect and 16 percent to G×E interaction. The polygon-view of GGE biplot led to the identification of eight superior lines (lines no. G14, G12, G15, G11 and G16) and two mega-environments. Among the test locations, Zabol and Dezful had a high discriminating ability to show differences between the lines and cultivars at ideal environment. Simultaneous evaluation of grain yield and stability through average environment coordinate (AEC) biplot showed that lines no. G14 (S-91-14), G12 (S-91-12), G15 (S-91-15), G9 (S-91-9) and G13 (S-91-13) with the higher grain yield (6167, 6102, 6315, 6131 and 6252 kg.ha^{-1}, respectively) were the most stable lines. Finally, lines S-91-15 and S-91-13 with higher yield and wide adaptation were selected as the superior lines for being release as new commercial bread wheat cultivars.

Key words: Bread wheat, Genotype × environment interaction, GGE biplot and Stability parameters

Received: December 2016 Accepted: April 2018

1. Associated Prof. Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
2. Assistant Prof. Seed and Plant Improvement Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Darab, Iran
3. Research coach. Seed and Plant Improvement Department, Khoozestan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Ahvaz, Iran
4. Assistant Prof. Seed and Plant Improvement Department, Sistan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Zabol, Iran
5. Assistant Prof. Seed and Plant Improvement Department, Baloochestan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Iranshahr, Iran
6. Assistant Prof. Seed and Plant Improvement Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Khoramabad, Iran
7. Assistant Prof. Seed and Plant Improvement Department, Dezful Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Dezful, Iran
8. Assistant Prof. Seed and Plant Improvement Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Darab, Iran (Corresponding author)(Email: Hzali90@yahoo.com)

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.5.8]