"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و سوم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰

مقاله پژوهشی

DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.4.0

برهمکنش ژنوتیپ در محیط بر عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش گندم نان (*Triticum aestivum* L.) در مناطق معتدل ایران

Genotype × environment interaction on grain yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) promising lines in temperate regions of Iran

فرشاد بختیار[۱]، گودرز نجفیان[۲]، امیرکیوان کفاشی[۳]، احمد جعفر نژاد[۴]، فضل اله حسنی[۵]، احمد زارع فیض آبادی[۶]، داوود امین آزرم[۷]، عزت اله نباتی[۸] و حسن عبدی[۹]

چکیده

بختیار، ف.، گ. نجفیان، ا.ک. کفاشی، ا. جعفر نژاد، ف.حسنی، ا. زارع فیض آبادی، د. امین آزرم، ع. نباتی و ح. عبدی. ۱۴۰۰. برهمکنش ژنوتیپ در محیط بر عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش گندم نان (*Triticum aestivum* L.) در آزمایش‌های ناحیه‌ای در مناطق معتدل ایران. **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۳ (۲): ۱۵۷-۱۴۲.**

این تحقیق با هدف ارزیابی برهمکنش ژنوتیپ در محیط بر عملکرد دانه ۲۰ ژنوتیپ گندم نان و تعیین سازگاری و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های مورد بررسی در هشت ایستگاه تحقیقاتی اقلیم معتدل کشور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۶- ۱۳۹۴) انجام شد. ارزیابی سازگاری و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها با استفاده از معیارهای پایداری ناپارامتری رتبه‌بندی و پارامتری روش‌های تک متغیره و چند متغیره (GGEبای‌پلات) انجام شد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب، برهمکنش سال در مکان و ژنوتیپ در سال در مکان برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم معنی‌دار بودند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که لاین‌های G16 ،G12، G10 و G15 از بالاترین عملکرد دانه برخوردار بودند. تجزیه ناپارامتری رتبه نشان داد که ژنوتیپ‌های G4، G12، G14، G15 و G16 با کمترین میزان رتبه و انحراف معیار رتبه، پایدار ترین ژنوتیپ‌ها بودند. بر اساس تجزیه GGEبای‌پلات، محیط‌های مورد آزمایش به سه گروه که امکان سازگاری خصوصی برای ژنوتیپ‌های گندم را داشتند، گروه بندی شدند. با استفاده از نمودار GGEبای‌پلات مشخص شد که ژنوتیپ‌های G2، G3، G13، G14، G18، G4 و G1 دارای عملکرد دانه پایدارتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بودند. براساس آماره‌های پایداری ناپارامتری و نمودار GGEبای‌پلات، ژنوتیپ G14 پایدارترین ژنوتیپ بود. بر اساس نتایج این تحقیق، ژنوتیپ‌های G14: KAUZ/LUCO-M//PVN/STAR/3/Yaco/2*Parus/4/Pishtaz (امین)، G15: FRNCLN/ROLF07 (فرین) و G16: MUU/KBIRD که دارای پتانسیل عملکرد بالا و پایداری عملکرد قابل ملاحظه‌ای بودند، برای نامگذاری انتخاب شدند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه ناپارامتری، سازگاری خصوصی، گندم نان و GGEبای‌پلات

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۶ تاریخ پذیرش:۱۴۰۰/۰۲/۰۸ این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی شماره ۹۴۲۵۳-۰۳-۰۳-۰۰ مصوب موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر می‌باشد

۱- استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، کرج، ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: F_bakhtiar2002@Yahoo.com).
۲- استاد موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، کرج، ایران
۳- محقق بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران
۴- استادیار پژوهش بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، نیشابور، ایران
۵- استادیار پژوهش بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زرقان، ایران
۶- استاد بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
۷- استادیار پژوهش بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
۸- محقق بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بروجرد، ایران
۹- محقق بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ورامین، ایران

مقدمه

گندم نان (*Triticum aestivum* L.) به عنوان پرمصرف‌ترین محصول کشاورزی، از اهمیت بالایی در امنیت غذایی جهان برخوردار است. امروزه گندم در بیش از ۱۲۰ کشور جهان کشت می‌شود و با اشغال ۱۶ درصد از کل زمین‌های زراعی جهان، ۱۱ درصد از کل تولید محصولات کشاورزی را به خود اختصاص داده است. بیشتر از نیمی از زمین‌های زراعی ایران هر ساله به زراعت گندم اختصاص می‌یابد که جایگاه مهم و در خور توجه این محصول را نشان می‌دهد. در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ میزان تولید گندم کشور حدود ۱۳/۷ میلیون تن بوده است که معادل ۱۶/۶ درصد از کل تولید گیاهان زراعی و ۶۰/۱ درصد از کل تولید غلات کشور بود. سهم تولید آبی ۸/۲ میلیون تن و تولید دیم ۵/۵ میلیون تن برآورد شده است (Anonymous, 2019). این گیاه منبع اصلی تامین کربوهیدرات‌ها بوده و حدود ۲۰ درصد از پروتئین مورد نیاز جوامع بشری را تامین می‌کند. با این حال، برای تأمین تقاضای موجود تا سال ۲۰۵۰ میلادی تولید گندم باید حداقل ۶۰ درصد افزایش یابد (Nachtigall *et al.*, 2018). برای رسیدن به این هدف به‌نژادگران باید به دنبال اصلاح و تولید ارقام گندم با عملکرد بالا و پایدار باشند.

ارزیابی برهمکنش ژنوتیپ در محیط در برنامه‌های به‌نژادی با هدف شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار و سازگار با شریط اقلیمی مناطق هدف، از اهمیت بالایی برخوردار است. موفقیت در انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار زمانی بدست می‌آید که پایداری یک صفت ژنتیکی باشد. ژنوتیپ‌های پایدار دارای برهمکنش کمتری با محیط رشد خود هستند. انتخاب برای صفت پایداری مستلزم تهیه مدلی است که دارای شاخص‌های مناسب برای تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها باشد. به‌نژادگران معمولا لاین‌های پیشرفته برنامه‌های به‌نژادی را در محیط‌های مختلف مورد ازیابی قرار می‌دهند تا محیط‌ها را از نظر پاسخ‌های مشابه به گروه‌های محیطی یکسان گروه بندی کرده و بهترین ژنوتیپ را برای هر گروه محیطی و همچنین ژنوتیپ‌های پایدار و با عملکرد بالا را برای محیط‌های مختلف شناسایی کنند (Yan *et al.*, 2000). برهمکنش ژنوتیپ در محیط یکی از عوامل مهم در اصلاح نباتات است که نقش مهمی در تولید ارقام اصلاح شده دارد. این اثر نشان دهنده واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها به شرایط محیطی است، بدین معنی که بهترین ژنوتیپ در یک محیط الزاماً بهترین ژنوتیپ در محیط دیگر نیست (Farshadfar *et al.*, 2012). بطور کلی روش‌های تجزیه پایداری را می‌توان به روش‌های پارامتری و ناپارامتری تقسیم کرد که روش‌های پارامتری خود به روش‌های تک متغیره و چند متغیره تقسیم می‌شوند. در روش‌های ناپارامتری معمولا ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف رتبه‌بندی شده و ژنوتیپی که در اکثر محیط‌ها رتبه یکسانی داشته باشد، به‌عنوان ژنوتیپ پایدار انتخاب می‌شود. آماره‌های میانگین رتبه، انحراف معیار رتبه (SDR)، میانگین تفاوت قدرمطلق ($S_i^{(1)}$)، واریانس یا انحراف استاندارد ($S_i^{(2)}$) ناسار و هیون (Nassar and Huehn, 1987) و روش‌های چهار گانه $NP_i^{(1)}$، $NP_i^{(2)}$، $NP_i^{(3)}$ و $NP_i^{(4)}$ رتبه‌های تصحیح شده تنارازو (Thennarasu, 1995) را می‌توان جهت انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار مورد استفاده قرار داد. روش‌های تک متغیره تجزیه پایداری شامل واریانس محیطی رومر (Roemer, 1917)، ضریب تغییرات ژنوتیپی فرانسیس و کاننبرگ (Francis and Kannenberg, 1978)، اکووالانس ریک (Wricke, 1962)، واریانس پایداری شوکلا (Shukla, 1972)، ضریب رگرسیون خطی فینلی و ویلکینسون (Finlay and Wilkinson, 1963)، انحراف از خط رگرسیون (Eberhart and Russell, 1966). و ضریب تبیین پینتوس (Pinthus, 1973) می‌باشند. از مدل‌های امی (The Additive Main effect and Multiplication Interaction; AMMI) (Gauch, 1992) و GGEبای‌پلات (Genotype + Genotype × Environment) (Yan *et al.*, 2000) نیز می‌توان به عنوان مهم‌ترین روش‌های چند

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.4.0]

متغیره تجزیه پایداری نام برد. روش GGEبای‌پلات یکی از پرکاربردترین روش‌های چند متغیره در بررسی برهمکنش ژنوتیپ در محیط است که بر مبنای تجزیه به مولفه‌های اصلی انجام می‌شود. در این روش اثر اصلی ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ در محیط از هم تفکیک نمی‌شوند و گزینش ارقام سازگار و دارای پایداری عملکرد بر اساس هر دو اثر به صورت همزمان با استفاده از نمودارهای گرافیکی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. این روش نشان می‌دهد که کدام رقم در کدام محیط یا زیر گروه از پتانسیل بالاتری برخوردار است (Yan and Kang, 2002). استفاده از روش GGEبای‌پلات امکان بررسی روابط میان محیط‌ها و شناسایی محیط‌های هدف در برنامه‌های به‌نژادی را میسر می‌سازد. در آزمایش‌های چند محیطی از روش GGEبای‌پلات به عنوان یک روش کارآمد در گزینش ارقام و لاین‌های مناسب گندم نان (Mohammadi *et al.*, 2016; Omrani *et al*., 2017; Esmaeilzadeh Moghaddam *et al*, 2018)، گندم دوروم (Mohammadi *et al.*, 2016; Najafi Mirak *et al*., 2018)، جو (Koocheki *et al*., 2012)، ذرت (Shahryari Nasab *et al*., 2016)، نخود (Farshadfar *et al*., 2013)، گلرنگ (Pourdad and Jamshid Moghaddam, 2013)، کلزا (Zali *et al.*, 2016) و پنبه (Blanche and Myers, 2006) استفاده شده است.

اقلیم معتدل کشور که شامل بخش‌های وسیعی از استان‌های خراسان، مرکزی، سمنان، تهران، البرز، اصفهان، یزد، فارس، کرمان، کرمانشاه، لرستان و مناطقی از استان‌های ایلام، چهارمحال و بختیاری، زنجان، همدان و سیستان و بلوچستان است، شرایط مستعدی برای زراعت گندم داشته و بالغ بر ۲۸ درصد از سطح زیر کشت گندم آبی را به خود اختصاص می‌دهند (Najafian *et al*., 2015). این تحقیق با هدف شناسایی ژنوتیپ‌های پر محصول گندم نان با پایداری عملکرد و سازگار با مناطق مختلف اقلیم معتدل کشور انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۱۸ لاین امید بخش گندم نان همراه با دو رقم شاهد تجاری پارسی و بهاران (جدول ۱) در آزمایش مقایسه عملکرد منطقه‌ای اقلیم معتدل کشور، در شرایط آبیاری بدون تنش و تنش رطوبتی انتهای فصل در ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرج، کرمانشاه، زرقان، بروجرد و مشهد (بدون تنش)، نیشابور، اصفهان و ورامین (قطع آبیاری از مرحله سنبله‌دهی) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۶- ۱۳۹۴) مورد ارزیابی قرار گرفتند. روش انتخاب و ارزیابی در دو محیط بدون تنش و با تنش کم‌آبی توسط برخی از محققین در مورد گندم و سایر گیاهان زراعی پیشنهاد شده است (Rajaram, 2000; Cooper *et al*., 1994). مختصات جغرافیایی و اطلاعات آب و هوایی مکان‌های آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است. در تمام مناطق، زمین محل اجرای آزمایش تحت تناوب دو ساله غلات- آیش بود. زمین آزمایش در شهریور آماده سازی شده و کودهای لازم طبق توصیه‌های بخش تحقیقات خاک و آب به زمین اضافه شدند. کاشت در کلیه ایستگاه‌ها در نیمه اول آبان به صورت ماشینی و با تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع، با در نظر گرفتن وزن هزار دانه هر ژنوتیپ انجام شد. آبیاری بعد از کاشت انجام شد. مساحت برداشت هر کرت در شرایط بدون تنش شش متر مربع و در شرایط تنش ۳/۶ مترمربع بود. در طول فصل زمستان مراقبت‌های لازم صورت گرفت. در بهار ضمن مبارزه با علف‌های هرز و آفات مهم نظیر سن گندم، دورهای آبیاری آزمایش بموقع انجام شد و در سه ایستگاه تنش رطوبتی، آبیاری کرت‌های آزمایشی از مرحله سنبله رفتن به بعد قطع شد.

در تجزیه مرکب داده‌ها، خطای آزمایشی از ادغام واریانس‌های خطای آزمایش‌های جداگانه بدست می‌آید. این ادغام فقط در صورتی که خطاها از نظر آماری متجانس باشند، دارای اعتبار است. به منظور

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.4.0]

آزمون همگنی خطاهای محیط‌های آزمایشی برای عملکرد دانه از روش بارتلت استفاده شد. تجزیه واریانس مرکب برای هر یک از شرایط بهینه (پنج مکان) و شرایط قطع آبیاری از مرحله سنبله دهی(سه مکان) به طور جداگانه انجام و با در نظر گرفتن عوامل سال و مکان به عنوان متغیرهای تصادفی و ژنوتیپ به عنوان متغیر ثابت و بر اساس امید ریاضی میانگین مربعات، تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه انجام شد. به منظور ارزیابی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها در مکان‌های مورد بررسی، آماره‌های پایداری ناپارامتری شامل میانگین رتبه، انحراف معیار رتبه و مجموع رتبه و آماره‌های پارامتری تک متغیره شامل واریانس محیطی، ضریب تغییرات، اکووالانس ریک، واریانس پایداری، پارامتر پایداری رگرسیون، میانگین انحراف از رگرسیون و ضریب تشخیص محاسبه و تجزیه و تحلیل شدند. از تجزیه گرافیکی GGEبای‌پلات برای تجزیه برهمکنش ژنوتیپ در محیط استفاده شد. روش GGE بای‌پلات، اثر ژنوتیپ (G) و برهمکنش ژنوتیپ در محیط (GE) را باهم حفظ کرده و GGE را به دو جزء ضربی تجزیه می‌کند (Yan *et al.*,2000). مدل استفاده شده در GGEبای‌پلات به صورت رابطه یک بود.

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

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

ردیف No.	کد Code	شجره لاین‌های گندم Pedigree of wheat lines	تاریخچه انتخاب Selection history
1	G1	Parsi	-
2	G2	Baharan	-
3	G3	SHARP/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/5/VEE/LIRA//BOW/3/BCN/4/KAUZ (Rakhshan)	CMSA00Y00820T-040M-0P0Y-040M-040SY-030M-7ZTM-0ZTY-0M-0SY
4	G4	PRL/2*PASTOR/4/CHOIX/STAR/3/HE1/3*CNO79//2*SERI	CMSS02Y00596S-34Y-0M-099Y-5M-0WGY-0B
5	G5	PASTOR//SITE/MO/3/CHEN/AEGILOPS SQUARROSA (TAUS)//BCN/4/WBLL1 (Talaie)	-
6	G6	Pishtaz/7/T.Aest/5/Ti/4/La/3/Fr/Kad//Gb/6/F13471/Crow"	IRW06-017914-8kaj-0Kaj-0Kaj-4Kaj
7	G7	Pishtaz/7/T.Aest/5/Ti/4/La/3/Fr/Kad//Gb/6/F13471/Crow"	IRW06-017914-8kaj-0Kaj-0Kaj-5Kaj
8	G8	1-66-22//Bow"s"/Crow"s"/3/Kavir/5/Omid/4/Bb/Kal//Ald/3/Y50E/3*Kal//Emu/6/Pishtaz	IRW06-017986-8kaj-0Kaj-0Kaj-4Kaj
9	G9	Spn/Mcd//Cama/3/Nzr/4/Passarinho/5/Yaco/2*Parus/6/Pishtaz	IRW06-017999-4kaj-0Kaj-0Kaj-2Kaj
10	G10	ATTILA/3/Vee/Nac//1-66-22/4/Flt/Tjn//Kavkaz	IRW06-018029-6kaj-0Kaj-0Kaj-2Kaj
11	G11	ATTILA/3/Vee/Nac//1-66-22/4/Flt/Tjn//Kavkaz	IRW06-018029-6kaj-0Kaj-0Kaj-3Kaj
12	G12	ATTILA/3/Vee/Nac//1-66-22/4/Flt/Tjn//Kavkaz	IRW06-018029-6kaj-0Kaj-0Kaj-4Kaj
13	G13	TEVEE-1/GRU90-207476//2*CHAMRAN	-
14	G14	KAUZ/LUCO-M//PVN/STAR/3/Yaco/2*Parus/4/Pishtaz	-
15	G15	FRNCLN/ROLF07	CMSS06B00013S-0Y-099ZTM-099Y-099M-2WGY-0B
16	G16	MUU/KBIRD	CMSS07B00151S-099M-099NJ-099NJ-8WGY-0B
17	G17	ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD	CMSS06Y01026T-099TOPM-099Y-099ZTM-099Y-099M-11WGY-0B
18	G18	D67.2/PARANA 66.270//AE.SQUARROSA (320)/3/CUNNINGHAM/4/VORB	CMSA06M00431S-040ZTM-040ZTY-31ZTM-04Y-0B
19	G19	VORB/SOKOLL	CMSA06M00621S-040ZTM-040ZTY-16ZTM-01Y-0B
20	G20	KS85W663.42/MONARCA F2007//WBLL1*2/TUKURU	CMSA06Y00889T-040ZTM-040ZTP0Y-040ZTM-040SY-8ZTM-0Y-0B

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.4.0]

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = g_{i1}e_{1j} + g_{i2}e_{2j} + \varepsilon_{ij}$$ (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 به وسیله اثرات اولیه و ثانویه توضیح داده نمی‌شود. یک بای‌پلات GGE با رسم g_{i1} 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 Value Decomposition; SVD) تجزیه شده و به‌صورت رابطه دو نشان داده می‌شوند.

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = \lambda_1\xi_{i1}\eta_{1j} + \lambda_2\xi_{i2}\eta_{2j} + \varepsilon_{ij}$$ (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 a1.*, 2000; Yan, 2001). برای تجزیه‌های آماری و رسم نمودارها از نرم افزارهای SAS 9 و GGEبای‌پلات استفاده شد.

نتایج و بحث

دمای محیط، طول و عرض جغرافیایی و میزان بارندگی از عوامل اصلی و موثر در تعیین شرایط اقیمی و میزان تولید محصول هستند. بیشترین میزان بارندگی در ایستگاه بروجرد با میانگین ۵۳۶ میلی‌متر و کمترین میزان بارندگی در ایستگاه اصفهان با ۱۱۲/۵ میلی متر مشاهده شد. از لحاظ دمایی نیز میانگین دما در ایستگاه ورامین با ۱۸/۶ درجه سانتیگراد بیشترین و در ایستگاه کرمانشاه با ۱۴/۶ درجه سانتیگراد کمترین مقدار بود (جدول ۲).

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

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

Location	مکان	ارتفاع Altitude (m)	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	میانگین بارندگی سالیانه Average annual rainfall (mm)	میانگین دمای سالیانه Average annual temperature (°C)
Karaj	کرج	1292	35°, 46′ N	50°, 56′.E	200.7	16.2
Kermanshah	کرمانشاه	1349	34°, 7′ N	46°, 28′ E	533.4	14.6
Zarghan	زرقان	1596	29°, 32′ N	52°, 42′ E	215.5	17.6
Nieshabour	نیشابور	1213	36°, 16′ N	58°, 48′ E	223	15.0
Mashhad	مشهد	999	36°, 16′ N	59°, 38′ E	218.8	16.3
Broujerd	بروجرد	1629	33°, 55′ N	48°, 45′ E	536	16.1
Isfahan	اصفهان	1545	32°, 30 ′N	51, ° 50′ E	112.5	16.4
Varamin	ورامین	927	35°, 20′ N	51°, 37′ E	135	18.6

متجانس بودن واریانس خطاهای آزمایشی از مهم‌ترین فرضیات تجزیه مرکب آزمایش‌ها است. نتایج آزمون بارتلت نشان داد که واریانس خطاهای آزمایشی در محیط‌های مختلف یکسان بود ($x^2c = 19.7^{ns}$). نتایج تجزیه واریانس مرکب برای هریک از شرایط بدون تنش (پنج مکان) و شرایط قطع آبیاری از مرحله سنبله‌دهی(سه مکان) نشان داد که اثر ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ در مکان معنی‌دار نبودند. نتایج تجزیه واریانس مرکب هشت مکان نشان داد که برهمکنش سال در مکان و برهمکنش سه گانه ژنوتیپ در سال در مکان، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. در خصوص سایر منابع تغییرات تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. آزمون اثر ژنوتیپ با برهمکنش ژنوتیپ در مکان انجام شد که معنی‌دار نبود. در نهایت با یکی کردن واریانس‌های برهمکنش‌ها مجدداً اثر ژنوتیپ با آن آزمون شد که معنی‌دار نبود، یعنی بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت.

با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب، برهمکنش

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.4.0]

ژنوتیپ در محیط، ۷/۶۶ درصد از مجموع مربعات کل را به خود اختصاص داد. ژنوتیپ و محیط نیز به‌ترتیب ۱/۲۹ و ۳۵/۵۷ درصد از مجموع مربعات کل را به خود اختصاص دادند. پایین بودن نسبت واریانس ژنوتیپ در توجیه واریانس کل نشان دهنده وجود تنوع بیشتر عوامل محیطی و برهمکنش آنها با ژنوتیپ است، به نحوی که اثر محیط و برهمکنش ژنوتیپ در محیط عامل بیشترین میزان تنوع موجود در عملکرد ژنوتیپ‌های گندم مورد بررسی بودند. هر چند که برهمکنش ژنوتیپ در محیط منبع اصلی تغییرات نبود، ولی پنج برابر اثر ژنوتیپ بود که این موضوع می‌تواند نشان دهنده وجود محیط‌های بزرگ در آزمایشات مقایسه عملکرد منطقه‌ای اقلیم معتدل کشور باشد. در تحقیق انجام شده توسط محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2016b) اثرات محیطی حدود ۶۹/۸ درصد، اثرات ژنوتیپی یک درصد و برهمکنش ژنوتیپ در محیط ۱۵/۶ درصد از مجموع مربعات کل را به خود اختصاص دادند. در همین رابطه نتایج مشابهی توسط سایر محققان ارائه شده است (Yan *et al.*, 2000; Esmaeilzadeh Moghaddam *et al.*, 2018).

مقایسه میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم بر اساس نتایج هشت مکان و دو سال نشان داد که میانگین کل عمکرد دانه ژنوتیپ‌ها ۶۵۳۰ کیلوگرم در هکتار و بیشترین عملکرد مربوط به ژنوتیپ G16 (۶۷۹۶ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن مربوط به ژنوتیپ G20 (۶۱۹۷ کیلوگرم در هکتار) بود. میانگین عملکرد ارقام شاهد پارسی و بهاران نیز به ترتیب ۶۳۵۶ و ۶۵۱۸ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). نتایج رتبه بندی بر اساس داده‌های دو ساله آزمایش نشان داد که ژنوتیپ‌های G13 ، G18، G12، G11، G17 و G14 دارای حداقل مقدار انحراف معیار رتبه بودند که پایداری عمومی عملکرد آنها را نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها نشان می‌دهد. لاین‌های G4، G8، G9، G10، G12، G14، G15، G16 و G17 دارای شاخص برتری عملکرد بیشتر از ۱۰۰ بودند و اغلب پایداری متوسط داشتند (جدول ۳).

جدول ۳- معیارهای ناپارامتری ارقام و لاین‌های امید بخش گندم

Table 3. Non-parametric parameters for wheat cultivars and promising lines

ژنوتیپ‌های گندم Wheat genotypes	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	انحراف معیار عملکرد Yield std. dev.	میانگین رتبه Mean rank	انحراف معیار رتبه Rank std. dev.	مجموع رتبه Sum rank	شاخص نسبی عملکرد Yield ratio index
G1	6356	1.24	12.06	5.92	193	97
G2	6518	1.27	9.69	5.88	155	100
G3	6429	1.41	11.31	5.56	181	98
G4	6568	1.45	10.63	5.48	170	101
G5	6484	1.37	9.75	5.74	156	99
G6	6561	1.16	10.13	6.12	162	100
G7	6342	1.06	11.75	5.52	188	97
G8	6603	1.29	9.38	6.24	150	101
G9	6595	1.30	9.50	5.93	152	101
G10	6774	1.29	7.88	5.54	126	104
G11	6512	1.29	10.81	5.39	173	100
G12	6791	1.31	9.19	5.32	147	104
G13	6503	1.41	11.63	4.18	186	100
G14	6577	1.27	9.81	5.48	157	101
G15	6719	1.39	8.19	6.13	131	103
G16	6796	1.53	8.88	6.85	142	104
G17	6589	1.31	9.81	5.33	157	101
G18	6264	1.34	14.19	4.56	227	96
G19	6432	1.54	12.50	6.01	200	98
G20	6197	1.12	13.56	6.47	217	95

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.4.0]

بر اساس مدل‌های فینلی و ویلکینسون (Finlay and Wilkinson, 1963) و ابرهارت و راسل (Eberhurt and Russell, 1966) ضرایب رگرسیون عملکرد از ۰/۵۶۴ (برای ژنوتیپ G7) تا ۱/۴۴۱ (برای ژنوتیپ G19) متغیر بود. در نتیجه ژنوتیپ G19 دارای بیشترین سازگاری به محیط‌های مطلوب و ژنویپ G7 دارای بیشترین واکنش مثبت به محیط‌های کم بازده ارزیابی شدند. ژنوتیپ‌های G7، G11، G2، G1، G3، G20 و G13 با ضرایب رگرسیون کمتر از واحد (b<1) و متوسط ضریب رگرسیون ۰/۸۶۲ دارای سازگاری به شرایط نامطلوب و پایداری کمتر از متوسط و عملکرد پایین‌تر (۶۵۰۲ کیلوگرم در هکتار) از میانگین کل (۶۵۳۰ کیلوگرم در هکتار) بودند (جدول ۴). در صورتی که ژنوتیپ‌های G5، G18، G4، G17، G15 G16 و G19 با ضریب رگرسیون بیشتر از واحد (b>1) و متوسط ضریب رگرسیون ۱/۲۹۵، دارای سازگاری به شرایط مطلوب بودند و با میانگین عملکرد ۶۵۵۰ کیلوگرم در هکتار از عملکرد بالاتری نسبت به میانگین کل برخوردار بودند. ژنوتیپ G14 با ضریب رگرسیون واحد (b=1) ۱/۰۷ و عملکرد ۶۵۷۷ کیلوگرم در هکتار دارای واکنش متوسط به محیط‌ها و پایداری عمومی بهتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بود (جدول ۴).

تقریبا اکثر ژنوتیپ‌ها دارای ضریب تشخیص (R^2) بالایی برای مدل رگرسیون بودند، در نتیجه مدل رگرسیون به خوبی برهمکنش ژنوتیپ در محیط را توجیه می‌نماید (Pinthus, 1973). براساس مدل ابرهارت و راسل (Eberhurt and Russell, 1966) ژنوتیپ‌های با کمترین مقدار واریانس انحراف از رگرسیون (S^2di) پایدار هستند که بر این اساس ژنوتیپ‌های G9، G7، G10، وG3 با کمترین مقدار واریانس انحراف از رگرسیون پایدار و ژنوتیپ‌های G17، G19، G15، وG6 با بیشترین مقدار واریانس انحراف از رگرسیون، ناپایدار بودند. مقادیر واریانس پایداری شوکلا (Shukla, 1972) و اکووالانس ریک (Wrick, 1962) نیز نشان دادند که ژنوتیپ‌های G18، G3، G14، G13 و G1 با کمترین مقادیر واریانس پایداری و اکووالانس ریک، کمترین نقش را در برهمکنش ژنوتیپ در محیط داشتند و در نتیجه از پایداری عملکرد بالاتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بودند. در مقابل ژنوتیپ‌های G6، G7، G19، G15 وG16 دارای بیشترین نقش در برهمکنش ژنوتیپ در محیط بودند (جدول ۴). نتایج مشابهی در ارزیابی پایداری عملکرد دانه و سازگاری ژنوتیپ‌های گندم دوروم توسط محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2016a) گزارش شده است.

در آزمایش‌های چند محیطی، بررسی نمایش چند ضلعی برهمکنش ژنوتیپ در محیط بهترین روش برای مشاهده الگوهای برهمکنش بین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و مطالعه وجود احتمالی گروه‌های محیطی در یک منطقه می‌باشد (Yan *et al.*,2000; Yan and Kang, 2003). در این تحقیق نتایج ارزیابی GGEبای‌پلات نشان داد که مولفه‌های اصلی اول و دوم به ترتیب ۳۷/۵ و ۲۱ درصد و در مجموع ۵۸/۵ درصد از کل تغییرات را توجیه کردند (شکل ۱). در شکل ۱، نمایش بای‌پلات عملکرد دانه ۲۰ ژنوتیپ گندم در هشت مکان نشان داده شده است. در این شکل ژنوتیپ‌های G12، G6، G7، G1، G20، G5، G15، G17 و G16 که رئوس چند ضلعی را تشکیل می‌دهند، با بیشترین فاصله از مرکز بای‌پلات از نظر عملکرد دانه، بهترین و یا ضعیف ترین ژنوتیپ‌ها در برخی از محیط‌ها و یا همه محیط‌ها بودند. بطوری که ژنوتیپ‌های G12، G6، G15، G17 و G16 به ترتیب با عملکرد ۶۷۹۱، ۶۵۶۱، ۶۷۱۹، ۶۵۸۹ و ۶۷۹۶ کیلوگرم در هکتار به عنوان ژنوتیپ‌های برتر و ژنوتیپ‌های G7، G1، G20 و G5 به ترتیب با عملکرد ۶۳۴۲، ۶۳۵۶، ۶۱۹۷ و ۶۴۸۴ کیلوگرم در هکتار به عنوان ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند، زیرا دارای بیشترین فاصله از مرکز بای‌پلات بودند (Yan and Kang,2003). با رسم یک خط عمود از مرکز بای‌پلات بر هر ضلع چند ضلعی، بای‌پلات به چند بخش تقسیم

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.4.0]

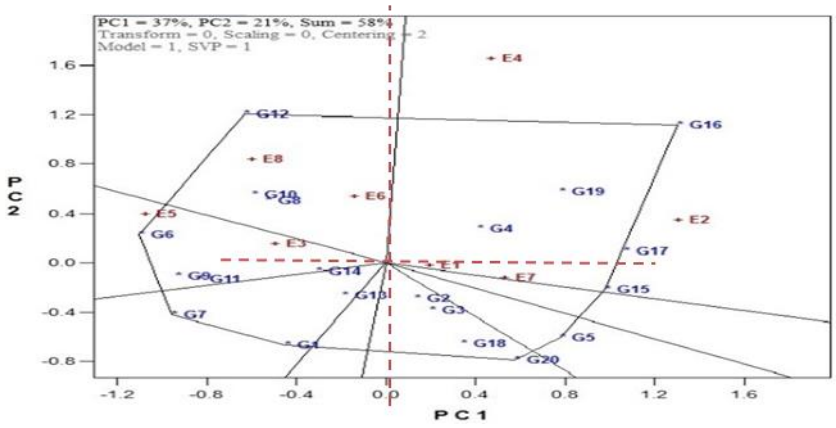
جدول ۴- میانگین عملکرد دانه و آماره‌های پارامتری تک متغیره برای ۲۰ ژنوتیپ گندم نان در هشت مکان

Table 4. Mean of grain yield and parametric stability indices for 20 bread wheat genotypes across 8 locations

کد Code	عملکرد دانه Grain yield	واریانس محیطی Environmental variance	ضریب تغییرات Coefficient of variation	اکووالانس ریک Wrick's equivalence	واریانس پایداری Stability variance	پارامتر پایداری رگرسیون bi	میانگین انحراف از رگرسیون S^2d_i	ضریب تشخیص R_i^2
G1	6.356	0.571	11.891	0.551	0.077	0.9156	0.0335	0.8695
G2	6.518	0.674	12.595	1.306	0.197	0.9115	0.1564	0.7301
G3	6.429	0.547	11.509	0.365	0.047	0.9181	0.0042	0.9121
G4	6.568	0.986	15.116	1.283	0.193	1.1773	0.3363	0.8330
G5	6.484	0.954	15.068	1.187	0.178	1.1625	0.3101	0.8388
G6	6.561	0.517	10.962	1.661	0.253	0.7363	0.0945	0.6209
G7	6.342	0.297	8.595	1.700	0.259	0.5458	-0.0305	0.5938
G8	6.603	0.653	12.243	1.335	0.201	0.8906	0.1469	0.7189
G9	6.595	0.297	8.270	1.287	0.194	0.5959	-0.0648	0.7072
G10	6.774	0.443	9.831	0.709	0.102	0.7888	-0.0278	0.8311
G11	6.512	0.526	11.133	1.228	0.184	0.7956	0.0633	0.7134
G12	6.791	0.578	11.192	1.481	0.224	0.8092	0.1149	0.6713
G13	6.503	0.663	12.525	0.512	0.071	0.9982	0.0840	0.8898
G14	6.577	0.751	13.181	0.474	0.065	1.0771	0.1324	0.9145
G15	6.719	1.385	17.514	2.339	0.361	1.3869	0.6571	0.8228
G16	6.796	1.447	17.698	2.730	0.423	1.3921	0.7260	0.7934
G17	6.589	1.171	16.424	1.208	0.181	1.3430	0.4383	0.9122
G18	6.264	0.836	14.592	0.334	0.042	1.1651	0.1697	0.9623
G19	6.432	1.406	18.436	2.036	0.313	1.4413	0.6443	0.8752
G20	6.197	0.682	13.324	1.046	0.156	0.9493	0.1393	0.7830

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.4.0]

شد و مکان‌ها در بخش‌های یکسان و یا متفاوتی از بای‌پلات قرار گرفتند. بر این اساس مکان‌ها به سه گروه و ژنوتیپ‌ها به پنج گروه تقسیم شدند. اولین گروه شامل مکان‌های E8 (ورامین) و E6 (نیشابور) بود که ژنوتیپ G12 دارای بیشترین عملکرد در این گروه بود. دومین گروه شامل مکان‌های E3 (زرقان) و E5 (مشهد) بود که ژنوتیپ G6 دارای بیشترین عملکرد در این گروه بود. سومین گروه شامل مکان‌های E7 (اصفهان)، E1 (کرج)، E2 (کرمانشاه) و E4 (بروجرد) بودند و دراین گروه ژنوتیپ‌های G15، G17 و G16 بیشترین عملکرد را داشتند. نتایج حاصل از گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها نشان دهنده وجود برهمکنش ژنوتیپ و محیط در این تحقیق بود، به نحوی که رتبه ژنوتیپ‌ها در مکان‌ها متفاوت و در برخی از موارد برعکس بود که این پدیده می‌تواند نشان دهنده برهمکنش کراس‌آوری (برهمکنش تغییر در رتبه) در برنامه به‌نژادی اقلیم معتدل کشور باشد (Yan and Tinker, 2005; Esmaeilzadeh Moghaddam *et al*., 2018).



شکل ۱- چند ضلعی GGEبای‌پلات برای شناسایی ارقام و لاین‌های امید بخش برتر گندم نان در هشت مکان

Fig. 1. Polygon of GGE biplot to determine the superior bread wheat cultivars and promising lines at 8 locations

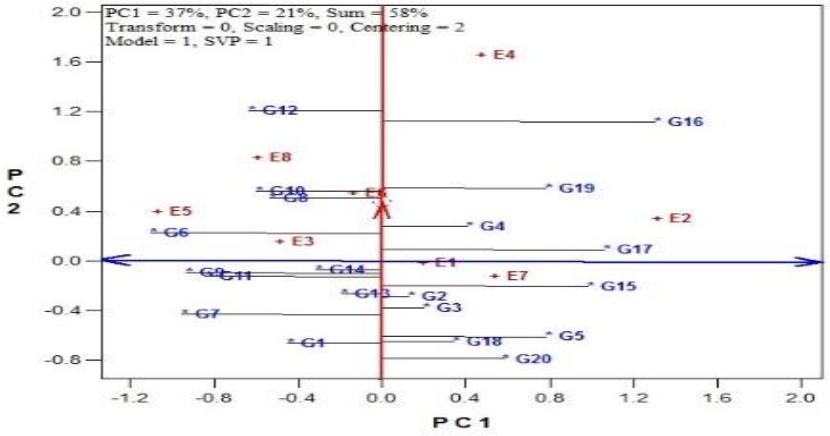
نام و شجره ارقام و لاین‌های امید بخش در جدول ۱ ارائه شده است. کدهای E1، E2، E3، E4، E5، E6، E7 و E8 به ترتیب معرف ایستگاه‌های کرج، کرمانشاه، زرقان، بروجرد، مشهد، نیشابور، اصفهان و ورامین هستند

Name and pedigree of bread wheat cultivars and promising lines are presented in table 1. Environmental codes E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7 and E8 represent the stations of Karaj, Kermanshah, Zarghan, Broujerd, Mashhad, Neishabour, Isfahan and Varamin, respectively

به منظور بررسی همزمان پایداری و عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها از نمودار مختصات محیط متوسط (Average environment coordination; AEC) استفاده شد. در این نمودار تصویر ژنوتیپ‌ها روی محور عمودی که از مبداء مختصات می‌گذرد، تقریبی از عملکرد آنها است (Yan *et al*.,2000; Yan and Rajcan, 2002). این محور را محور متوسط محیط می‌نامند (شکل ۲). نتایج این نمودار نشان داد که ژنوتیپ‌های G17، G6، G4، G8، G10، G19، G16 و G12 جزء لاین‌های با عملکرد بالا بودند. محور افقی که از مبدا مختصات گذشته و عمود بر محور متوسط محیط است، نشان دهنده برهمکنش ژنوتیپ در محیط بوده و پایدارای ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد. بلندتر بودن تصویر ژنوتیپ‌ها روی این محور نشان دهنده ناپایداری بیشتر ژنوتیپ‌ها است. با توجه به شکل ۲ مشخص شد که ژنوتیپ‌های G2، G3، G13، G14، G18، G4 و G1 دارای عملکرد دانه پایدارتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی بودند. ژنوتیپ‌های G2، G4، G13 و G14 از نظر

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.4.0]

عملکرد دانه نیز از وضعیت مطلوبی برخوردار بودند. ژنوتیپ‌های G16،G17 و G6 دارای پایداری عملکرد دانه پایین‌تری بودند. ژنوتیپ‌های G2 و G13 دارای عملکرد پایین، ولی پایدار بودند و ژنوتیپ‌های G10 و G8 دارای عملکرد بالا و پایداری متوسط بودند.



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

Fig. 2. Biplot of the average-environment coordination (AEC) for simultaneous selection of grain yield and stability of bread wheat cultivars and promising lines at eight locations

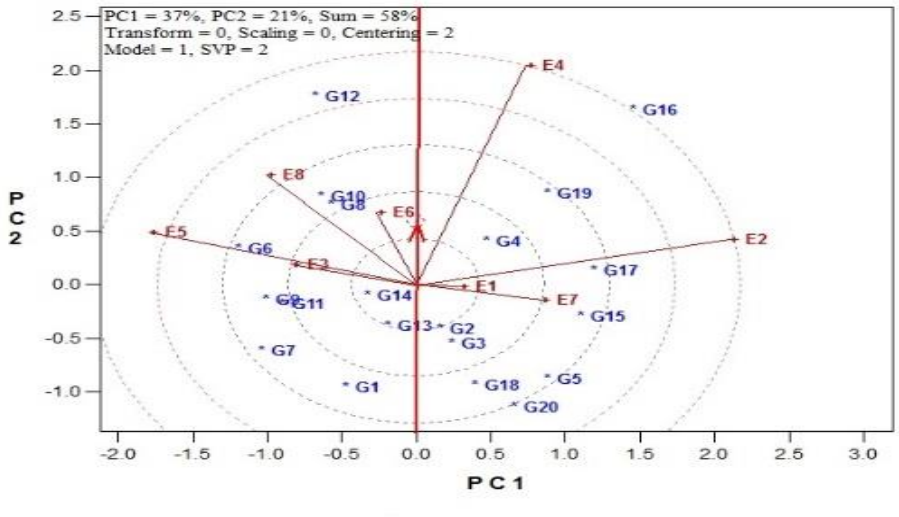
نام و شجره ارقام و لاین‌های امید بخش در جدول ۱ ارائه شده است. کدهای E1، E2، E3، E4، E5، E6، E7 و E8 به ترتیب معرف ایستگاه‌های کرج، کرمانشاه، زرقان، بروجرد، مشهد، نیشابور، اصفهان و ورامین هستند

Name and pedigree of bread wheat cultivars and promising lines are presented in table 1. Environmental codes E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7 and E8 represent the stations of Karaj, Kermanshah, Zarghan, Broujerd, Mashhad, Neishabour, Isfahan and Varamin, respectively

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 متوسط ژنوتیپ‌ها و حداقل نقش در برهمکنش ژنوتیپ در محیط می‌باشد. دایره کوچک روی محور متوسط عملکرد به عنوان یک مرجع برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. ژنوتیپی مطلوب است که به این دایره نزدیکتر باشد (Yan,2002). مقایسه ژنوتیپ‌های گندم مورد ارزیابی با ژنوتیپ مطلوب نشان داد که ژنوتیپ‌های G4، G8 و G10 به ژنوتیپ مطلوب که بیشترین عملکرد را داشته و به علت قرارگرفتن روی محور متوسط محیط دارای بیشترین پایداری عملکرد دانه نیز می‌باشد، نزدیک تر بودند (شکل ۳).

ژنوتیپ‌های G16، G12 و G19 جزء ژنوتیپ‌های ضعیف‌تر نسبت به سایر لاین‌ها از نظر نزدیکی به ژنوتیپ مطلوب در این تحقیق بودند. اسماعیل زاده مقدم و همکاران (Esmaeilzadeh Moghaddam *et al.*, 2018) با استفاده از روش GGEبای‌پلات پنج ژنوتیپ گندم را از بین ۱۸ لاین و رقم مورد بررسی به عنوان ژنوتیپ مطلوب معرفی کردند. محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2016a) در ارزیابی ۱۸ ژنوتیپ گندم دوروم در ۱۲ مکان دو ژنوتیپ مطلوب و یک محیط مطلوب را معرفی کردند.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.4.0]



شکل ۳- بای پلات مقایسه ارقام و لاین‌های امید بخش گندم نان با ژنوتیپ مطلوب بر مبنای عملکرد و پایداری عملکرد دانه

Fig. 3. Biplot of bread wheat cultivars and promising lines in comparison with ideal genotype based on grain yield and stability

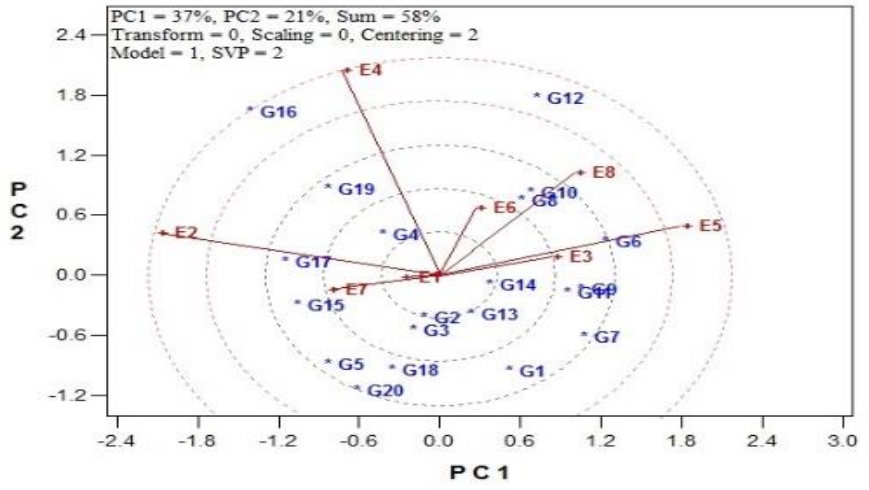
نام و شجره ارقام و لاین‌های امید بخش در جدول ۱ ارائه شده است. کدهای E1، E2، E3، E4، E5، E6، E7 و E8 به ترتیب معرف ایستگاه‌های کرج، کرمانشاه، زرقان، بروجرد، مشهد، نیشابور، اصفهان و ورامین هستند

Name and pedigree of bread wheat cultivars and promising lines are presented in table 1. Environmental codes E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7 and E8 represent the stations of Karaj, Kermanshah, Zarghan, Broujerd, Mashhad, Neishabour, Isfahan and Varamin, respectively

در ارزیابی همبستگی بین هشت مکان مورد بررسی در این تحقیق با توجه به زاویه بین بردارهای مکانی به سه گروه شامل گروه E3، E5، E8 و E6 (زرقان، مشهد، ورامین و بروجرد)، گروه E4 (نیشابور) و گروه E1، E2 و E7 (کرج، کرمانشاه و اصفهان) تفکیک شدند (شکل ۴). سایر محققان نیز از روش GGEبای‌پلات برای تفکیک محیط‌های مشابه از محیط‌های غیرمشابه استفاده کرده‌اند که در این زمینه می‌توان به تحقیقات انجام شده توسط یان و راجکان (Yan and Rajcan. 2002)، محمدی و همکاران (Mohamadi *et al* 2016b) و اسماعیل زاده مقدم و همکاران (Esmaeilzadeh Moghaddam *et al*., 2018) اشاره کرد. محیط‌های بزرگ دارای دو ویژگی عمده هستند؛ اول اینکه واریانس بین محیط‌های بزرگ به طور معنی‌داری بزرگ‌تر از واریانس درون محیط‌های بزرگ است و دوم اینکه ارقام برتر متفاوتی در محیط‌های بزرگ وجود دارند. بعلاوه اینکه ارقامی که در مرکز GGEبای‌پلات قرار می‌گیرند، به اکثر محیط‌ها عکس العمل یکسانی داشته و در اکثر محیط‌ها جزء ارقام متوسط هستند. ویژگی مهم دیگر بای‌پلات همبستگی بین محیط‌ها، طول بردار محیطی است. طول بردار محیطی تقریبی از انحراف معیار درون هر محیط بوده و به عنوان شاخص تمایز محیط‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. بردارهای بلندتر دارای انحراف معیار بیشتر و در نتیجه قدرت تمایز بیشتری هستند (Yan and Kang, 2003). ارزیابی بردارهای محیطی برای مناطق مورد بررسی نشان داد که مکان‌های E4 (بروجرد) و E2 (کرمانشاه) با بلندترین طول بردار محیطی از قابلیت تمایز بالا و مکان E1 (کرج) با کمترین طول بردار محیطی از قابلیت تمایز پایین‌تری

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.4.0]

نسبت به سایر مکان‌های آزمایش برخوردار بودند. در ارزیابی ۱۶ لاین امید بخش گندم به همراه ارقام شاهد چمران و افلاک در شش مکان طی دو سال با استفاده از روش GGEبای‌پلات توسط اسماعیل زاده مقدم و همکاران (Esmaeilzadeh Moghaddam *et al*., 2018)، مکان‌های مورد مطالعه به دو محیط بزرگ تقیسم شدند و برای هر محیط ژنوتیپ‌های برتر معرفی شدند.



شکل ۴- بای‌پلات نقشه همبستگی بین مکان‌های مورد بررسی برای ارقام و لاین‌های امید بخش گندم نان

Fig. 4. Biplot of correlation map among lovations for bread wheat cultivars and promising lines

نام و شجره ارقام و لاین‌های امید بخش در جدول ۱ ارائه شده است. کدهای E1، E2، E3، E4، E5، E6، E7 و E8 به ترتیب معرف ایستگاه‌های کرج، کرمانشاه، زرقان، بروجرد، مشهد، نیشابور، اصفهان و ورامین هستند

Name and pedigree of bread wheat cultivars and promising lines are presented in table 1. Environmental codes E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7 and E8 represent the stations of Karaj, Kermanshah, Zarghan, Broujerd, Mashhad, Neishabour, Isfahan and Varamin, respectively

نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده از ارزیابی همزمان معیارهای پایداری ناپارامتری و پارامتری روش‌های تک متغیره و چند متغیره (GGEبای‌پلات) در این تحقیق نشان داد که ژنوتیپ‌های ۱۴ (KAUZ/LUCO-15،M//PVN/STAR/3/Yaco/2*Parus/4/Pishtaz) (FRNCLN/ROLF07) و ۱۶ (MUU/KBIRD)، جزء بهترین لاین‌ها از نظر بالا بودن عملکرد دانه و پایداری عملکرد بودند. این ژنوتیپ‌ها را می‌توان پس از تکثیر بذر و انجام آزمایش‌های تکمیلی و انتخاب بهترین آنها در شرایط زارعین، برای نامگذاری و شرکت در آزمایشات تحقیقی - ترویجی در منطقه معتدل کشور معرفی کرد.

منابع مورد استفاده

References

Anonymous, 2019. Statistical Year Book of Agricultural Crops. Vol. 1: Filed Crops. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Tehran, Iran. (In Persian).

Blanche, S.B. and G.O. Myers. 2006. Identifying discriminating locations for cultivar selection in Louisiana.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.4.0]

Crop Sci. 46: 946-949.

Cooper, M., D.E. Byth and D.R. Woodruff. 1994. An investigation of the grain yield adaptation of CIMMYT wheat lines to water stress environments in Queensland. II. Classification analysis. Aust J Agric Res 45: 985–1002

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

Esmaeilzadeh Moghaddam, M., S. Tahmasebi, G.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. Iran. J. Crop Sci. 20(1): 270-283. (In Persian with English abstract).

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 (3): 514- 524.

Farshadfar, E., E. Mahtabi and M.M. Jowkar. 2013. Evaluation of genotype× environment interaction in chickpea genotypes using path analysis. Int. J. Adv. Biol. Biomed. Res. 1(6): 583-593.

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

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.

Koocheki, A.R., B. Sorkhilaleloo and M.R. Eslamzadeh Hesari. 2012. Yield stability of barley elite genotypes in cold regions of Iran using GGE biplot. Seed Plant Improve J. 28 (4) 533-543. (In Persian with English abstract).

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.

Najafi Mirak, T., M. Dastfal, B. Andarzian, H. Farzadi, M. Bahari and H. Zali. 2018. Evaluation of durum wheat cultivars and promising lines for yield and yield stability in warm and dry areas using AMMI model and GGE biplot. J. Crop Breed. 10(28): 1-12. (In Persian with English abstract).

Najafian, G., A. K. Kafashi, D. Afuni, E. Nabati, F. Hassani, A. Jafar-Nejad, H. Abdi and A. Zareh Faiz Abadi. 2015. Study of yield stability and adaptability of promising genotypes of bread wheat in elite regional

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.4.0]

yield trial (ERWYT-M-94) in temperate zone under normal irrigation and terminal moisture stress conditions. Tech. Rep. No 53634, Cereal Res Dept. Seed Plant Improve Inst. Karaj, Iran. (In Persian with English abstract).

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

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. (In Persian with English abstract).

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).

Rajaram, S. 2000. International wheat breeding: past and present achievements and future directions, Warren E. Kronstad Honorary Symp, Oregon State Univ. Extension Service, Special Rep. 1017, June 2000.

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

Shahryari Nasab, M., R. Choukan, M. Khodarahmi, A. Masomi and S. Khavari Khorasani. 2016. Genotype× environment interaction for grain yield of maize hybrids using the GGE biplot. J. Crop Breed. 7(16): 123-129. (In Persian with English abstract).

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. Ph.D. Thesis. P. J. School, IARI, New Delhi. India.

Wricke, G. 1962. Uber eine methode zur refassung der okologischen streubretite in feldversuchen. Flazenzuecht, 47: 92-96.

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

Yan, W. and M.S. Kang. 2002. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists: CRC press, USA.

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

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.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.4.0]

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

Nachtigall, G. 2018. The wheat initiative, set up by the G20 agriculture ministers to coordinate global wheat research, moves its headquarters to Berlin Public Relation Julius Kühn-Institut, Messeweg 11-12, 38104 Braunschweig, Germany.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.4.0]

Genotype × environment interaction on grain yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) promising lines in temperate regions of Iran

Bakhtiar, F.[1], G. Najafian[2], A.K. Kafashi[3], A. Jafar-Nejad[4], F. Hassani[5], A. Zareh Faiz Abadi[6], D. Amin Azarm[7], E. Nabati [8] and H. Abdi[9]

ABSTRACT

Bakhtiar, F., G. Najafian, A.K. Kafashi, A. Jafar-Nejad, F. Hassani, A. Zareh Faiz Abadi, D. Amin Azarm, E. Nabati and H. Abdi. 2021. Genotype × environment interaction on grain yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) promising lines in temperate regions of Iran**. Iranian Journal of Crop Sciences. 23(2): 142-157. (In Persian).**

This study was conducted with the objective of analyzing genotype × environment (GE) interaction on grain yield of 20 bread wheat promising lines. The experiment carried out using randomized complete blocks design with three replications in eight experimental stations in temperate regions of Iran in two cropping seasons (2015-2017). To assess the yield stability and adaptability of genotypes non-parametric ranking statistic and some univariate stability statistics as well as GGE biplot method were used. Combined analysis of variance revealed that genotype × year × location and year × location interaction effects on grain yield were significant. Mean comparison showed that promising lines; G16, G12, G10 and G15 had the highest grain yield, respectively. Nonparametric ranking analysis showed that genotypes; G4, G12, G14, G15 and G16 with the lowest ranks and standard deviation of ranks had the highest yield stability. The GGE biplot analysis differentiated environments into three sub-environmental groups with top-yielding genotypes. Using GGE biplot showed that genotypes; G2, G3, G13, G14, G18, G4 and G1 had higher grain yield stability, respectively. Based on non-parametric ranking statistic and GGE biplot, genotype G14 was identified as genotype with highest yield stability. According to the results of this tsudy genotypes G14: KAUZ/LUCO-M//PVN/STAR/3/Yaco/2*Parus/4/Pishtaz (Amin), G15: FRNCLN/ROLF07 (Farin), and G16: MUU/KBIRD had high grain yield potential and stability performance and have been recommended for release as new cultivars for the temperate agro-climatic zone of Iran.

Key words: Adaptation, Bread wheat, Non-parametric analysis and GGE biplot

Received: November, 2020 Accepted: May, 2021

1. Assistant Prof., Seed and plant Improvement Institute, Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. (Corresponding author) (Email: F_bakhtiar2002@Yahoo.com)
2. Professor, Seed and plant Improvement Institute, Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
3. Researcher, Field and Horticultural Crops Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran
4. Assistant Prof., Field and Horticultural Crops Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Neishbour, Iran
5. Assistant Prof., Field and Horticultural Crops Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zarghan, Iran
6. Professor, Field and Horticultural Crops Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran
7. Assistant Prof., Field and Horticultural Crops Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran
8. Researcher, Field and Horticultural Crops Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Broujerd, Iran
9. Researcher, Field and Horticultural Crops Research Department, Tehran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Varamin, Iran

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.4.0]