

بررسی پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان با استفاده از روش‌های تک متغیره ناپارامتری و مدل GGE بای پلات

امیر محمد مهدوی^{۱*}، نادعلی باباییان جلودار^۲، عزت‌الله فرشادفر^۳، نادعلی باقری^۴

۱. دانشجوی دکتری گروه اصلاح نباتات، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲. استاد، گروه اصلاح نباتات، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳. استاد، گروه اصلاح نباتات، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی رازی کرمانشاه
۴. دانشیار، گروه اصلاح نباتات، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مشخصات مقاله	چکیده
واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ × محیط پایداری ژنوتیپ ایده‌آل گندم نان مختصات محیط متوسط	به منظور تعیین پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان، آزمایشی با استفاده از ۲۳ ژنوتیپ گندم نان به همراه دو رقم شاهد با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در دو محیط آبی (بدون تنش) و دیم (تنش) در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه به مدت سه سال زراعی (۹۵، ۹۶ و ۹۷) اجرا شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که بین مکان‌ها، سال‌ها، ژنوتیپ‌ها، اثرات متقابل سال × مکان، سال × ژنوتیپ، مکان × ژنوتیپ، سال × مکان × ژنوتیپ اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال آماری ۱٪ وجود داشت؛ بنابراین نتایج حاصل بیانگر این مطلب بود که ژنوتیپ‌های گندم مورد مطالعه در محیط‌های مورد بررسی واکنش‌های متفاوتی از خود نشان داده‌اند. از روش‌های ناپارامتری برای تعیین ژنوتیپ‌های پایدار استفاده شد. بر اساس معیارهای ناپارامتری $Si^{(1)}$ و $Si^{(2)}$ ژنوتیپ‌های Pishtaaz و Wc-4592 به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها معرفی شدند. همچنین معیارهای $Si^{(3)}$ و $Si^{(6)}$ ژنوتیپ‌های Pishgam، Wc-5001 و Pishtaaz را به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها معرفی نمودند. بر اساس معیارهای ناپارامتری $NPi^{(1)}$ ، $NPi^{(2)}$ ، $NPi^{(3)}$ و $NPi^{(4)}$ ژنوتیپ‌های Pishgam و Pishtaaz به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها انتخاب شدند. جهت بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و شناسایی پایدارترین ژنوتیپ‌ها از روش GGE biplot استفاده شد. بررسی هم‌زمان پایداری و عملکرد ژنوتیپ‌ها با استفاده از بای پلات مختصات محیط متوسط (AEC) نشان داد که ژنوتیپ‌های Wc-5001، Wc-4840 و Wc-4582 به همراه دو رقم شاهد Pishtaaz و Pishgam علاوه بر عملکرد بالا دارای پایداری عملکرد بیشتری بودند. همچنین این ژنوتیپ‌ها دارای نزدیک‌ترین فاصله نسبت به ژنوتیپ‌های ایده‌آل بودند.
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۱۵	
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۲۵	
تاریخ انتشار: تابستان ۱۴۰۱	
۲۹۸-۲۸۷ (۲): ۱۵	

مقدمه

کشت گندم دیم و ۳۵ درصد آن به کشت گندم آبی اختصاص دارد.

معمولاً مهم‌ترین جنبه‌ای که در تولید لاین‌های پیشرفته محصولات زراعی علاوه بر پتانسیل عملکرد مورد توجه قرار می‌گیرد، بحث پایداری صفات مورد بررسی بخصوص پایداری عملکرد دانه در محیط‌های گوناگون است (Farshadfar et

ضرورت توجه به تولید گندم به عنوان غذای اصلی یک سوم از مردم جهان و به تبع آن افزایش روزافزون جمعیت انسانی و نیاز مبرم به تولید این محصول استراتژیک بیش از پیش آشکار است. در کشور ایران بالغ بر ۳۰ درصد از اراضی قابل کشت، زیر کشت گندم است که از این مقدار تقریباً ۶۵ درصد آن به

2007). زمانی که ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف بررسی می‌شوند، نکته حائز اهمیت این است که اثر محیط در اکثر موارد می‌تواند بزرگ باشد و این اثر قابل بهره‌برداری نیست. پس می‌توان اثر محیط را حذف و بر روی اثر ژنوتیپ (G) و برهمکنش (GE) تمرکز نمود (Yan and Kang, 2003)؛ بنابراین بررسی توأم دو اثر ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ در محیط بسیار حائز اهمیت است که از طریق مدل GGE biplot به صورت ترسیمی امکان‌پذیر است. نسخه‌های متنوعی از بای پلات بر اساس روش‌های آماری چند متغیره معرفی و به صورت گسترده توسط به‌زادگران به‌منظور تجزیه گرافیکی برهمکنش متقابل ژنوتیپ × محیط استفاده شده است (Yan et al., 2000). یک نسخه ویژه از این بای پلات، مدل GGE biplot است. این مدل همان اثر اصلی ژنوتیپ (G^+) اثر متقابل ژنوتیپ و محیط (GE) است که به‌طور هم‌زمان اطلاعات مربوط به اثر اصلی ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را در اختیار به‌زادگران قرار می‌دهد. این مدل با استفاده از ویژگی‌های نمودار بای پلات گابریل (Gabriel, 1971) و روش چند متغیره تجزیه به مؤلفه‌های اصلی معرفی شد. از کاربردهای مهم روش GGE biplot تعیین و گروه‌بندی محیط‌های هدف در برنامه‌های به‌زادی محصولات زراعی مختلف است؛ به‌عبارت‌دیگر با استفاده از GGE biplot، محیط‌های موردبررسی به چندین گروه محیطی تقسیم‌بندی می‌شوند که در آن، محیط‌ها از نظر واکنش به ژنوتیپ‌ها نسبتاً مشابه عمل می‌کنند (Makumbi et al., 2015). روش GGE biplot از طریق نمایش گرافیکی برهمکنش ژنوتیپ × محیط به به‌زادگر کمک می‌کند تا به‌سادگی پایداری ژنوتیپ‌ها و همچنین ترکیب پایداری با عملکرد ژنوتیپ‌ها در طیف وسیعی از محیط‌ها را بررسی کرده و با استفاده از این روش امکان بررسی روابط میان محیط‌های موردبررسی و شناسایی محیط‌های هدف در برنامه‌های به‌زادی را به‌سادگی میسر می‌سازد (Sattari et al., 2019). از ویژگی‌های منحصربه‌فرد GGE biplot آن است که با استناد به گراف‌های حاصل از این روش، می‌توان نشان داد کدام ژنوتیپ در کدام محیط یا زیرگروه از پتانسیل بالاتری برخوردار است (Abdulahi et al., 2007). استفاده از GGE biplot برای تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به‌منظور ارزیابی ژنوتیپ‌ها در آزمایش‌های چند محیطی در محصولاتی از قبیل گندم دورم (Mohammadi et al., 2016)، سویا (Karakus et al., 2019)، آفتابگردان (Saremi et al.,

2012)؛ بنابراین تولید ارقامی که علاوه بر پتانسیل تولید بالا دارای ویژگی‌های مناسب کشت در مناطق مختلف کشور باشند از مهم‌ترین اهداف در برنامه‌های به‌زادی گندم است (Aghaee-Sarbarzeh et al., 2014). پایداری را می‌توان به تولید ثابت محصول (از نظر عملکرد) در مکان‌ها و سال‌های مختلف نسبت داد (Fernandez, 1991). در برنامه‌های به‌زادی، ژنوتیپ‌ها بایستی در دامنه وسیعی از تغییرات محیطی، در سال‌ها و مکان‌های متفاوت مورد ارزیابی قرار گیرند تا اطلاعات حاصل از تخمین پایداری همچنین ثابت عملکرد ژنوتیپ‌ها معیار مطمئنی در توصیه ژنوتیپ‌ها را ارائه داده و کارایی‌گزینه‌ش و معرفی ارقام را فراهم نماید (Omrani et al., 2017). فلورس و همکاران (Flores et al., 1998) تمامی روش‌های برآورد پایداری را در سه رهیافت کلی قرار دادند، رهیافت اول مربوط به روش‌های تک متغیره پارامتری، رهیافت دوم روش‌های تک متغیره ناپارامتری و رهیافت سوم نیز روش‌های چند متغیره را در برمی‌گیرد. از بین روش‌های تک متغیره ناپارامتری می‌توان به آماره‌های $Si^{(1)}$ ، $Si^{(2)}$ ، $Si^{(3)}$ و $Si^{(6)}$ پیشنهادشده توسط ناسار و هیون (Nasser and Huhn, 1987) برای برآورد برهمکنش ($G \times E$) و آماره‌های $NPi^{(1)}$ ، $NPi^{(2)}$ ، $NPi^{(3)}$ و $NPi^{(4)}$ پیشنهاد شده توسط تنارازو (Thennarasu, 1995) بر مبنای رتبه‌های تصحیح‌شده اشاره نمود؛ به‌عبارت‌دیگر ناسار و هیون (Nasser and Huhn, 1987) ژنوتیپ‌هایی که نوسان رتبه کمتری برای عملکرد داشتند را به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با استفاده از چهار آماره ناپارامتری $Si^{(1)}$ ، $Si^{(2)}$ ، $Si^{(3)}$ و $Si^{(6)}$ معرفی نمودند. تنارازو (Thennarasu, 1995) با تصحیح عملکرد و حذف اثر محیط و رتبه‌بندی عملکرد تصحیح‌شده، چهار آماره ناپارامتری $NPi^{(1)}$ ، $NPi^{(2)}$ ، $NPi^{(3)}$ و $NPi^{(4)}$ را برای انتخاب هم‌زمان ژنوتیپ‌های پایدار با پتانسیل عملکرد بالا پیشنهاد داد. در این رابطه در تحقیقی که به‌منظور بررسی پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان در مناطق گرم و خشک با استفاده از روش‌های تک متغیره ناپارامتری انجام شد، سه ژنوتیپ (Pishtaz atbird)، C/SW89.5277//BORL95//SKAUZ/3/PRL/2*P) و (WhEAR//2*PRL/2*PASTOR) به‌عنوان پایدارترین ارقام شناسایی شدند (Omrani et al., 2017). از بین روش‌های چند متغیره می‌توان به مدل GGE بای پلات که بر مبنای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی پیشنهاد شده است اشاره نمود (Makumbi et al., 2015; Yan et al.,

معمولاً شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا و پایدار، مهم‌ترین هدف برنامه‌های به‌نژادی در شرایط محیطی متغیر است؛ بنابراین به‌کارگیری روش‌های آماری و تعیین بهترین مدل جهت نیل به اهداف برنامه‌های به‌نژادی کلاسیک، مناسب‌ترین ابزار برای به‌نژادگران در ارزیابی مواد ژنتیکی در دست مطالعه است. هدف از این آزمایش، تعیین ژنوتیپ‌های پایدار گندم نان بر اساس معیارهای ناپارامتری و گزینش ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا برای محیط‌های مورد مطالعه با استفاده از مدل (GGE biplot) بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۲۳ ژنوتیپ گندم نان به همراه دو رقم شاهد Pishtaz و Pishgam (جدول ۱)، در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو محیط آبی (بدون تنش) و دیم (تنش) در مزرعه تحقیقاتی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه رازی کرمانشاه طی سه سال متوالی (۹۴-۹۷) ارزیابی شدند. موقعیت جغرافیایی و شرایط آب و هوایی محل اجرای طرح در جدول شماره ۲ آمده است. ترکیب سال‌ها (سه سال) و مکان‌ها (دیم و آبی) جمعاً شش محیط را تشکیل دادند. ژنوتیپ‌های گندم مورد بررسی در این تحقیق در واقع جزئی از مواد اصلاحی بومی کشور بوده که در برنامه‌های اصلاحی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تحت بررسی قرار گرفته و برای این پژوهش انتخاب شدند.

Amiri (2015)، جو (Khorami et al., 2018) و چغندر قند (Oghan et al., 2019) گزارش شده است. پس می‌توان نتیجه گرفت که مدل GGE biplot می‌تواند به‌عنوان ابزاری بسیار مفید جهت ارزیابی چشمی و تفسیر پاسخ الگوی ارقام مورد بررسی، محیط‌ها و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط مورد استفاده قرار گیرد زیرا در این روش از منابع تغییرات ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای حصول نتایج قابل‌اعتمادتر استفاده می‌شود (Yan et al., 2011; Yan et al., 2007).

با توجه به مزیت‌های متعدد مدل GGE biplot، استفاده از این مدل برای بررسی اثرات متقابل ژنوتیپ × محیط توسط برخی از محققین پیشنهاد شده است: (Ramos et al., 2017; Pourdad et al., 2013; Fasahat et al., 2014). در روش GGE biplot برای انتخاب ژنوتیپ مطلوب، یک ژنوتیپ ایده‌آل فرضی بر اساس عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف بررسی می‌شود که علاوه بر عملکرد بالا و پایداری مطلوب، بایستی از سازگاری وسیعی در مناطق هدف برخوردار باشد. مسلمی و همکاران (Moslemi et al., 2012) با استفاده از روش GGE biplot از بین ۲۱ ژنوتیپ پیشرفته گندم و ارقام آذر ۲ و الوند (شاهد) در شرایط دیم و آبیاری تک‌میلی، ۵ ژنوتیپ برتر از لحاظ عملکرد و پایداری را شناسایی نمودند. شارما و همکاران (Sharma et al., 2010) از روش GGE biplot برای شناسایی ژنوتیپ‌های گندم زمستانه با عملکرد و پایداری بالا از بین ۲۵ ژنوتیپ حاصل از برنامه‌های اصلاح گندم‌های زمستانه بین‌المللی (IWWIP) سیمیت در آسیای مرکزی و غرب آسیا استفاده نمودند.

جدول ۱. شماره و کد ژنوتیپ‌های گندم نان مورد بررسی

Table 1. Entry number and code at bread wheat genotypes.

شماره ژنوتیپ	کد ژنوتیپ	منشأ	شماره ژنوتیپ	کد ژنوتیپ	منشأ
Genotype No.	Genotype code	Origin	Genotype No.	Genotype code	Origin
G1	Wc-4924	Iran	G14	Wc-4994	Iran
G2	Wc-4582	Iran	G15	Pishgam (check2)	Iran
G3	Wc-4592	Iran	G16	Wc-47583	Iran
G4	Wc-47341	Iran	G17	Wc-47522	Iran
G5	Wc-4965	Iran	G18	Wc-47569	Iran
G6	Wc-4840	Iran	G19	Wc-47399	Iran
G7	Wc-4958	Iran	G20	Wc-47638	Iran
G8	Pishtaz (check1)	Iran	G21	Wc-47640	Iran
G9	Wc-4600	Iran	G22	Wc-47467	Iran
G10	Wc-4987	Iran	G23	Wc-4553	Iran
G11	Wc-47615	Iran	G24	Wc-4583	Iran
G12	Wc-4612	Iran	G25	Wc-4554	Iran
G13	Wc-5001	Iran	-	-	-

جدول ۲. موقعیت جغرافیایی و آب و هوایی محل اجرای آزمایش

Table 2. Geographic and meteorological location of the test site		
Longitude	طول جغرافیایی	47°, 9'
Latitude	عرض جغرافیایی	34°, 21'
Height (m)	ارتفاع از سطح دریا	1319 (m)
Mean Rainfall	متوسط بارندگی	450-480 (mm)
Average temperature of test years	متوسط درجه حرارت سال‌های اجرای آزمایش	14.8° (C)
Rainfall in the years of the experiment	میزان بارندگی در سال‌های اجرای آزمایش	330.25 (mm)

$$S_i^{(1)} = 2 \sum_{j=1}^{m-1} \sum_{(j-j+1)}^m |r_{ij}^* - r_{ij}^*| / [m(m-1)] \quad [1]$$

$$S_i^{(2)} = \sum_{j=1}^{m-1} (r_{ij}^* - \bar{r}_i)^2 / (m-1) \quad [2]$$

$$S_i^{(3)} = \frac{\sum_{j=1}^m |r_{ij} - \bar{r}_i|}{\bar{r}_i} \quad [3]$$

$$S_i^{(6)} = \frac{\sum_{j=1}^{m-1} (r_{ij} - \bar{r}_i)^2}{\bar{r}_i} \quad [4]$$

در این روابط $Si^{(1)}$ میانگین اختلاف رتبه ژنوتیپ i را روی محیط‌های مورد بررسی اندازه‌گیری می‌کند، $Si^{(2)}$ مربوط به واریانس عمومی رتبه و $Si^{(3)}$ نیز مربوط به مجموع قدر مطلق انحرافات است.

آماره‌های ناپارامتری تنرازو (Thennarasu, 1995) بر اساس روابط زیر محاسبه گردیدند.

$$NP_i^{(1)} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m |r_{ij}^* - M_{di}^*| \quad [5]$$

$$NP_i^{(2)} = \frac{1}{m} \left(\sum_{j=1}^m |r_{ij}^* - M_{di}^*| / M_{di} \right) \quad [6]$$

$$NP_i^{(3)} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (r_{ij}^* - \bar{r}_i)^2 / m}{\bar{r}_i}} \quad [7]$$

$$NP_i^{(4)} = \frac{2}{m(m-1)} \left(\sum_{j=1}^{m-1} \sum_{(j-j+1)}^m |r_{ij}^* - r_{ij}^*| / \bar{r}_i \right) \quad [8]$$

در روابط بالا: r_{ij} رتبه ژنوتیپ i ام در محیط j ام، \bar{r}_i میانگین رتبه در سراسر محیط‌های مورد بررسی، r_{ij}^* رتبه از ارزش‌های عملکرد تصحیح‌شده

$$[X_{ij}^* = X_{ij} - (\bar{X}_i - \bar{X}..)] \quad [9]$$

و M_{di}^* میانگین و میانه از رتبه‌های تصحیح‌شده، m و \bar{r}_i به ترتیب تعداد ژنوتیپ و محیط می‌باشند.

در مرحله بعد، از بای پلات اثر ژنوتیپ + اثر ژنوتیپ \times محیط (GGE) بای پلات پیشنهادی توسط یان و همکاران

کاشت بذر در اوایل آبان ماه هر سال زراعی به صورت دستی انجام گرفت. اولین بارندگی پس از کاشت به عنوان تاریخ کشت در نظر گرفته شد. برای اعمال تنش خشکی از هیچ‌گونه آبیاری استفاده نشد و این امر تنها با اکتفا به باران‌های فصل پاییزه و بهار انجام گرفت (به صورت دیم). با توجه به اینکه تنش خشکی در فصل بهار بعد از مرحله گلدهی شروع شد، بنابراین تیمار بدون تنش (محیط آبی) از زمان گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیکی در سه نوبت گلدهی، اواسط دانه بستن و اواخر تشکیل دانه و هر مرحله به میزان ۲۵ میلی‌متر به روش بارانی آبیاری شد. هر کرت شامل ۵ خط ۲ متری به فاصله ۲۰ سانتی‌متر و تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع در نظر گرفته شد. کودهای نیتروژن، پتاس و فسفر به طور یکنواخت به کرت‌های آزمایشی اضافه گردید. در مرحله پنجه‌زنی از علف‌کش پوماسوپر و گرانستار به ترتیب به میزان ۱/۵ لیتر و ۲۰ گرم در هکتار به همراه وجین دستی برای مبارزه با علف‌های هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ استفاده شد.

در پایان هر سال زراعی و پس از رسیدگی محصول، عملیات برداشت توسط کمباین آزمایشی انجام گرفت. برای این کار ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر کرت به منظور حذف اثر حاشیه حذف گردید. پس از تعیین عملکرد مربوط به هر ژنوتیپ، ابتدا با انجام آزمون بارتلت و اثبات یکنواختی واریانس خطاها، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با فرض ثابت بودن اثر ژنوتیپ‌ها انجام شد. برای گزینش ژنوتیپ‌های پایدار گندم از آماره‌های تک متغیره ناپارامتری پایداری بر اساس معیارهای پیشنهادی ناسار و هیون (Nasser and Huhn, 1987) و تنرازو (Thennarasu, 1995) استفاده شد. معیارهای ناپارامتری ناسار و هیون (Nasser and Huhn, 1987) بر اساس روابط زیر محاسبه شدند.

همچنین سال‌ها و مکان‌های موردبررسی بر روی عملکرد ژنوتیپ‌ها دارای اثرات متفاوتی بودند. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نشان داد که ژنوتیپ‌های Wc-5001, Pishgam, Wc-4987 و Wc-4582 به ترتیب با عملکرد ۴/۷۸۶، ۴/۴۰۶، ۴/۲۸۲/۳۲۸ و ۴/۱۷۸ تن در هکتار به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل تولید بالا و ژنوتیپ‌های Wc-47467، Wc-4583 و Wc-4592 با عملکرد ۳/۰۲۰، ۳/۱۰۶ و ۳/۱۷۸ تن در هکتار دارای کمترین میانگین عملکرد دانه بودند (جدول ۴).

آماره‌های ناپارامتری

آماره‌های ناپارامتری مورد مطالعه برای گزینش ژنوتیپ‌های پایدار از میان ارقام موردبررسی بر اساس معیارهای پیشنهادی ناسار و هیون (Nasser and Huhn, 1987) و تنارازو (Thenarasu, 1995) در جدول ۵ ارائه شده است. بررسی پایداری ژنوتیپ‌های موردبررسی بر اساس روش ناسار و هیون (Nasser and Huhn, 1987) حاکی از آن بود که با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از دو آماره پایداری $Si^{(1)}$ و $Si^{(2)}$ ژنوتیپ‌های Wc-4592 و Pishtaaz به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها معرفی شدند؛ و ژنوتیپ‌های Wc-4958 و Wc-4840 در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند.

(Yan et al., 2007) استفاده شد. مدل GGE بای پلات بر پایه مقادیر ویژه-تفکیک-پذیر برای دو مؤلفه اول به‌صورت رابطه زیر است.

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = \lambda_1 \zeta_i \eta_{j1} + \lambda_2 \zeta_i \eta_{j2} + \varepsilon_{ij} \quad [10]$$

در این رابطه، Y_{ij} میانگین آمین محیط، μ مربوط به میانگین کل، β_j میانگین اثر محیط λ_1 و λ_2 مقادیر ویژه برای اولین و دومین مؤلفه، ζ_i و η_{j1} بردارهای ویژه ژنوتیپی و η_{j2} و η_{j1} بردارهای محیطی مؤلفه اول و دوم و ε_{ij} مقدار باقیمانده برای ژنوتیپ i ام در محیط j ام هستند. سایر تجزیه‌های مربوطه با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS 16 و Genstat 12 انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه برای ۲۵ ژنوتیپ مورد مطالعه در سه سال و دو شرایط تنش خشکی و عدم تنش در جدول ۳ ارائه شده است. بین مکان‌ها، سال‌ها، ژنوتیپ‌ها، اثرات متقابل سال × مکان، سال × ژنوتیپ، مکان × ژنوتیپ، سال × مکان × ژنوتیپ اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال آماری ۱٪ وجود داشت؛ بنابراین نتایج حاصل بیانگر این مطلب بود که ژنوتیپ‌های گندم مورد مطالعه در محیط‌های موردبررسی واکنش‌های متفاوتی از خود نشان دادند.

جدول ۳. تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه برای ۲۵ ژنوتیپ گندم در ۶ محیط موردبررسی

Table 3. Combined analysis of variance in for grain yield performance of the 25 wheat genotypes in the 6 testing environments

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	F	
			میانگین مربعات Mean of Square	F
Year	سال	2	3586508.5	952.1**
Environment	مکان	1	7854210.2	2085.2**
Environment × Year	سال × مکان	2	743832.1	197.4**
Error1	خطای ۱	9	6184.4	1.64
Genotype	ژنوتیپ	24	49170.5	13.05**
Genotype × Year	ژنوتیپ × سال	48	38316.7	10.17**
Genotype × Environment	ژنوتیپ × مکان	24	22290.4	5.9**
Genotype × Year × Environment	ژنوتیپ × سال × مکان	48	17454.3	4.6**
Error2	خطای ۲	304	3766.6	-
Total	کل	462	-	-

** : معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

** : Significant at 1% probability level

جدول ۴. مقایسه میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در مکان‌ها و سال‌های مطالعه شده

Table 4. Mean comparison of grain yield for wheat genotypes across locations and years

شماره ژنوتیپ	کد ژنوتیپ	عملکرد	شماره ژنوتیپ	کد ژنوتیپ	عملکرد
Genotype No.	Genotype Code.	Yield	Genotype No.	Genotype Code.	Yield
G1	Wc-4924	3.5735 ^{a-d}	G14	Wc-4994	4.0133 ^{a-c}
G2	Wc-4582	4.2822 ^{c-e}	G15	Pishgam	4.3280 ^{de}
G3	Wc-4592	3.0206 ^a	G16	Wc-47583	3.7816 ^{a-c}
G4	Wc-47341	3.3966 ^{a-d}	G17	Wc-47522	4.2399 ^{b-e}
G5	Wc-4965	3.5086 ^{a-d}	G18	Wc-47569	3.9951 ^{a-c}
G6	Wc-4840	4.2002 ^{b-c}	G19	Wc-47399	3.8882 ^{a-c}
G7	Wc-4958	4.1612 ^{b-c}	G20	Wc-47638	4.0403 ^{a-c}
G8	pishtaz	3.8949 ^{a-c}	G21	Wc-47640	4.0681 ^{a-c}
G9	Wc-4600	3.9061 ^{a-c}	G22	Wc-47467	3.1068 ^{a-b}
G10	Wc-4987	4.7866 ^d	G23	Wc-4553	3.2844 ^{a-d}
G11	Wc-47615	3.7048 ^{a-c}	G24	Wc-4583	3.1781 ^{abc}
G12	Wc-4612	3.4126 ^{a-d}	G25	Wc-4554	4.1133 ^{a-c}
G13	Wc-5001	4.4063 ^{de}	-	-	-

میانگین‌های عملکرد با حروف مقایسه میانگین مشابه اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند

Yield means with the same letters are not significantly at 5% level of probability (Duncan's multiple range test)

حاصل از روش GGE بای پلات نشان داد که مؤلفه‌های اصلی اول و دوم به ترتیب ۴۴/۰۶ و ۲۰/۷۰ درصد و در مجموع ۶۴/۷۶ درصد از کل تغییرات را توجیه نمودند که این امر بیانگر اعتبار نسبی بای پلات در توجیه تغییرات G+GE است. نمودار بای پلات دو محور دارد. محور افقی (PC1) که معرف اثر اصلی ژنوتیپ و محور عمودی (PC2) نشان‌دهنده اثر متقابل ژنوتیپ در محیط است. محور (PC2) خود می‌تواند معیاری از سنجش پایداری ژنوتیپ‌ها باشد (Yan and Mohammadi et al., 2003). محمدی و همکاران (2016) در ارزیابی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های گندم نان در ۲۱ محیط اظهار داشتند که نتایج GGE بای پلات ۳۹/۱۹ درصد تغییرات را توجیه کرد. درحالی‌که در بررسی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های گندم نان توسط عمرانی و همکاران (2017)، (Omran et al.)، GGE بای پلات در ۱۲ محیط، حدود ۸۲ درصد تغییرات را توجیه نمود.

شکل ۱، تجزیه گرافیکی بای پلات و نمایش الگوی کدام-برتر-کجا (which-won-where) را با توجه به میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های امیدبخش گندم نان طی سه سال در محیط‌های مورد بررسی نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۱ چهار ژنوتیپ Wc-4600، Wc-47522، Wc-47638 و Wc-4958 در بین دو محیط E3 و E5 قرار داشتند که این دو محیط در سال‌های اجرای آزمایش به کشت دیم اختصاص داده شدند؛ بنابراین چهار ژنوتیپ Wc-47638، Wc-

از طرف دیگر با توجه به آماره‌های $Si^{(6)}$ و $Si^{(3)}$ ژنوتیپ‌های Pishgam و Wc-5001 پایدارترین ژنوتیپ‌ها بوده و ژنوتیپ Pishtaz در رتبه بعدی قرار گرفت؛ بنابراین بررسی پایداری ارقام توسط آماره‌های ناپارامتری حاکی از آن بود که دو معیار $Si^{(1)}$ و $Si^{(2)}$ از یک‌سو و دو معیار $Si^{(3)}$ و $Si^{(6)}$ از سوی دیگر در شناسایی ژنوتیپ‌های پایداری از نتایج مشابهی برخوردار می‌باشند. معمولاً آماره $Si^{(1)}$ از امید ریاضی بزرگ‌تر و واریانس کوچک‌تری نسبت به آماره $Si^{(2)}$ برخوردار است بنابراین دقت آماره $Si^{(1)}$ در انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار می‌تواند به مراتب بیشتر از آماره $Si^{(2)}$ باشد. در این رابطه کایا و تانیر (Kaya and Taner, 2003) سادگی محاسبه آماره $Si^{(1)}$ را دلیل ارجحیت این آماره بر آماره $Si^{(2)}$ عنوان کردند. همچنین با بررسی‌های به‌عمل‌آمده توسط چهار آماره $Si^{(1)}$ ، $Si^{(2)}$ ، $Si^{(3)}$ و $Si^{(6)}$ دو ژنوتیپ Wc-47399 و Wc-47583 به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها معرفی شدند. بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها با استفاده از آماره‌های تنارازو (Thennarasu, 1995) مشخص نمود که توسط آماره $NPi^{(1)}$ ژنوتیپ‌های Wc-4553 و Pishgam پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. همچنین بررسی ژنوتیپ‌ها با استفاده از چهار آماره تنارازو (Thennarasu, 1995)، ژنوتیپ Wc-47399 به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ معرفی شد.

به‌منظور بررسی تنوع ارقام، محیط‌ها و مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها از تجزیه گرافیکی استفاده شد. نتایج

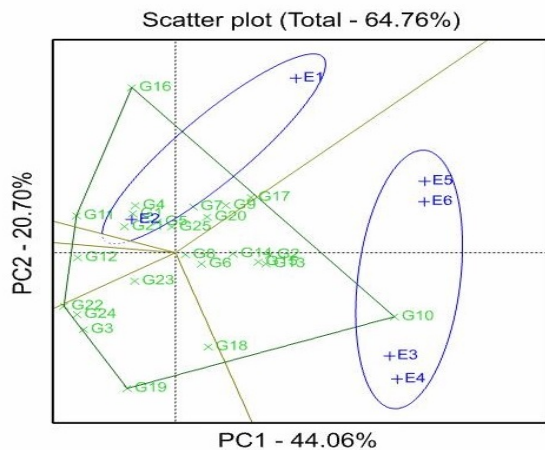
دارای واکنش یکسانی بود و به هیچ‌کدام از محیط‌ها واکنشی نشان نداد. سازگاری خصوصی بالایی برخوردار بودند. ژنوتیپ Pishtaaz در مرکز بای پلات داشت این ژنوتیپ در کلیه محیط‌ها

جدول ۵. آماره‌های پایداری ناپارامتری برای عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های امیدبخش گندمنان

Table 5. Non parametric Stability in promising bread wheat genotypes

Genotype	آماره‌های ناپارامتری ناسار و هیون Non- Parametric statistics Nasser and Huhn				آماره‌های ناپارامتری تنارازو Non- Parametric Statistics Thennarasu			
	$S_i^{(1)}$	$S_i^{(2)}$	$S_i^{(3)}$	$S_i^{(6)}$	$NP_i^{(1)}$	$NP_i^{(2)}$	$NP_i^{(3)}$	$NP_i^{(4)}$
G1	6.60	29.90	13.00	2.26	5.00	0.39	0.49	0.57
G2	7.07	35.07	9.92	1.70	7.67	0.39	0.46	0.40
G3	4.27	12.67	11.88	3.38	4.17	1.70	1.04	0.80
G4	7.00	40.97	23.19	3.02	6.00	0.83	0.77	0.79
G5	6.53	33.47	15.69	2.75	5.83	0.73	0.60	0.61
G6	5.80	25.77	7.50	1.32	4.50	0.23	0.34	0.34
G7	5.80	22.70	6.88	1.27	5.17	0.31	0.39	0.35
G8	4.53	15.07	5.26	1.26	4.17	0.22	0.35	0.32
G9	8.67	53.07	17.30	2.17	5.83	0.30	0.44	0.57
G10	9.93	91.37	24.26	2.62	7.83	0.30	0.55	0.53
G11	7.78	56.67	34.00	3.68	6.00	0.83	0.84	0.94
G12	7.33	41.20	25.75	4.00	3.83	1.27	0.58	0.92
G13	5.00	16.57	4.56	1.05	5.67	0.50	0.39	0.28
G14	6.00	26.27	9.61	1.85	5.00	0.32	0.45	0.44
G15	5.07	17.47	4.52	1.03	3.67	0.23	0.25	0.26
G16	11.40	97.77	37.13	3.70	7.00	0.42	0.70	0.87
G17	6.27	28.00	7.78	1.33	4.33	0.31	0.31	0.35
G18	8.73	58.17	21.02	2.80	7.33	0.57	0.62	0.63
G19	11.27	94.97	40.13	4.48	10.00	0.77	0.85	0.95
G20	6.93	35.60	10.47	1.76	7.00	0.97	0.57	0.41
G21	10.00	65.20	27.17	3.17	7.17	0.56	0.69	0.83
G22	5.93	24.70	22.45	4.55	4.83	1.89	1.09	1.08
G23	6.07	24.97	15.94	2.89	3.33	1.31	0.72	0.77
G24	6.13	27.07	21.37	3.89	4.33	1.33	0.93	0.97
G25	5.33	19.47	6.21	1.28	3.83	0.42	0.31	0.34

با توجه به شکل ۱، چهار ژنوتیپ Wc-47467، Wc-47399، Wc-47583، Wc-47615 و Wc-4987 در رأس اضلاع قرار داشتند. این ژنوتیپ‌ها به واسطه فاصله‌ای که از مرکز بای پلات دارند می‌توانند از نظر عملکرد دانه، در زمره بهترین و یا ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مورد بررسی قرار بگیرند. با توجه به شکل ۱، در این بررسی دو محیط بزرگ مشخص گردید. اولین گروه محیطی شامل E3: تنش خشکی (۹۵-۹۶)، E4: عدم تنش (۹۵-۹۶)، E5: تنش خشکی (۹۶-۹۷) و E6: عدم تنش (۹۶-۹۷) بود که در این گروه ژنوتیپ‌های Wc-47569، Wc-47638، Wc-4554، Wc-47522، Wc-4987، Wc-5001، Wc-4994، Wc-47522، Wc-4965، Wc-4840، Wc-4958، Pishtaaz، Wc-4582 قرار داشتند که این ژنوتیپ‌ها از بالاترین مقدار پتانسیل عملکرد برخوردار بود. گروه دوم شامل E1: تنش (۹۴-۹۵) و E2: عدم تنش (۹۴-۹۵) بود که در این گروه

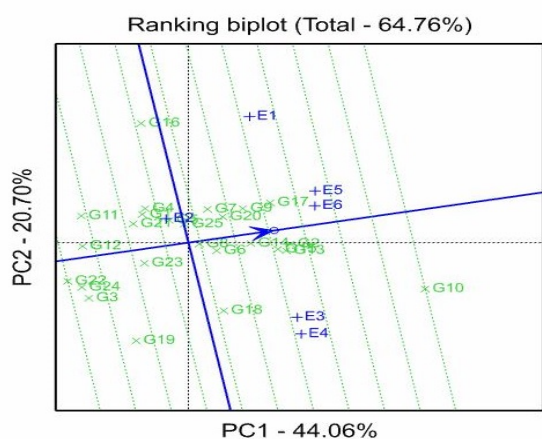


شکل ۱. نمایش گرافیکی GGE بای پلات بر اساس الگوی کدام-

برتر - کجا برای شناسایی محیط‌های بزرگ و ژنوتیپ‌های برتر

Fig. 1. Graphical demonstration GGE biplot based on which won were/what to identify large environments and superior genotype

و این خط پایداری ارقام را نشان می‌دهد. بر اساس شکل ۲، ژنوتیپ‌های Pishgam، Wc-5001، Pishtaz، Wc-4840 و Wc-4582 با عملکرد متوسط جزو پایدارترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه در بین لاین‌ها و ارقام مورد بررسی بودند. همچنین این ژنوتیپ‌ها از نظر پتانسیل عملکرد از وضعیت مطلوبی برخوردار بودند. ژنوتیپ Wc-4987 علی‌رغم عملکرد بالایی که نسبت به سایر ژنوتیپ‌های سمت راست محور افقی AEC داشت دارای کمترین مقدار پایداری عملکرد بود. در مقابل، ژنوتیپ Wc-47467 که دارای کمترین مقدار عملکرد دانه بود از پایداری عملکرد بالاتری نسبت به ژنوتیپ Wc-4987 برخوردار بود. در این رابطه آکمل و همکاران (Akmal et al., 2014) اظهار داشتند که ژنوتیپ‌هایی که بالاترین عملکرد را دارند لزوماً پایدارترین ژنوتیپ‌ها نخواهند بود و ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پایین ممکن است از بالاترین پایداری برخوردار باشند.



شکل ۲. بای پلات مختصات محیط متوسط (AEC) برای گزینش هم‌زمان پایداری و عملکرد لاین‌های امیدبخش گندم نان در ۶ محیط

Fig. 2. Biplot of the average- environment coordination (AEC) for simultaneously, selection of yield and stability of bread wheat promising lines in 6 environments. (**, * and ns: significant at 1 and 5 percent and non-significant, respectively)

ژنوتیپ‌های Wc-47399 و Wc-47583 نیز علاوه بر ناپایداری عملکرد، دارای پتانسیل عملکرد پایینی نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بودند. از طرفی ژنوتیپ Wc-47399 که در اولین گروه محیطی قرار گرفته بود عملکرد بالاتری نسبت به ژنوتیپ‌های Wc-4612، Wc-47467، Wc-4583، Wc-47615 و Wc-4592 از خود نشان داد ولی از نظر پایداری نسبت به ژنوتیپ‌های ذکر شده دارای پایین‌ترین مقدار

ژنوتیپ‌های Wc-47467، Wc-4553، Wc-4583، Wc-47640، Wc-4612، Wc-47583، Wc-47399 و Wc-47615 قرار گرفته بود که ژنوتیپ‌های این گروه از نظر پتانسیل عملکرد در حد مطلوبی قرار نداشتند بنابراین در محیط بزرگ اول ژنوتیپ Wc-4987 قرار داشت که علاوه بر عملکرد بالا در رأس نمودار چندضلعی قرار گرفته بود. هرچند در گروه دوم ژنوتیپ‌های Wc-47467 و Wc-47399 در رأس چندضلعی قرار داشتند اما هیچ مکانی در اطراف آن‌ها وجود نداشت و این امر نشان داد که این ژنوتیپ‌ها در اکثر محیط‌های مورد بررسی عملکرد ضعیفی از خود نشان داده‌اند. دو ژنوتیپ Wc-4987 در گروه اول و Wc-47467 در گروه دوم به ترتیب داری بیشترین و کمترین مقدار عملکرد دانه در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بودند. کندال (Kendal, 2016) در پژوهشی که بر روی چهار ژنوتیپ جو در هشت مکان در کشور ترکیه انجام شده بود با استفاده از روش GGE biplot مشخص کرد که هشت مکان به سه محیط بزرگ (Mega environment) قابل تقسیم است. دو ژنوتیپ از بین چهار ژنوتیپ مورد بررسی از سازگاری عمومی مناسبی برخوردار بودند دو ژنوتیپ دیگر نیز دارای سازگاری خصوصی مناسب برای دو مکان از هشت مکان بودند. محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2013) در بررسی پایداری ۲۵ ژنوتیپ گندم دوروم در ۱۹ محیط طی ۴ سال نشان دادند که محیط‌ها در رتبه‌بندی و تعیین سازگاری ژنوتیپ‌ها کاملاً متفاوت بودند، ژنوتیپ‌ها نیز از نظر پایداری، عملکرد و سازگاری به محیط‌ها متفاوت بودند. در این مطالعه ۳ ژنوتیپ دارای سازگاری عمومی بالا بودند.

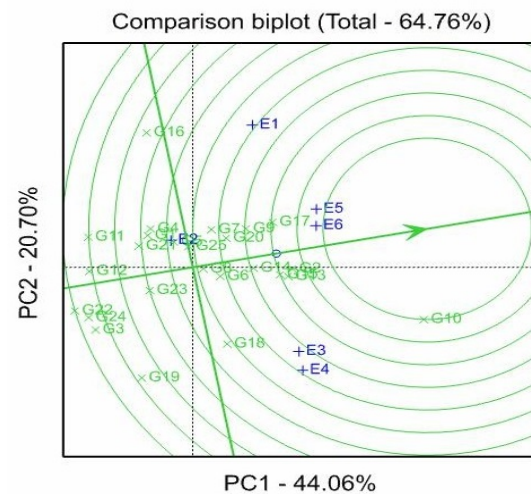
بررسی دو مقوله پایداری و عملکرد به صورت هم‌زمان، توسط نمودار مختصات محیط متوسط (Average environment coordination; AEC) صورت می‌پذیرد که به این نمودار، بای پلات میانگین در مقابل پایداری نیز گفته می‌شود. در حقیقت تصاویر مربوط به علائم ژنوتیپ‌ها بر روی محور AEC می‌تواند برآوردی از عملکرد آن‌ها باشد (Yan et al., 2007). در شکل ۲، یک محیط متوسطی که توسط دایره کوچکی نشان داده شده است با استفاده از متوسط نمره‌های PC1 و PC2 محیط تعریف می‌شود و از دو خط (افقی و عمودی) تشکیل شده است. در این شکل، محور افقی پیکان‌دار که از میانگین محیطی (دایره کوچک) و مبدأ مختصات می‌گذرد تقریبی از عملکرد ژنوتیپ (G) است و خط عمودی نشان‌دهنده اثر متقابل ژنوتیپ در محیط (GEI) بوده

قرار گرفته بودند؛ بنابراین ترتیب عملکرد ژنوتیپ‌ها در بای پلات مختصات محیط متوسط (شکل ۲) مشابه بای پلات ژنوتیپ ایده‌آل (شکل ۳) بود. از نظر یان و همکاران (Yan et al., 2007)، این امر زمانی اتفاق می‌افتد که دامنه PC1 خیلی بیشتر از PC2 باشد؛ بنابراین مقایسه اشکال ۲ و ۳ در این بررسی، نظر فوق را تأیید می‌کند.

معمولاً برآورد میزان همبستگی بین محیط‌های مورد بررسی از طریق محاسبه کسینوس زاویه بین بردارهای محیط‌ها در نمودار بای پلات به دست می‌آید؛ بنابراین با تعیین همبستگی بین محیط‌ها می‌توان در آزمایش‌های تعیین سازگاری و پایداری ارقامی که در چندین سال و مکان اجرا می‌شوند، محیط‌های مشابه را شناسایی و حذف نمود که این امر منجر به کاهش هزینه‌ها خواهد شد (Yan and Kang., 2003). ارزیابی همبستگی بین محیط‌های مورد بررسی (شکل ۴) نشان داد که زاویه بین بردارهای سه سال درون هر مکان متفاوت بود. به طوری که این زاویه در محیط‌های E1 و E3 حدود ۹۰ درجه بود که این موضوع نشان‌دهنده عدم وجود همبستگی بین دو محیط و به عبارت دیگر متفاوت بودن اثرات سال طی سه سال انجام آزمایش بود. در مقابل زاویه بین بردارهای محیطی E3 با E4 و محیط‌های E5 با E6 کوچک بود که تشابه شرایط آب و هوایی در سه سال این منطقه را نشان می‌دهد؛ بنابراین بیشترین همبستگی بین بردارهای سه سال مربوط به محیط‌های E3 با E4 و E5 با E6 بود که این همبستگی نزدیک به +۱ بود؛ و این امر بیانگر تغییرات جزئی در شرایط آب و هوایی این منطقه در دومین و سومین سال اجرای آزمایش بود. لذا با تکرار این آزمایش در سال‌های بعدی در صورتی که زاویه بین بردارهای محیطی در این مکان‌ها همچنان نزدیک به هم باشد می‌توان گفت که تغییرات محیطی این منطقه در طی چند سال بر روی عملکرد گندم مؤثر نبوده است و می‌توان آزمایش‌های بررسی ارقام را در این منطقه با تعداد سال کمتری انجام داد. ویژگی مهم دیگر در بررسی بای پلات همبستگی بین محیط‌ها، مربوط به طول بردار محیطی است که تقریبی از انحراف معیار درون هر محیط بوده و نیز به عنوان یک شاخص مهم برای قابلیت تمایز محیط‌ها در نظر گرفته می‌شود (Yan and Kang., 2003). به طوری که بردارهای بلندتر دارای انحراف معیار بیشتر و در نتیجه قابلیت تمایز بیشتری هستند. قابلیت تمایز یکی از ویژگی‌های مهم هر محیط بوده به طوری که محیط‌های فاقد

پایداری عملکرد بود. بر اساس شکل ۲. چهار ژنوتیپ Wc-4583، Wc-47467، Wc-47399 و Wc-4592 به عنوان نامطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها از نظر پایداری و عملکرد شناسایی شدند.

با توجه به شکل ۳ دایره کوچکی روی محور افقی AEC واقع شده که با یک پیکان به آن اشاره شده است. این دایره مکانی است که رقم ایده‌آل در آن قرار می‌گیرد که از نظر مکانی در مرکز دایره متحدالمرکز قرار دارد؛ بنابراین ارقامی که در نزدیکی دایره بر روی نمودار قرار داشته باشند با توجه به معیارهایی که برای ژنوتیپ ایده‌آل تعریف شد (بالاترین عملکرد و پایداری) می‌توانند به عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب در نظر گرفته شوند.

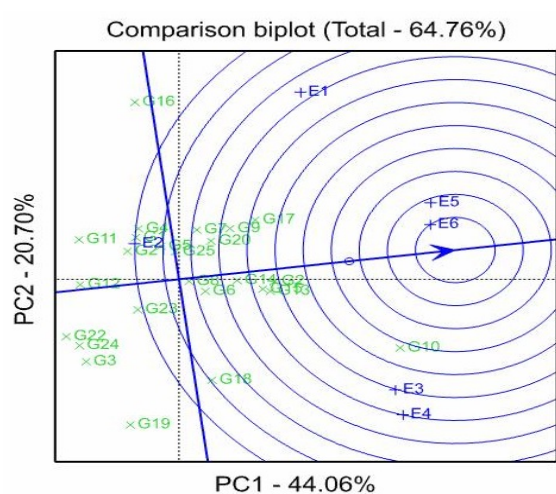


شکل ۳. بای پلات مقایسه لاین‌های امیدبخش گندم نان با ژنوتیپ ایده‌آل بر مبنای عملکرد و پایداری

Fig. 3. Biplot of bread wheat lines comparison with ideal genotypes based on yield and stability

مقایسه ژنوتیپ‌های مورد بررسی با ژنوتیپ ایده‌آل (شکل ۳) نشان داد که ژنوتیپ‌های Wc-4994، Pishgam، Wc-4582، Wc-4840، Pishtaaaz، 5001 از نظر مکانی در کمترین فاصله نسبت به ژنوتیپ ایده‌آل قرار داشتند. از طرفی با توجه به بررسی هم‌زمان پایداری و عملکرد (شکل ۲)، مشخص شد که ژنوتیپ‌های مذکور جزء برترین ارقام در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بودند. هم‌چنین بر اساس روش GGE بای پلات (شکل ۳) بیشترین فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل مربوط به ژنوتیپ‌های Wc-47467، Wc-4583، Wc-47399 و Wc-4592 بود که این ژنوتیپ‌ها جزء نامطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه و پایداری در این بررسی

در مقابل محیط‌های E1 و E2 در سال اول کمترین مقدار بیانگری را نشان دادند. محیط ایده‌آل محیطی است فرضی که دارای حداکثر قابلیت تمایز و بیانگری باشد و از نظر مکانی در مرکز دوایر متحدالمرکز بای پلات قرار دارد (Yan et al., 2011). میزان مطلوبیت محیط‌ها به‌وسیله فاصله آن‌ها از محیط ایده‌آل سنجیده می‌شود. محیط‌های E5 و E6 نزدیک‌ترین محیط‌ها به محیط ایده‌آل بودند و با توجه به طول بردارهای محیطی آن‌ها می‌توان گفت که این دو محیط به‌عنوان محیط‌های مطلوب جهت گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب انتخاب شدند.



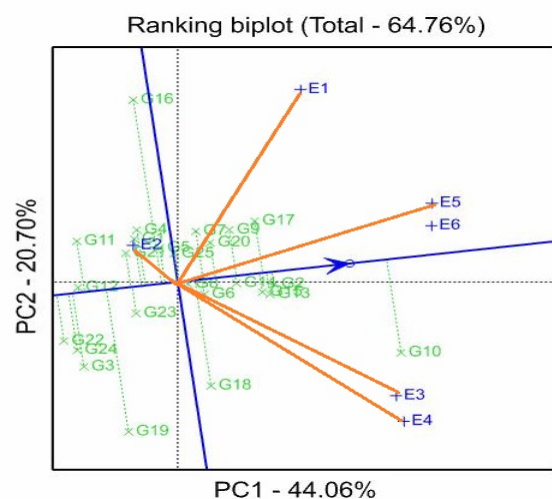
شکل ۵. بای پلات مقایسه محیط‌ها با محیط ایده‌آل بر اساس توانایی تمایز و نماینده بودن محیط هدف

Fig. 5. Biplot for comparison of environment with the ideal based on the discriminating and representivenss ability on the target environment

نتیجه‌گیری نهایی

در مجموع، بررسی دقیق‌تر نتایج حاصل از آماره‌های ناپارامتری حاکی از آن بود که دو ژنوتیپ Wc-4592 و Pishtaaz، توسط دو آماره $Si^{(2)}$ و $Si^{(2)}$ به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند. درحالی‌که آماره‌های $Si^{(3)}$ و $Si^{(6)}$ ژنوتیپ‌های Pishgam و Wc-5001 را به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار معرفی نمودند. بر مبنای آماره $NPi^{(1)}$ ، ژنوتیپ Wc-4612 و با توجه به آماره‌های $NPi^{(2)}$ ، $NPi^{(3)}$ و $NPi^{(4)}$ پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. نتایج حاصل از تجزیه پایداری چند متغیره نشان داد که GGE بای پلات روش مناسبی برای گزینش هم‌زمان پایداری و عملکرد ارقام و لاین‌ها است. رقم Pishtaaz به دلیل داشتن رتبه اول از نظر پارامترهای موردبررسی و نیز خاصیت نانوایی مناسب و

قابلیت تمایز نمی‌توانند اطلاعات مفیدی در مورد ارقام ارائه دهند (Yan and Kang., 2003). ارزیابی بردارهای محیطی برای مناطق موردبررسی نشان داد که تمامی محیط‌های موردبررسی نشان داد که تمامی محیط‌ها به‌استثنای محیط E2 (عدم تنش سال اول) از طول بردار محیطی بلندی برخوردار بودند بنابراین به‌جز محیط E2، تمامی محیط‌ها از قابلیت تمایز بالایی برخوردار بودند و می‌توانند آزمایش‌های بررسی ارقام، لاین‌های مورد ارزیابی را به‌خوبی متمایز کنند. احمدی و همکاران (Ahmadi et al., 2012)، ۳۵ لاین امیدبخش گندم را در ۷ مکان و طی سه سال را مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها با استفاده از روش GGE بای پلات مکان‌های موردبررسی را به سه محیط تقسیم کرده و برای هر محیط یک ژنوتیپ برتر معرفی کردند. هنگامی که صحبت از محیط‌های مطلوب می‌شود، منظور محیط‌هایی هستند که از بیشترین قابلیت در شناسایی ژنوتیپ‌های برتر برخوردار هستند.



شکل ۴. بای پلات روابط بین محیط‌ها و مقایسه محیط‌ها از نظر قابلیت تفکیک بین ژنوتیپ‌ها در مقابل نماینده بودن آن‌ها

Fig. 4. Biplot which shows the relationship among different environments and discriminative representative of testers

در روش بای پلات زاویه بین بردار محیطی و محور مختصات محیط متوسط (AEC) به‌عنوان یک مقیاس برای تعیین میزان بیانگری یک محیط ایده‌آل در نظر گرفته می‌شود. هر چه این زاویه کوچک‌تر باشد میزان بیانگری کوچک‌تر بوده و محیط موردنظر نماینده بهتری از محیط‌های بزرگ هدف خواهد بود. در این بررسی محیط‌های E5 و E6 در سال سوم دارای بیشترین مقدار بیانگری بودند (شکل ۵).

سیاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاران گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه و هم‌چنین تکنسین‌های دخیل در این پروژه تحقیقاتی که نهایت همکاری را در فراهم آوردن امکانات لازم در اجرای این تحقیق به عمل آوردند تشکر و قدردانی می‌شود.

مقاومت به خشکی مطلوب، به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ قابل معرفی است. در مجموع، با توجه به تغییرات اقلیمی در کشور به‌ویژه در شرایط دیم، لزوم استفاده از ارقام پایدار با پتانسیل عملکرد بالا همواره مطرح است. با توجه به بررسی‌های انجام‌گرفته در این پژوهش پیشنهاد می‌گردد که از سه لاین Wc-4582، Wc-5001 و Wc-4840 در کنار دو رقم Pishgam و Pishtaaz که از پایداری بالایی برخوردار بودند، در جهت تولید ارقام پایدار جدید برای شرایط دیم منطقه موردبررسی استفاده گردد.

منابع

- Ahmadi, J., Mohammadi, A., Najafi Mirak, T., 2012. Targeting promising bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) lines for cold climate growing environments using AMMI and SREG GGE biplot analyses. *Journal of Agricultural Science and Technology (JAST)*. 14(3), 645-657.
- Amiri Oghan, H., Zeinalzadeh-Tabrizi, H., Fanaei, H. R., Kazerani, N. KH., Ghodrati, Gh. R., Danaie, M. B., 2019. Stability study of seed yield in promising lines of spring oilseed rape in Southern- worm regions of Iran. *Journal of Crop Breeding*. 11, 42-54 [In Persian with English summary].
- Abdulahi, A., Mohammadi, R., Pourdard, S., 2007. Evaluation of safflower (*Carthamus* spp.) genotypes in multi-environment trials by nonparametric methods. *Asian Journal of Plant Science*. 6, 827-832.
- Aghaee-Sarbarzeh, M., Bahari, M., Farzadi, B., Andarzian, M., Dastfal, T., NajafiMirak, T., 2014. Evaluation of grain yield and its stability in durum wheat genotypes in warm and dry areas of Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 16, 1-11. [In Persian with English summary].
- Akmal, C., Gunarsih, M., Samaullah, M.Y., 2014. Adaptation and stability of aromatic rice lines in North Sumatera. *Food Crop Research Journal*. 33(1), 9-16.
- Farshadfar, E., Poursiahbidi, M., Jasemi, M., 2012. Evaluation of phenotypic stability in bread wheat genotypes using GGE-biplot. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 4(13), 904-910.
- Fasahat, P., Mohammad, K., Abdullah, A., Rahman, B.M.A., Siing, N. M., Gauch, J.H.G., Ratnam, W., 2014. Genotype \times Environment assessment for Grain quality traits in Rice. *Communications in Biometry and Crop Science*. 9(2), 71 - 82.
- Fernandez, G.C.J., 1991. Analysis of Genotype Environment interaction by Stability estimates. *Horticultural Sciences*. 27, 947-950.
- Flores, F., Moreno, M.T., Cubero, J. I., 1998. A comparison of univariate and multivariate methods to analyze G \times E interaction. *Field Crop Research*. 56, 271-286.
- Gabriel, K.R., 1971. The biplot Graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*. 58, 453-467.
- Karakus, M., Yildirim, U.A., 2019. GGE biplot analysis of genotype \times environment interaction in soybean grown as a second crop. *Turkish Journal of Field Crops*. 24, 145-154
- Kaya, Y., Taner, S., 2003. Estimating genotypic ranks by nonparametric stability analysis in bread Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Central European Agriculture*. 4, 47-53.
- Mostafsvi, A., Mohammadi, R., 2018. Evaluation of yield stability of winter barley varieties (*Hordeum vulgare* L.) using additive main effects and multiplicative interaction method. *Journal of Crop Production*. 11(2), 185-195 [In Persian with English summary].
- Makumbi, D., Diallo, A., Kanampiu, K., Mugo, S., Karaya, H., 2015. Agronomic performance and genotype \times environment interaction of herbicide-resistant maize varieties in Eastern Africa. *Crop Science*. 55, 540-555.
- Mohammadi, R., Armion, M., Sadeghzadeh, B., Golkari, S., Khalilzadeh, Gh., Ahmadi, H., Abedi-Asland, Gh., Eskandari, M., 2016.

- Assessment of grain yield Stability and adaptability of rainfed Durum Wheat breeding lines. *Applied Field Crops Research*. 29, 25-42. [In Persian with English summary].
- Mohammadi, R., Amri, A., 2013. Genotype \times environment interaction and genetic improvement for yield and yield stability of rainfed durum wheat in Iran. *Euphytica* 192, 227–249.
- Moslemi, M., Roustaii, V., Rashidi, V., 2012. Evaluation of grain yield and yield components in bread Wheat Genotypes under different moisture regimes. *Seed Plant Improvement Journal*. 28, 611–630. [In Persian with English summary].
- Nassar, R., Huhn, M., 1987. Studies on Estimation of phenotypic stability: Tests of significance for nonparametric measures of phenotypic stability. *Biometrics*. 43, 45-53.
- Omran, S., Naji, A.M., Esmail Zadeh Moghadam, M., 2017. Yield stability analysis of promising bread wheat lines in southern warm and dry agro-climatic zone of Iran using GGE biplot model. *Journal of Crop Breeding*. 9, 157-165. [In Persian with English summary].
- Pourdad, S., Jamshid-Mogaddam, S.M., 2013. Study on Genotype \times Environment Interaction through GGE Biplot for seed yield in Spring rapeseed (*Brassica Napus* L.) in rainfed condition. *Journal of Crop Breeding*. 12, 1- 14 [In Persian with English summary].
- Ramos, J.E.U., Brogin, R.L., Godinho, V.P.C., Botelho, F.J.E., Tardin, V., Teodoro, P.E., 2017. Identification of soybean genotypes with high stability for the Brazilian macro-region 402 via biplot analysis. *Genetics and Molecular Research*. 16, 1-10.
- Saremi Rad, A., Mostafavi, Kh., Mohammadi, A., 2015. Genotype-environment interaction study base GGE biplot method for kernel yield in sunflower (*Helianthus annus* L.) cultivars. *Journal of Crop Breeding*. 12(34), 43-53. [In Persian with English summary].
- Sattari, A., Solouki, M., Bagheri, N., Fakheri, B., Nabipour, A., 2019. Analysis of genotype, environment interaction and grain yield stability of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes in Mazandaran province. *Journal of Crop Breeding*. 11, 1-10. [In Persian with English summary].
- Sharma, R.C., Morgounov, A.I., Braun, H.J., Akin, B., Kese, M., Bedoshvili, D., Bagci, C., Ginkel, M., 2010. Identifying high yielding stable winter wheat genotypes for irrigated environments in central and west Asia. *Euphytica*. 171, 53-64.
- Thenarasu, 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.
- Yan, W., 2001. GGE biplot-widow's application for graphical analysis of Multi Environment trial data and other types of two-way data. *Agronomy Journal*. 93, 1111–1118.
- Yan, W., Hunt, L.A., Sheng, Q., Szlavincs, Z., 2003. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Science*. 40(3), 597-605.
- Yan, W., Kang, M.S., 2003. GGE biplot analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists and Agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Yan, W., Kang, M.S., Woods, B., Ma. S., Cornelius, P L., 2007. GGE biplot vs. AMMI analysis of Genotypeby Environment data. *Crop Sci*. 47, 643 - 653.
- Yan, W., Pageau, D., Frégeau-Reid J.A., Durand, J., 2011. Assessing the representativeness and repeatability of test locations for genotype Evaluation. *Crop Science*. 51, 1603–1610.