

بررسی عملکرد دانه و برخی از صفات مهم زراعی در ژنوتیپ‌های بهاره خزانه بین‌المللی گندم مناطق معتدل کشور

Evaluation of grain yield and some important agronomic traits in spring wheat international nurseries in moderate climate regions of Iran

فرشاد بختیار^{۱*}، نوید شارسودا^۲، سعید باقری کیا^۳

۱. استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، کرج، ایران. (*نگارنده مسئول)
۲. محقق موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، کرج، ایران.
۳. استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۱۸ شناسانه برنمود رقمی: 10.22092/aj.2021.125628.1387

چکیده

بختیار، ف.، شارسودا، ن.، باقری کیا، س.، بررسی عملکرد دانه و برخی از صفات مهم زراعی در ژنوتیپ‌های بهاره خزانه بین‌المللی گندم مناطق معتدل کشور

نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۳ - شماره ۴ - پایبند ۱۲۹ زمستان ۱۳۹۹ صفحه: ۴۰-۶۱

در آزمایش‌های چندمکانی به علت وجود اثر متقابل ژنوتیپ در محیط گزینش ژنوتیپ‌های دارای سازگاری وسیع در مکان‌های مختلف دشوار بوده و استفاده از روش GGE با پلات می‌تواند سودمند باشد. هدف از انجام این پژوهش گزینش لاین‌های برتر گندم نان بهاره با عملکرد دانه بالا، مقاوم به بیماری‌ها و دارای صفات مطلوب زراعی از میان خزانه دریافتی از مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ICARDA) در اقلیم معتدل کشور بود. برای این منظور ۵۰ ژنوتیپ گندم نان در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو تکرار در سه ایستگاه کرج، کرمانشاه و زرقان مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر متقابل ژنوتیپ در محیط از نظر آماری معنی‌دار بود. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نشان داد که ژنوتیپ شماره ۳۲ با عملکرد ۶/۴۸۹ تن در هکتار بیشترین عملکرد و ژنوتیپ شماره ۲۵ با عملکرد ۴/۷۲۸ تن در هکتار کمترین عملکرد را داشتند. بررسی هم‌زمان پایداری و عملکرد ژنوتیپ‌ها با استفاده از پلات مختصات محیط متوسط نشان داد که ژنوتیپ‌های ۳۲، ۱۸، ۲۴، ۲۸، ۳۱، ۱۴، ۳۳، ۱۹، ۲۹ و ۲ دارای بالاترین عملکرد بودند که از میان آن‌ها، ژنوتیپ‌های ۳۲، ۱۸، ۲۴، ۱۴، ۲۹ و ۲ سازگارتر بوده و دارای عملکرد دانه پایدارتری بودند. نهایت با در نظر گرفتن واکنش به بیماری و سایر خصوصیات مطلوب مورد نظر، تعداد هشت ژنوتیپ با شماره‌های ۳۲، ۲۴، ۲۸، ۱۴، ۳۳، ۱۹، ۲۹ و ۲ به عنوان لاین‌های برتر گزینش و به آزمایش مقایسه عملکرد مقدماتی سراسری اقلیم معتدل برای مطالعات تکمیلی هدایت شدند.

واژه های کلیدی: پلات، تنوع، سازگاری، گزینش، گندم نان

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: f_bakhtiar2002@yahoo.com

مقدمه

تنوع و گزینش دو رکن اصلی هر برنامه به‌نژادی بوده و انجام گزینش منوط به وجود تنوع مطلوب از نظر هدف مورد بررسی است (Poehlman, 2013). برای بهره‌مندی از تنوع موجود و ایجاد تغییرات جدید، ارزیابی ذخایر ژرم‌پلاسم ضروری به نظر می‌رسد (Singh, 2015). گندم از نظر خصوصیات مختلف کمی و کیفی، سازگاری با عوامل محیطی و انواع مقاومت‌ها دارای تنوع ژنتیکی وسیعی است (Poehlman, 2013). بررسی تنوع ژنتیکی گندم به‌نژادگران را در شناسایی ظرفیت ژنتیکی صفات مرتبط با اهداف به‌نژادی مهم آن یاری می‌نماید (Reif et al., 2005).

ظهور هر فنوتیپ حاصل عوامل ژنتیکی و محیطی است (Kang, 1997). در اکثر برنامه‌های به‌نژادی با وجود آزمایش‌های دقیق و گزینش‌های بعد از آن، وجود اثر متقابل ژنوتیپ در محیط باعث ایجاد ناپایداری در میزان عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف گردیده و بهبود صفات کمی از جمله عملکرد دانه را با مشکل جدی مواجه ساخته است (Kang, 2002). اثر متقابل ژنوتیپ در محیط حاصل پاسخ یک واریته به تغییرات موجود در محیط است (Roozeboom et al., 2008). به عبارت دیگر لزوماً بهترین ژنوتیپ در یک محیط، در محیط دیگر بهترین ژنوتیپ نیست (Mohammadi et al., 2015). اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای به‌نژادگران اهمیت ویژه‌ای داشته و یکی از مسائل پیچیده برنامه‌های به‌نژادی برای گزینش ژنوتیپ پرمحصول و سازگار است؛ بنابراین آگاهی از

ماهیت اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و بررسی میزان سازگاری و پایداری در ارزیابی ارقام جدید تحت محیط‌های مختلف یک ضرورت محسوب می‌شود (Yan et al., 2010). محیط شامل مجموعه شرایط آب و هوایی، خاک، موجودات زنده و شرایط مدیریتی است که در تولید یک محصول زراعی دخیل هستند (Kang, 1997).

روش‌های مختلفی برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و تعیین ژنوتیپ‌های سازگار ارائه شده که شامل روش‌های تک متغیره، چند متغیره و ناپارامتری هستند (Elias et al., 2016). روش GGE بای‌پلات یکی از پرکاربردترین روش‌های چند متغیره در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط است که بر مبنای تجزیه به مولفه‌های اصلی انجام می‌شود (Kang, 2002). در این روش اثر اصلی ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط از هم تفکیک نشده و گزینش ارقام سازگار و دارای پایداری عملکرد بر اساس هر دو اثر به صورت هم‌زمان و با استفاده از نمودارهای گرافیکی مورد بررسی قرار می‌گیرد و به به‌نژادگران نشان خواهد داد که کدام رقم در کدام محیط یا زیر گروه از پتانسیل بالاتری برخوردار است (Yan & Kang, 2002). همچنین استفاده از این روش امکان بررسی روابط میان محیط‌ها و شناسایی محیط‌های هدف در برنامه‌های به‌نژادی را میسر می‌سازد (Mohammadi et al., 2010). در آزمایش‌های چند محیطی از روش GGE بای‌پلات به عنوان یک روش کارآمد در گزینش ارقام و لاین‌های مناسب گندم نان

گندم نان در اقلیم معتدل کشور بود.

مواد و روش ها

به منظور گزینش لاین های برتر از مواد گیاهی خزانه (Elite Spring) 17thESBWYT (Bread Wheat yield Trial) در یافتی از مرکز بین المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ICARDA) تعداد ۵۰ ژنوتیپ گندم نان بهاره (با احتساب رقم پارسی به عنوان شاهد) در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با دو تکرار در سه ایستگاه کرج، کرمانشاه و زرقان مربوط به اقلیم معتدل کشور مورد بررسی قرار گرفتند. مشخصات جغرافیایی ایستگاه های تحقیقاتی مذکور در جدول ۱ و شجره ژنوتیپ های مورد ارزیابی در جدول ۲ به نمایش در آمده است. در محیط های مذکور آزمایش ها به صورت یکنواخت به اجرا درآمدند. در آزمایش های فوق تراکم کشت ۴۰۰ دانه در مترمربع بود و هر رقم و لاین روی دو پشته و هر پشته شامل سه خط به طول چهار متر و با فواصل خطوط ۲۰ سانتی متر در نظر گرفته شدند (مساحت هر کرت ۴/۸ مترمربع). مساحت برداشت پس از حذف نیم متر از بالا و پایین هر کرت، ۳/۶ متر مربع بود. میزان کودهای شیمیایی مصرفی بر اساس آزمون خاک تعیین گردید که تمامی کود پتاس از منبع سولفات پتاسیم و تمامی کود فسفات از منبع فسفات آمونیوم به صورت پایه و کود ازته از منبع اوره در دو نوبت پایه و سرک در ابتدای رشد بهاره در مرحله شروع ساقه دهی به زمین داده شد. روش آبیاری نشتی و دو نوبت در پاییز و پنج نوبت آبیاری بهاره بود. بذور قبل

Ahmadi et al., 2012; Mohammadi et al., 2016a; Omrani et al., 2017; Esmaeilzadeh Moghaddam et al., 2018) گندم دوروم (Mohammadi et al., 2016b; Najafi Mirak Dehghani et al., 2006;) جو (et al., 2018 Dehghani et al.)، ذرت (Kochaki et al., 2012 Dehghani et al.)، نخود (Shahryari Nasab et al., 2015) (2009; Pourdad) (Farshadfar et al., 2013) گلرنگ (Zali) (Jamshid Moghaddam, 2013) کلزا (et al., 2016) و پنبه (Blanche & Myers, 2006) استفاده شده است.

همکاری های بین المللی و تبادل ژرم پلاسما از موثرترین راهبردهای تامین نیاز غذایی جمعیت جهانی در آینده هستند. این همکاری های چند جانبه تضمین کننده تبادل آزاد ژرم پلاسما و اطلاعات بوده و برای پیشرفت در یک برنامه به نژادی و ژنتیکی ضروری می باشند (Rubenstein & Heisey, 2003). از سال ۱۳۰۹ تا کنون بیش از ۱۱۰ رقم گندم در کشور اصلاح شده است که بعضی از آن ها با استفاده از روش معرفی توسط بخش تحقیقات غلات از مواد گیاهی بین المللی گزینش شده اند که می توان به ارقام بزوستایا، ناز، البرز، نوید، فلات، رسول، MV17، تجن، اترک، نیک نژاد، چمران، شیرودی، توس، مهرگان، زارع، افلاک، سیروان، بهاران، برات، رخشان، احسان، طلایی، سارنگ و تیرگان اشاره کرد (SPII, 2019 a, b). هدف از این پژوهش گزینش لاین های برتر از نظر عملکرد و سازگاری، مقاومت به بیماری ها و سایر صفات مطلوب زراعی از مواد گیاهی بین المللی جهت استفاده در برنامه های به نژادی

نیمه حساس (MS)، مقاوم (R)، نیمه مقاوم (MR) و (O) مصون ثبت گردید. این مقیاس از ۱۰۰-۰ درجه بندی شده است.

پس از انجام آزمون بارتلت و پی بردن به همگنی واریانس خطاهای آزمایشی در مکان‌های مختلف تجزیه مرکب و تجزیه پایداری با استفاده از روش چند متغیره GGE بای‌پلات انجام شد. مدل GGE بای‌پلات بر مبنای مقادیر ویژه تفکیک پذیر برای دو مؤلفه اول استوار است (Yan & Kang, 2002)، رابطه (۱).

$$Y_{ij} - \mu + \beta_j = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{j1} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{j2} + e$$

که Y_{ij} میانگین عملکرد ژنوتیپ i در محیط j ، μ میانگین کل، β_j میانگین اثر محیط j ، λ_1 و λ_2 مقادیر ویژه برای اولین و دومین مؤلفه اصلی، ξ_{i1} و ξ_{i2} بردارهای ویژه ژنوتیپی، η_{j1} و η_{j2} بردارهای محیطی مؤلفه اولین و دومین مؤلفه اصلی و ϵ_{ij} مقدار باقیمانده برای ژنوتیپ i ام در محیط j ام هستند.

در این تحقیق به منظور انجام تجزیه گرافیکی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط از نرم‌افزار GGE biplot4 و برای نمایش کلی داده‌ها و تجزیه خوشه‌ای با استفاده از نقشه هیت مپ از نرم‌افزار آنالاین heatmapper (<http://heatmapper.ca/expression/>) استفاده شد. در این نرم‌افزار تجزیه خوشه‌ای با استفاده از روش UPGMA و بر مبنای فاصله اقلیدسی (پس از استاندارد کردن داده‌ها) انجام گرفت. سایر تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و Excel انجام شدند.

نتایج و بحث

از کاشت، به منظور کنترل بیماری‌های قارچی با قارچ‌کش کاربوکسین تیرام ضد عفونی شدند. مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ با علف‌کش گرانستار (Granstar) به میزان ۲۰ گرم در هکتار و مبارزه با علف‌های هرز باریک برگ با علف‌کش پوماسوپر (Puma super) به میزان ۱/۲ لیتر در مرحله پنجه‌زنی تا ساقه رفتن انجام شد. عملیات زراعی تهیه زمین شامل شخم کلتشی در تابستان ۹۴، شخم بهاره در بهار سال ۹۵، یک نوبت دیسک، دو نوبت ماله به طور متقاطع، کودپاشی و ایجاد فارو بود. کاشت با استفاده از ماشین کاشت آزمایشات غلات وینتراشتاگر انجام گرفت. در طول دوره رشد علاوه بر مراقبت‌های زراعی، یادداشت‌برداری از کرت‌های آزمایشی شامل تعداد روز از کاشت تا ۵۰ درصد ظهور سنبله، تعداد روز تا ۵۰ درصد رسیدگی فیزیولوژیک و ارتفاع بوته انجام شد. طول دوره پر شدن از تفاضل تعداد روز تا رسیدگی از تعداد روز تا گلدهی به دست آمد؛ همچنین سرعت پر شدن دانه از طریق تقسیم حداکثر وزن دانه بر طول دوره پر شدن دانه حاصل شد (Egli, 2004). در پایان سال زراعی و پس از رسیدن محصول، برداشت با استفاده از کمباین آزمایشی مدل وینتراشتاگر (اتریش) انجام شد و میزان عملکرد و وزن هزار دانه هر ژنوتیپ در هر محیط با استفاده از ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد.

یادداشت‌برداری‌های مربوط به بیماری زنگ‌ها طبق مقیاس تغییر یافته (Peterson) Cobb (et al., 1948) و بر اساس دو مؤلفه تیپ آلودگی و شدت آلودگی انجام و به صورت حساس (S)،

ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها به منظور تفسیر موثر بای‌پلات و مطالعه وجود احتمالی گروه‌های محیطی در یک منطقه است (Yan et al., 2000). در این نمودار ژنوتیپ‌هایی که در رئوس چند ضلعی قرار می‌گیرند از لحاظ عملکرد دانه برترین یا ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها در یک یا چند محیط هستند، زیرا بیشترین فاصله را از مرکز بای‌پلات دارند (Yan & Kang, 2002). بررسی نمودار چند ضلعی به منظور تعیین ژنوتیپ‌های برتر در محیط‌های مختلف نشان داد در کرج ژنوتیپ ۳۱، در کرمانشاه ژنوتیپ ۳۲ و در زرقان ژنوتیپ شماره ۳۳ دارای بالاترین عملکرد بودند که همگی جزو ژنوتیپ‌های برتر از نظر عملکرد بودند در واقع دارای سازگاری عمومی و خصوصی مناسبی بودند (شکل ۲).

در نمودار بای‌پلات، تعیین کسینوس زاویه بین بردارهای محیطی تقریبی از همبستگی بین محیط‌ها است (Yan & Kang, 2002). بای‌پلات نمودار همبستگی بین محیط‌ها نشان داد که مکان کرمانشاه همبستگی مثبتی با دو مکان کرج و زرقان داشته است زیرا اگر زاویه بین بردارها کوچکتر از ۹۰ درجه باشد نشان از همبستگی مثبت بین محیط‌ها دارد، همچنین همبستگی ضعیفی بین محیط کرج و محیط زرقان مشاهده شد که این دو محیط تقریباً مستقل از هم عمل کرده اند زیرا وجود زاویه ۹۰ درجه بین بردارها بیانگر مستقل بودن محیط‌ها از یکدیگر است (Yan & Rajcan, 2002). در دو مکان کرج و زرقان قابلیت تمایز ژنوتیپ‌ها یکسان و بیشتر از کرمانشاه بود زیرا طول بردار محیطی، تقریبی از انحراف معیار درون هر محیط بوده و شاخصی

با انجام تجزیه واریانس مرکب برای صفت عملکرد دانه مشخص شد که اثر ژنوتیپ، محیط و ژنوتیپ در محیط از نظر آماری معنی‌دار است (جدول ۳). مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نشان داد که ژنوتیپ ۳۲ با عملکرد ۶/۴۸۹ تن در هکتار بیشترین عملکرد و ژنوتیپ ۲۵ با عملکرد ۴/۷۲۸ تن در هکتار کمترین عملکرد را داشتند (جدول ۴). میانگین کل عملکرد دانه در سه ایستگاه کرج، کرمانشاه و زرقان به ترتیب ۶/۵۸۹، ۵/۳۱۷ و ۴/۷۵۳ تن در هکتار بود. معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ در محیط نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌ها در محیط‌های متفاوت پاسخ‌های متفاوتی از خود نشان داده‌اند؛ در واقع عملکرد ژنوتیپ‌ها از محیطی به محیط دیگر متفاوت بوده است و اجازه تجزیه پایداری عملکرد و ارزیابی سازگاری ارقام را داشته‌ایم. رفتار متفاوت ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه در محیط‌های مختلف با استفاده از نقشه گرافیکی هیت مپ در شکل ۱ نشان داده شده است. در این نقشه گرافیکی از رنگ سبز برای نشان دادن بیشترین مقدار عملکرد و از رنگ قرمز برای کمترین مقدار عملکرد استفاده شده است. بنابراین هرچه رنگ سبز به سمت رنگ قرمز میل کند بیانگر کاهش عملکرد آن ژنوتیپ نسبت به میانگین عملکرد کل ژنوتیپ‌ها در آن محیط است. آنچه که مشخص است عدم مشاهده ژنوتیپی بود که در تمام محیط‌ها بالاترین عملکرد را داشته باشد (شکل ۱).

نمایش چند ضلعی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در آزمایش‌های چند محیطی بهترین راه برای مشاهده الگوهای اثرات متقابل بین

ژنوتیپی ایده آل است که دارای بیشترین عملکرد و سازگاری بوده و از نظر مکانی در مرکز دایره‌های هم‌مرکز بای‌پلات قرار دارد و میزان مطلوبیت ژنوتیپ‌ها به فاصله آن‌ها از مرکز بستگی دارد (Yan, 2001). بر این اساس ژنوتیپ‌های ۳۲، ۲۴، ۱۸، ۱۴، ۲۸، ۳۱، ۲۹، ۲ و ۱۹ به عنوان مطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها و ژنوتیپ‌های ۲۵، ۴۳، ۴۲، ۱۱، ۱۵، ۳۴، ۴۰، ۸، ۳۰ و ۴۷ به عنوان نامطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند (شکل ۵).

در تحقیق حاضر جهت گزینش نهایی ژنوتیپ‌ها، علاوه بر میزان عملکرد و سازگاری، معیارهای دیگری از جمله واکنش به بیماری‌های زنگ زرد، زنگ قهوه‌ای و سایر خصوصیات زراعی شامل وزن هزار دانه، تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، طول دوره پر شدن دانه، سرعت پر شدن دانه و ارتفاع بوته و سلامت بذر مورد توجه قرار گرفت. همچنین نسبت عملکرد ژنوتیپ‌ها به میانگین کل و به رقم پارسی (شاهد) محاسبه شد (جدول ۵). نتایج تجزیه خوشه‌ای برای تمامی صفات ژنوتیپ‌ها را به چهار دسته کلی تقسیم کرد (شکل ۶) بطوری که ژنوتیپ‌هایی که دارای عملکرد بالایی بودند در کنار رقم شاهد پارسی (ژنوتیپ شماره ۵۰) در خوشه شماره یک قرار گرفتند. خوشه شماره یک که اکثر ژنوتیپ‌های گزینش شده در آن قرار گرفتند دارای بیشترین عملکرد دانه، وزن هزار دانه، طول پر شدن دانه، ارتفاع و بالاترین عملکرد نسبت به میانگین کل و رقم شاهد پارسی بود. همچنین از نظر صفات سرعت پر شدن دانه، روزتا ظهور سنبله و روز

برای قابلیت تمایز ژنوتیپ‌ها در محیط‌ها محسوب می‌شود (شکل ۳). قابلیت تمایز از ویژگی‌های مهم هر محیط است، دریافت اطلاعات قابل استناد از ارقام و لاین‌ها منوط به قابلیت تمایز محیط است (Yan & Rajcan, 2002)

برای بررسی هم‌زمان پایداری و عملکرد ژنوتیپ‌ها از نمودار مختصات محیط متوسط (Average-environment coordination) استفاده شد (شکل ۴). در این نمودار که بای‌پلات میانگین در مقابل پایداری نیز نامیده می‌شود؛ محور افقی که دارای یک فلش است از دایره کوچکی که بیانگر میانگین محیط است و نیز مبداء مختصات می‌گذرد؛ تصویر ژنوتیپ‌ها روی این محور تقریبی از عملکرد ژنوتیپ‌ها می‌باشد که می‌توان آن را به عنوان محور محیط متوسط در نظر گرفت (Yan et al., 2000; Yan & Kang, 2003). بر همین اساس ژنوتیپ‌های ۳۲، ۱۸، ۲۴، ۲۸، ۳۱، ۱۴، ۳۳، ۱۹، ۲۹ و ۲ دارای بالاترین عملکرد بودند (شکل ۴). محور عمودی این نمودار نیز نشان دهنده اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بوده و سازگاری ارقام را تعیین می‌نماید. این محور عمودی که دارای دو فلش است و از مبداء مختصات عبور کرده است عمود بر محور میانگین محیط است. هر چقدر تصویر ژنوتیپ‌ها در دو سمت این محور کوتاه‌تر باشد، سازگاری آن‌ها نیز بیشتر است (Yan et al., 2000; Yan & Kang, 2003). بنابراین از میان ژنوتیپ‌هایی که دارای عملکرد بالایی بودند، ژنوتیپ‌های ۳۲، ۱۸، ۲۴، ۱۴، ۲۹ و ۲ سازگاری وسیع‌تری داشتند و دارای عملکرد دانه پایدارتری بودند (شکل ۴).

وجود داشت (جدول ۲). قفقاز رقمی است که در روسیه معرفی شده و از مسیرهای متعددی در برنامه‌های به‌نژادی سراسر دنیا توزیع شده است (Graybosch et al., 2001). نکته قابل توجه در رقم قفقاز وجود بازوی کوتاه کروموزوم شماره ۱ چاودار (IRS) در ریخته ژنتیکی آن است که یکی از موفق‌ترین منابع خارجی استفاده برای بهبود ویژگی‌های گندم بوده است و به طور گسترده‌ای در برنامه‌های به‌نژادی جهان مورد استفاده قرار گرفته است (Berzonsky & Francki, 1999). گندم‌هایی با جابجایی 1BL.1RS برای اولین بار در دهه ۱۹۳۰ شناسایی شدند و قفقاز از مهم‌ترین واریته‌های گندم در جهان است که دارای این جابجایی کروموزومی است که حضور آن در شجره بیش از ۸۰ رقم تجاری گندم نان حاوی جابجایی کروموزومی 1BL.1RS، تایید شده است (Trubacheeva et al., 2011). گندم‌هایی با جابجایی 1BL.1RS دارای ژن‌های مقاومت Lr26 مربوط به بیماری زنگ قهوه‌ای (*Puccinia triticina*)، Sr31 مربوط به بیماری زنگ سیاه (*Puccinia graminis*)، Yr9 مربوط به بیماری زنگ زرد (*Puccinia striiformis*) و همچنین ژن‌های Pm8 و Pm17 مربوط به بیماری سفیدک پودری (*Erysiphe graminis*) هستند (Rabinovich, 1998; Bagherikia et al., 2013). علاوه بر مقاومت به بیماری‌ها این جابجایی باعث افزایش عملکرد دانه، افزایش وزن بذر و زیست‌توده تر می‌شود (Trubacheeva et al., 2011). افزایش وزن زیست‌توده ریشه و تطابق پذیری (Plasticity) ریشه، موجب افزایش ظرفیت عملکرد دانه در شرایط مختلف محیطی

تا رسیدگی نسبت به برخی گروه‌ها و نسبت به میانگین کل از وضعیت مطلوب‌تری برخوردار بود (جدول ۶). در شرایط عادی که احتمال وقوع تنش‌های زیستی و غیر زیستی وجود ندارد و گیاه دچار خوابیدگی نمی‌شود، مراحل فنولوژی طولانی‌تر از قبیل تعداد روزهای بیشتر تا گلدهی، رسیدگی فیزیولوژیک و طول دوره پر شدن دانه باعث تولید عملکرد بیشتری می‌شود (Camargo et al., 2016). تاثیر مثبت وزن هزار دانه بر عملکرد دانه گندم در بسیاری مطالعات گزارش شده است اما اظهار نظر دقیق‌تر با در نظر گرفتن سایر اجزای عملکرد شامل تعداد دانه در سنبله، اندازه دانه و تعداد پنجه در بوته انجام می‌شود (Simmonds et al., 2014). همچنین زمانی که گیاه پیش از گلدهی و در زمان باروری با تنش‌ها مواجه شود، تنش باعث کاهش باروری شده و در نهایت بر تعداد دانه تأثیر می‌گذارد، در حالی که در تنش‌هایی که پس از گلدهی و در طی پر شدن دانه اتفاق می‌افتند، وزن دانه تحت تاثیر قرار می‌گیرد (Jagadish et al., 2015). با در نظر گرفتن کلیه اطلاعات موجود از میان ده ژنوتیپ با شماره‌های ۳۲، ۱۸، ۲۴، ۲۸، ۳۱، ۱۴، ۳۳، ۱۹، ۲۹ و ۲ که به عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا شناسایی شده بودند، هشت ژنوتیپ با شماره‌های ۳۲، ۲۴، ۲۸، ۱۴، ۳۳، ۱۹، ۲۹ و ۲ به عنوان لاین‌های برتر گزینش و به آزمایش مقایسه عملکرد مقدماتی سراسری اقلیم معتدل برای مطالعات تکمیلی هدایت شدند. بررسی شجره ارقام گزینش شده نشان داد که رقم گندم قفقاز (KAUZ) در شجره پنج ژنوتیپ با شماره‌های ۳۲، ۲۸، ۱۴، ۳۳ و ۱۹

نشان داد که ژنوتیپ‌های ۳۲، ۱۸، ۲۴، ۲۸، ۳۱، ۱۴، ۳۳، ۱۹، ۲۹ و ۲ سازگارتر بوده و دارای بالاترین عملکرد بودند که از میان آن‌ها، ژنوتیپ‌های ۳۲، ۱۸، ۲۴، ۱۴، ۲۹ و ۲ دارای عملکرد دانه پایدارتری بودند. در نهایت با در نظر گرفتن واکنش به بیماری‌های زنگ زرد، زنگ قهوه‌ای و سایر خصوصیات مطلوب مورد نظر، تعداد هشت ژنوتیپ با شماره‌های ۳۲، ۲۴، ۲۸، ۱۴، ۳۳، ۱۹، ۲۹ و ۲ به عنوان لاین‌های برتر گزینش و به آزمایش مقایسه عملکرد مقدماتی سراسری اقلیم معتدل برای مطالعات تکمیلی هدایت شدند. امید است در سال‌های آینده در برنامه‌های به‌نژادی گندم نان در اقلیم معتدل کشور از لاین‌های گزینش شده در این پژوهش پس از آزمایش‌های مقدماتی و سازگاری، رقمی جدید معرفی گردد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاری صمیمانه بخش تحقیقات غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج و همچنین کلیه محققین، کارشناسان و تکنسین‌هایی که در کلیه مراحل اجرای این پژوهش نقش داشته‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود.

و تحمل خشکی است (Sharma et al., 2010). رقم قفقاز در شجره بسیاری ارقام تجاری ایران از جمله الموت، دز، هامون، کرج ۲، شهریار، اترک، کراس شاهی، رسول، فلات، آذر ۲، معراج، قابوس، رخشان، سیوند وجود دارد (SPII, 2019 a, DARI, 2020). حضور جابجایی کروموزومی گندم-چاودار IBL.IRS در چهار رقم گندم نان ایران شامل دز، رسول، اترک و فلات گزارش شده است که در شجره خود رقم قفقاز را داشته‌اند (Bagherikia et al., 2014). بر اساس گزارش دیگری ۳۸ درصد ژنوتیپ‌هایی که رقم قفقاز را در شجره خود داشته‌اند حاوی جابجایی کروموزومی گندم-چاودار IBL.IRS بوده‌اند (Trubacheeva et al., 2011).

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش ۵۰ ژنوتیپ گندم نان دریافتی از مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ICARDA) از نظر عملکرد دانه، مقاوم به بیماری‌های زنگ زرد و قهوه‌ای و صفات مطلوب زراعی در سه ایستگاه اقلیم معتدل (کرج، کرمانشاه و زرقان) مورد مطالعه قرار گرفتند. اثر متقابل ژنوتیپ در محیط از نظر آماری معنی‌دار بود و ژنوتیپ شماره ۳۲ با عملکرد ۶/۴۸۹ تن در هکتار بیشترین عملکرد و ژنوتیپ شماره ۲۵ با عملکرد ۴/۷۲۸ تن در هکتار کمترین عملکرد را داشتند. نتایج بای‌پلات چند ضلعی نشان داد در کرج ژنوتیپ شماره ۳۱، در کرمانشاه ژنوتیپ شماره ۳۲ و در زرقان ژنوتیپ شماره ۳۳ دارای بالاترین عملکرد بودند. بررسی هم‌زمان سازگاری عمومی و عملکرد ژنوتیپ‌ها با استفاده از بای‌پلات مختصات محیط متوسط

جدول ۱- ویژگی های جغرافیایی و هواشناسی مکان های آزمایشی

Table 1. Geographical and meteorological characteristics of the experimental locations

مکان	ارتفاع از سطح دریا	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	میانگین دمای سالیانه	میانگین بارندگی سالیانه
Location	Altitude (m)	Longitude	Latitude	Average annual temperature (°C)	Average annual rainfall (mm)
کرج Karaj	1300	57° 50' E	35° 48' N	15.91	250
کرمانشاه Kermanshah	1346	47° 26' E	34° 08' N	14.14	461
زرقان Zarghan	1596	29° 46' E	52° 42' N	18.97	311

جدول ۲- شماره و شجره ژنوتیپ های گندم نان.

Table 2. Entry number and pedigrees of bread wheat genotypes.

شماره	شجره
No	Pedigree
1	SERI.1B*2/3/KAUZ*2/BOW//KAUZ/4/KAUZ/FLORKWA-1
2	ATENA-1//MILAN/DUCULA
3	PASTOR-2/3/SHUHA-7//SERI 82/SHUHA'S'
4	HUBARA-1/5/CHEN/AEGILOPS SQUARROSA (TAUS)//BCN/3/VEE#7/BOW/4/PASTOR
5	SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMAD/4/SHUHA-7//SERI 82/SHUHA'S'
6	VEE7/KAUZ//PFAU/MILAN
7	ATTILA*2/PBW65//PFAU/MILAN
8	SERI.1B*2/3/KAUZ*2/BOW//KAUZ/4/TEVEE'S'/BOBWHITE #1
9	SERI.1B*2/3/KAUZ*2/BOW//KAUZ/4/PFAU/MILAN
10	SHUHA-4//NS732/HER/3/MILAN/DUCULA
11	JAWAHIR-1/GIRWILL-5
12	SIDS-1//ATTILA*2/RAYON
13	ATTILA*2/RAYON//CATBIRD-1
14	SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMAD/4/KAUZ/GYS//KAUZ
15	SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMAD/4/PFAU/MILAN
16	SERI.1B//KAUZ/GEN/3/AMAD/4/TEVEE'S'/SHUHA'S'
17	SERI.1B*2/3/KAUZ*2/BOW//KAUZ/4/HUBARA-13
18	CHAM-4/MUBASHIR-9
19	SERI.1B*2/3/KAUZ*2/BOW//KAUZ/4/SHIHAB-7
20	WATAN-7/SEKHRAH-2
21	PASTOR-5/SHIHAB-5
22	CHIL/CHUM18//ATTILA*2/RAYON
23	SERI.1B*2/3/KAUZ*2/BOW//KAUZ/4/KAUZ/GYS//KAUZ/5/MUNIA/ALTAR 84//MILAN
24	GOUBARA-1/ANGI-1//QAFZAH-21
25	QIMMA-12/REBWAH-13/3/NG8675/CBRD//MILAN
26	HOOSAM-8//CHAM-6/FLORKWA-2/3/ICARDA-SRRL-3
27	VEE7/KAUZ//PFAU/MILAN/3/MILAN/PASTOR
28	KATILA-8/4/SKAUZ/BAV92/3/CROC-1/AE.SQUARROSA (224)//OPATA/5/MUNIA/ALTAR 84//MILAN
29	P1.861/RDWG//PBW343/3/MUNIA/ALTAR 84//AMSEL
30	ATTILA*2/CROW/3/KAUZ//KAUZ/STAR/4/ATTILA 50Y//ATTILA/BCN/3/SEKSAKA-1
31	SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMAD/4/CHAM-6/WW 1402/5/ICARDA-SRRL-8
32	SERI.1B*2/3/KAUZ*2/BOW//KAUZ/6/LFN/II58.57//PRL/3/HAHN/4/KAUZ/5/KAUZ
33	SERI.1B*2/3/KAUZ*2/BOW//KAUZ/4/KAUZ/FLORKWA-1
34	PASTOR-2/3/SHUHA-7//SERI 82/SHUHA'S'
35	HOOSAM-8//CHAM-6/FLORKWA-2
36	SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMAD/4/MNCH/3*BCN
37	KAUZ'S'/SERI/4/SERI.1B*2/3/KAUZ*2/BOW//KAUZ
38	P1.861/RDWG//DAJAJ-10
39	SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMAD/4/WEAVER/JACANA
40	SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMAD/4/ESDA/SHWA//BCN
41	SERI 82/SHUHA'S'//GRU90-204782/3/MUNIA/CHTO//MILAN
42	FLORKWA-2//MILAN/PASTOR
43	HUBARA-16/4/PASTOR/3/KAUZ*2/OPATA//KAUZ
44	WHEATEAR/22SAWSN - 156
45	TRACHA-2/SHUHA-3/3/SHUHA-7//SERI 82/SHUHA'S'
46	CHILERO-1/4/VEE'S'/3/HORK/4MH//KAL-BB/5/STAR'S'/FLORKWA-2
47	SERI.1B*2/3/KAUZ*2/BOW//KAUZ/4/FLORKWA-2
48	TUJAR
49	TERBOL
50	LOCAL CHECK: Parsi

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان.

Table 3. Combined analysis of variance for grain yield of bread wheat genotypes.

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF	میانگین مربعات MS
مکان Place	2	88.43**
بلوک (مکان) Block (Place)	3	1.39**
ژنوتیپ Genotype	49	1.27**
ژنوتیپ × مکان Genotype × Place	98	0.48*
خطا Error	147	0.34
ضریب تغییرات (درصد) CV%	10.52	

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

* and **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively

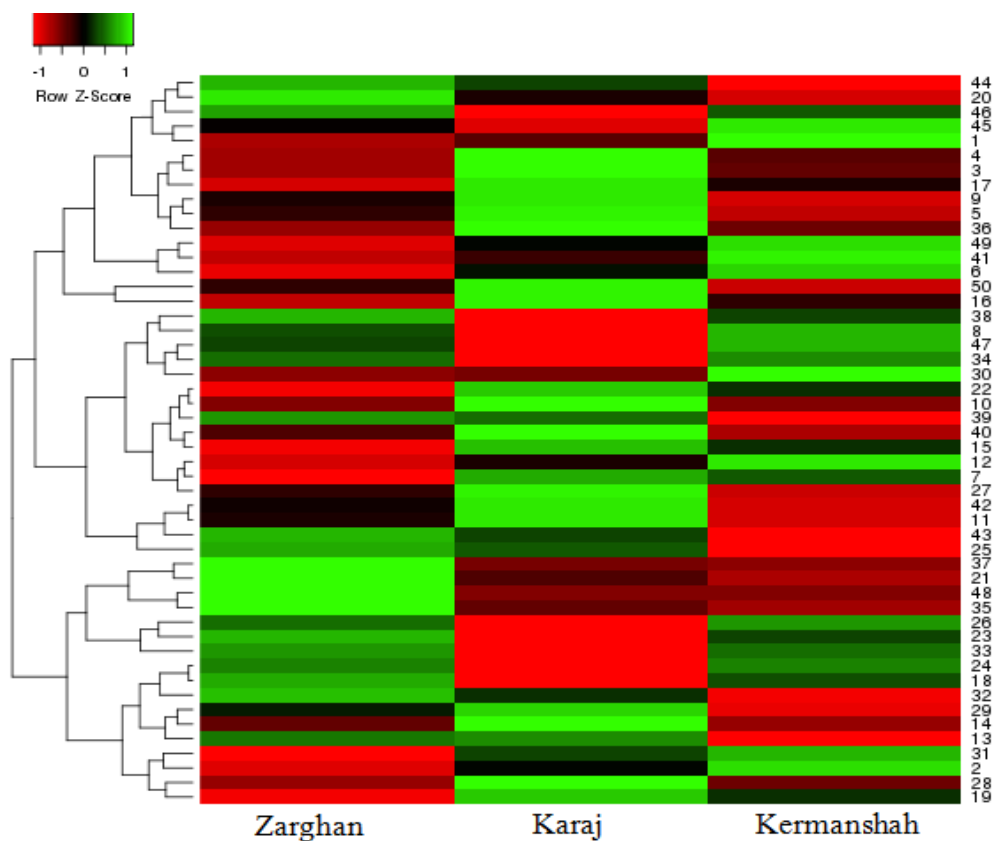
جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان در مکان‌ها مطالعه شده.

Table 4. Mean comparison of grain yield for bread wheat genotypes across the studied locations.

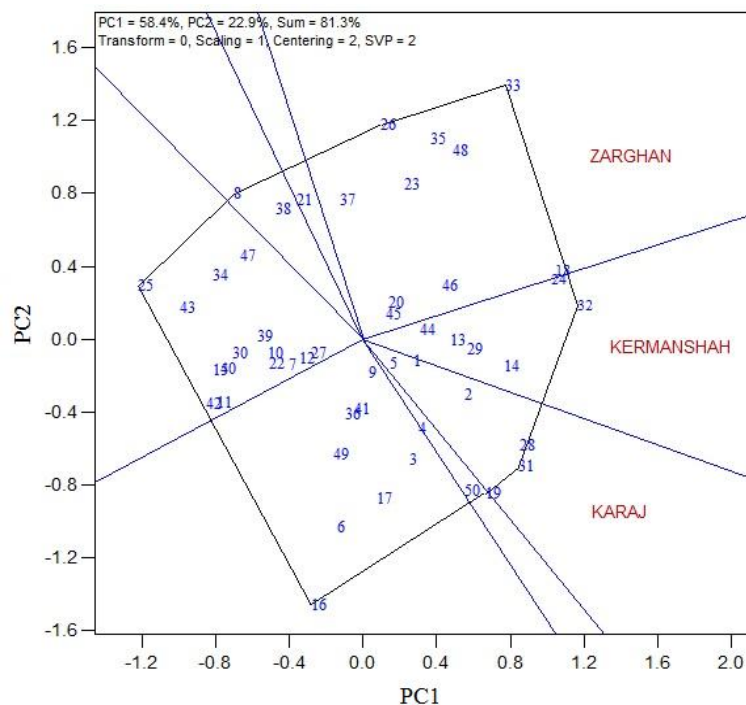
شماره No	عملکرد (تن در هکتار) Yield (ton ha ⁻¹)	شماره No	عملکرد (تن در هکتار) Yield (ton ha ⁻¹)
1	5.716 ^{a-k}	26	5.516 ^{b-l}
2	5.944 ^{a-l}	27	5.351 ^{d-l}
3	5.794 ^{a-j}	28	6.253 ^{abc}
4	5.817 ^{a-h}	29	6.005 ^{a-l}
5	5.684 ^{a-k}	30	4.949 ^{h-l}
6	5.344 ^{d-l}	31	6.161 ^{a-d}
7	5.246 ^{c-l}	32	6.489 ^a
8	4.92 ^{kl}	33	6.051 ^{a-e}
9	5.608 ^{b-l}	34	4.896 ^{kl}
10	5.161 ^{l-l}	35	5.887 ^{a-l}
11	4.998 ^{g-l}	36	5.509 ^{b-l}
12	5.270 ^{e-l}	37	5.484 ^{b-l}
13	5.966 ^{a-l}	38	5.154 ^{l-l}
14	6.16 ^{a-d}	39	5.132 ^{l-l}
15	4.931 ^{l-l}	40	4.978 ^{h-l}
16	5.406 ^{c-l}	41	5.433 ^{c-l}
17	5.646 ^{a-k}	42	4.961 ^{h-l}
18	6.336 ^{ab}	43	4.845 ^{kl}
19	6.075 ^{a-e}	44	5.804 ^{a-l}
20	5.682 ^{a-k}	45	5.623 ^{a-k}
21	5.323 ^{d-l}	46	5.87 ^{a-g}
22	5.164 ^{l-l}	47	4.984 ^{h-l}
23	5.685 ^{a-k}	48	5.956 ^{a-l}
24	6.316 ^{ab}	49	5.355 ^{d-l}
25	4.728 ^l	50	6.102 ^{a-e}

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

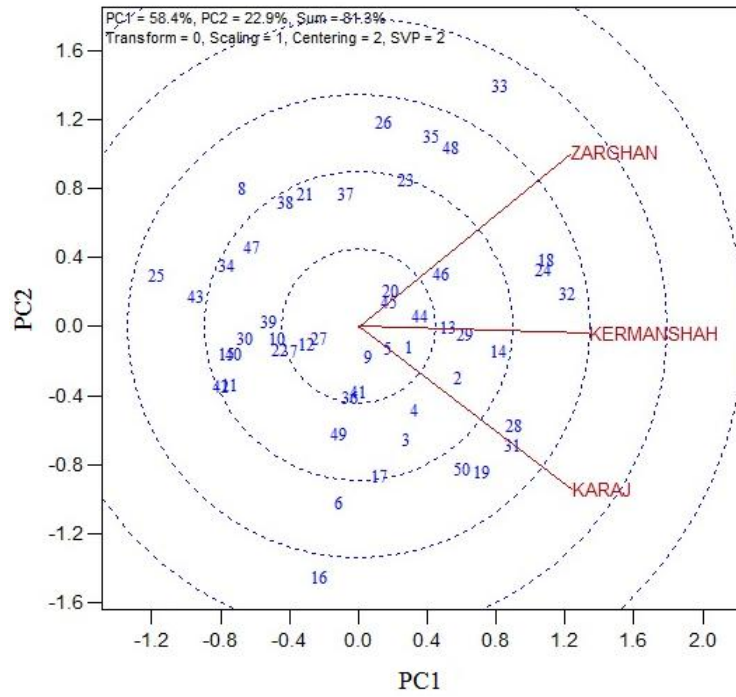
Means with at least one letter in common are not significantly different at the 1% probability level using LSD test.



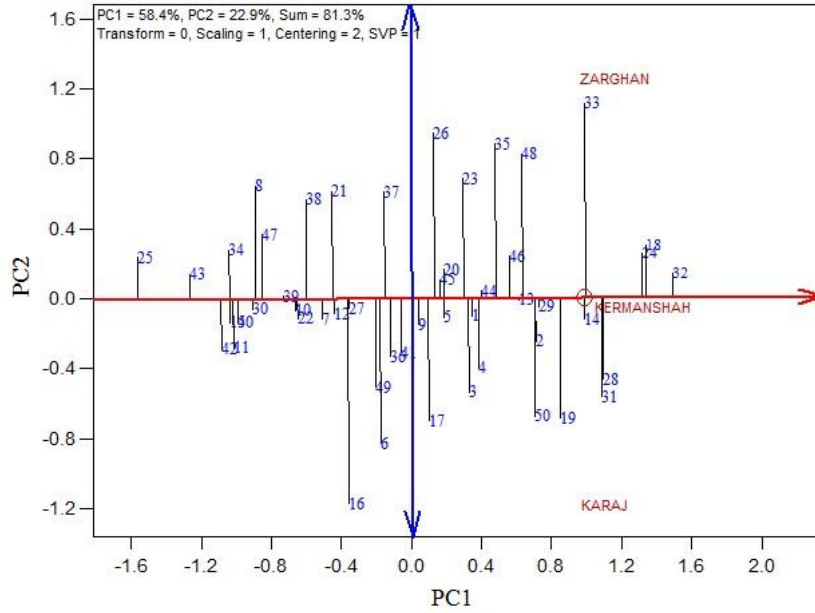
شکل ۱- نمایش گرافیکی عملکرد دانه با استفاده از نقشه هیت مپ در هر محیط.
Figure 1. Graphical display of data using a heat map in each location.



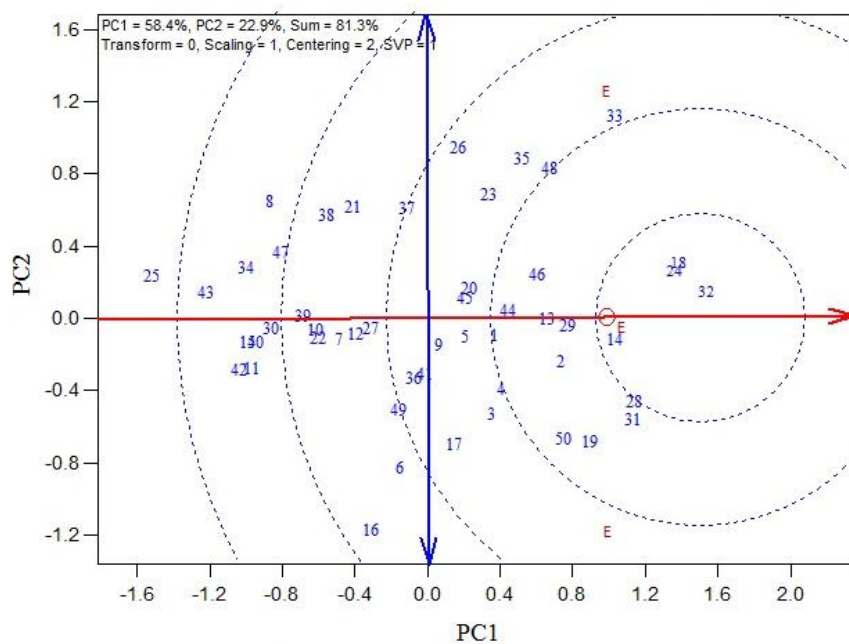
شکل ۲- چند ضلعی GGE بای پلات برای تعیین ژنوتیپ های برتر در هر محیط.
Figure 2. Polygons of GGE biplot for determining superior genotypes in each location



شکل ۳- بای پلات نمودار همبستگی بین محیط‌های مورد بررسی برای ژنوتیپ‌های گندم نان.
Figure 3. Biplot of correlation map among locations for bread wheat genotypes.



شکل ۴- بای پلات مختصات محیط متوسط (AEC) برای گزینش هم‌زمان عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌های گندم نان.
Figure 4. Biplot of the average-environment coordination (AEC) for simultaneous selection of grain yield and stability among bread wheat genotypes.



شکل ۵- بای پلات مقایسه ژنوتیپ ها با ژنوتیپ ایده آل برای میانگین عملکرد دانه و پایداری.
 Figure 5. Genotype comparison biplot relative to the ideal genotype for grain yield mean and stability.

جدول ۵- میانگین صفات گیاهی و عملکرد نسبی ژنوتیپ‌های گندم نان.

Table 5. Mean of plant characteristics and relative yield of bread wheat genotypes.

شماره	عملکرد دانه (ton ha ⁻¹)	روز تا ظهور سنبله	روز تا رسیدگی	طول دوره پر شدن دانه (روز)	سرعت پر شدن دانه (mg d ⁻¹)	وزن هزار دانه (g)	ارتفاع (cm)	زنگ زرد (زرقان)	زنگ زرد (کرمانشاه)	زنگ قهوه‌ای (کرمانشاه)	عملکرد نسبی به میانگین	عملکرد نسبی به شاهد
1	5.716	154	193	39	1.03	40	110	5MR	5M	0	103	94
2	5.944	151	189	38	1.21	46	104	10MR	10MR	0	107	97
3	5.794	152	191	39	0.97	38	89	30MR	5M	0	104	95
4	5.817	150	191	41	0.95	39	97	40M	10MS	0	105	95
5	5.684	149	191	42	0.93	39	94	30MR-40MS	10MS	0	102	93
6	5.344	154	193	39	0.74	29	91	80MS-S	10S	0	96	88
7	5.245	150	189	39	0.85	33	92	40M	0	0	94	86
8	4.920	151	190	39	1.00	39	87	20MR	5MR	0	89	81
9	5.608	150	191	41	1.05	43	94	20MR	0	0	101	92
10	5.161	154	193	39	1.00	39	105	5R	5MR	0	93	85
11	4.997	149	190	41	1.02	42	104	5MR	5R	0	90	82
12	5.270	151	193	42	0.95	40	97	5R	0	0	95	86
13	5.966	152	190	38	0.89	34	100	70MS	10MR	0	107	98
14	6.160	150	189	39	0.97	38	98	10MR	10M	0	111	101
15	4.931	149	188	39	1.10	43	97	50MS	10MS	0	89	81
16	5.406	150	192	42	0.81	34	98	80S	60S	0	97	89
17	5.646	150	191	41	0.98	40	101	60MS	60S	0	102	93
18	6.336	149	190	41	0.93	38	100	30MR	30S	0	114	104
19	6.074	149	190	41	0.98	40	101	10MR	10MS	0	109	100
20	5.682	150	189	39	0.97	38	100	40M	30MS	0	102	93
21	5.323	148	190	42	0.95	40	102	10M	10MS	0	96	87
22	5.164	149	190	41	1.05	43	94	10R	10MS	0	93	85
23	5.685	150	191	41	1.15	47	99	10MR	10M	0	102	93
24	6.316	149	190	41	1.10	45	98	5MR	10MS	0	114	104
25	4.728	146	185	39	1.00	39	97	80MS	10MR	0	85	77

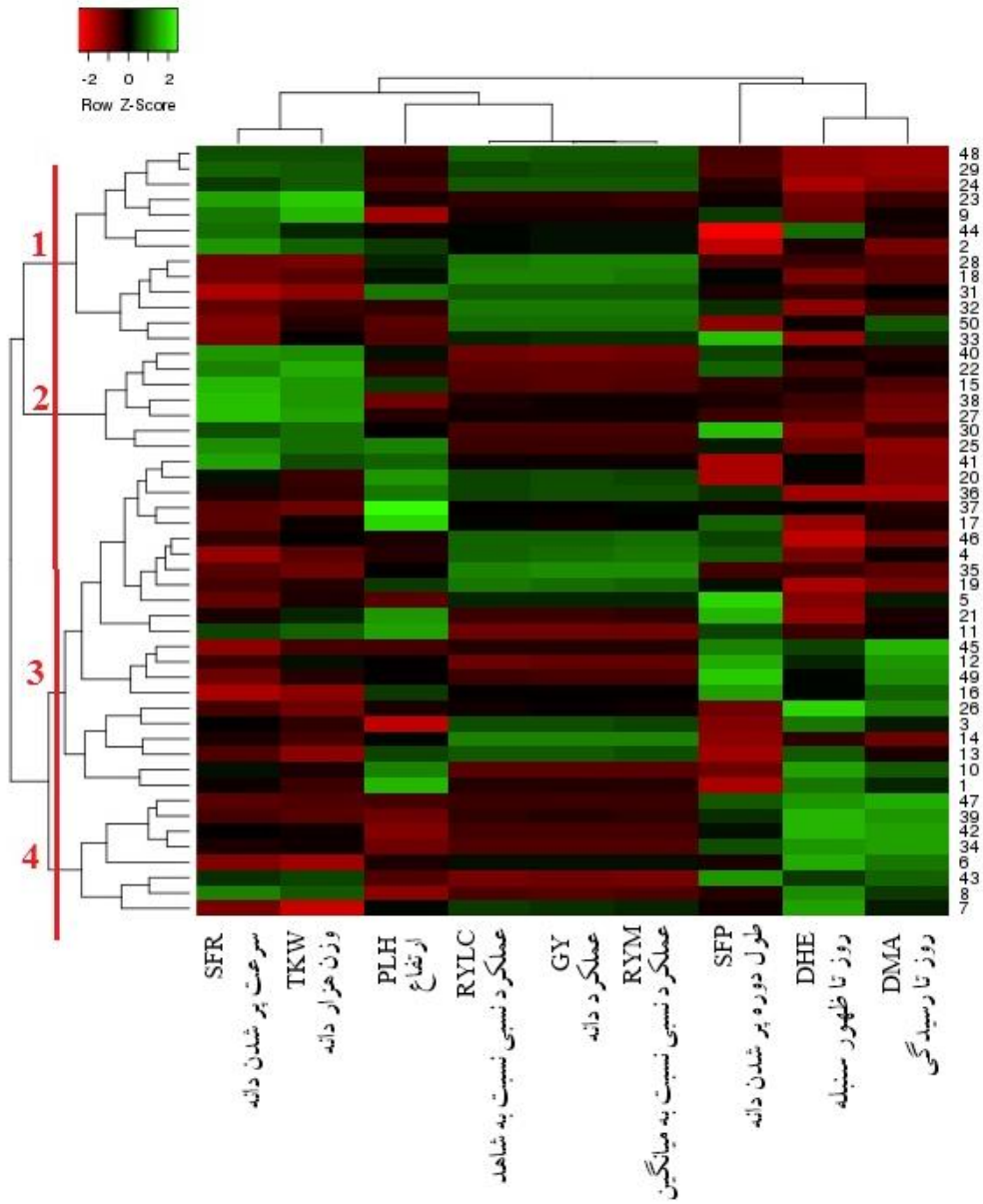
DHE: Days to heading; DMA: Days to maturity; SFP: Seed filling period; SFR: Seed filling rate; TKW: Thousand grain weight; PLH: Plant height; YR: Yellow rust; LR: Leaf rust; RYM: Relative yield to mean; RYLC: Relative yield to local check

Table 5. continued

شماره	عصاره دانه (ton/ha ¹)	روز تا ظهور سبته	روز تا رسیدگی	طول دوره پر شدن دانه (روز)	سرعت پر شدن دانه (mg d ⁻¹)	وزن هزار دانه (g)	ارتفاع (cm)	زیگی زرد (زرغان)	زیگی زرد (کرمانشاه)	زیگی قهوه ای (کرمانشاه)	عصاره نسبی به میانگین	عصاره نسبی به شاهد
No	Grain yield (ton/ha ¹)	DHE (day)	DMA (day)	SFP (day)	SFR (mg d ⁻¹)	TKW (g)	PLH (cm)	YR (Zarghan)	YR (Kermanshah)	LR (Kermanshah)	%RYM	%RYLC
26	5.516	154	193	39	0.92	36	95	30MR	O	O	99	90
27	5.350	148	187	39	1.15	45	93	40MR	O	O	96	88
28	6.253	150	190	40	0.93	37	100	20MR	10M	O	113	102
29	6.004	149	189	40	1.08	43	97	20M	O	O	108	98
30	4.949	147	188	41	0.95	39	92	80MS-S	5R	O	89	81
31	6.161	151	192	41	0.93	38	105	30MR	10MR	10S	111	101
32	6.489	149	191	42	0.95	40	98	20MR	10MS	O	117	106
33	6.052	150	193	43	0.98	42	98	5MR	10MS	O	109	99
34	4.896	153	194	41	0.90	37	87	10MR	O	O	88	80
35	5.887	150	190	40	0.95	38	97	5R	10MS	O	106	96
36	5.510	148	188	40	0.93	37	97	60MS	60S	O	99	90
37	5.484	150	190	40	0.93	37	103	30MR	20S	O	99	90
38	5.154	148	187	39	1.08	42	87	30MR	10MS	O	93	84
39	5.132	152	192	40	0.88	35	89	20M	O	O	92	84
40	4.978	149	189	40	1.00	40	94	20MR	20MS	O	90	82
41	5.433	150	189	39	1.03	40	98	5M	40S	O	98	89
42	4.961	154	194	40	0.93	37	85	50M	10MS	O	89	81
43	4.845	150	191	41	0.95	39	90	10M	20MS	O	87	79
44	5.804	153	191	38	1.11	42	98	30MR	20MS	O	105	95
45	5.623	152	194	42	0.93	39	96	20M	O	O	101	92
46	5.870	149	190	41	0.98	40	97	10M	O	O	106	96
47	4.984	153	194	41	0.83	34	89	10M	O	O	90	82
48	5.956	149	189	40	1.05	42	96	5MR	10MS	O	107	98
49	5.355	151	195	44	0.89	39	98	50M	20MS	O	96	88
50	6.102	152	193	41	1.02	42	100	40M	O	O	110	100
میانگین کل												
Total mean												
5.553 150.34 190.64 40.30 0.98 39.32 96.56 99.96 91												

G.Y: Grain yield; DHE: Days to heading; DMA: Days to maturity; SFP: Seed filling period; SFR: Seed filling rate; TKW: Thousand grain weight; PLH: Plant height; YR: Yellow rust; LR: Leaf rust; RYM: Relative yield to mean; RYLC: Relative yield to local check

ادامه جدول ۵-



شکل ۶- نمایش گرافیکی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های گندم نان بر اساس میانگین صفات حاصل از تجزیه خوشه‌ای صفات.
 Figure 6. Graphical display and grouping in bread wheat genotypes based on the trait means obtained cluster analysis.

جدول ۶- مقایسه گروه های حاصل از تجزیه کلاستر ژنوتیپ های گندم نان.

Table 6. Comparison groups from cluster analysis of bread wheat genotypes.

صفت Trait	1	2	3	4	Total mean
عملکرد دانه (ton ha ⁻¹) GY (ton ha ⁻¹)	6.094 ^a	5.036 ^c	5.608 ^b	5.041 ^c	5.553
روز تا ظهور سنبله DHE (day)	149.85 ^b	148.00 ^c	150.55 ^b	152.13 ^a	150.34
روز تا رسیدگی DMA (day)	190.62 ^a	187.72 ^b	191.00 ^a	192.13 ^a	190.64
طول دوره پر شدن دانه (روز) SFP (day)	40.77 ^a	39.72 ^a	40.45 ^a	40.00 ^a	40.30
سرعت پر شدن دانه (mg d ⁻¹) SFR (mg d ⁻¹)	1.037 ^a	1.047 ^a	0.952 ^b	0.885 ^c	0.976
ارتفاع (cm) PLH (cm)	99.00 ^a	93.43 ^b	98.96 ^a	88.75 ^c	96.56
وزن هزار دانه (g) TKW (g)	42.16 ^a	41.57 ^a	38.50 ^b	35.37 ^c	39.32
عملکرد نسبی نسبت به میانگین RYM	109.77 ^a	100.90 ^b	90.71 ^c	90.62 ^c	99.96
عملکرد نسبی نسبت به شاهد RYLC	99.85 ^a	91.90 ^b	82.63 ^c	82.57 ^c	91.00

GY: Grain yield; DHE: Days to heading; DMA: Days to maturity; SFP: Seed filling period; SFR: Seed filling rate; TKW: Thousand grain weight; PLH: Plant height; YR: Yellow rust; LR: Leaf rust; RYM: Relative yield to mean; RYLC: Relative yield to local check

References

- Ahmadi, J., Mohammadi, A., and 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*, 14(3):645-657.
- Bagherikia, S., Karimzadeh, G., and Naghavi, M.R. 2013. Identification of wheat rust resistance genes (*Lr26*, *Sr31*, *Yr9*) using specific PCR. *Crop Biotechnology*, 3(5): 129-138. (In Persian with English Summary).
- Bagherikia, S., Karimzadeh, G., and Naghavi, M.R. 2014. Distribution of 1AL. 1RS and 1BL. 1RS wheat-rye translocations in *Triticum aestivum* using specific PCR. *Biochemical systematics and ecology*, 55: 20-26.
- Berzonsky, W.A., and Francki, M.G. 1999. Biochemical, molecular, and cytogenetic technologies for characterizing 1RS in wheat: A review. *Euphytica*, 108: 1-19.
- Blanche, S.B., and Myers, G.O. 2006. Identifying discriminating locations for cultivar selection in Louisiana. *Crop Science*, 46(2):946-949.
- Camargo, A.V., Mott, R., Gardner, K.A., Mackay, I.J., Corke, F., Doonan, J. H., Kim, J.T., and Bentley, A. R. 2016. Determining phenological patterns associated with the onset of senescence in a wheat MAGIC mapping population. *Frontiers in Plant Science*, 7: 1540.
- Dehghani, H., Ebadi, A., and Yousefi, A. 2006. Biplot analysis of genotype by environment interaction for barley yield in Iran. *Agronomy Journal*, 98(2):388-393.
- Dehghani, H., Sabaghnia, N., and Moghaddam, M. 2009. Interpretation of genotype-by-environment interaction for late maize hybrids' grain yield using a biplot method. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33(2):139-148.
- Dryland Agricultural Research Institute (DARI) Available at Web site <http://dari.areeo.ac.ir/HomePage.aspx?TabID=12462&Site=dari.areeo.ac&Lang=fa-IR> (accessed 18 february 2020).
- Egli, D.B. 2004. Seed-fill duration and yield of grain crops. In: Sparks, D.L (ed.) *Advances in Agronomy*. 83:243-279 PP., Elsevier Press, UK.
- Elias, A.A., Robbins, K.R., Doerge, R., and Tuinstra M.R. 2016. Half a century of

- studying genotype× environment interactions in plant breeding experiments. *Crop Science*, 56(5):2090-2105.
- Esmailzadeh Moghaddam, M., Tahmasebi, S., Lotf Ali Ayeneh, G.H.A., Akbari Moghadam, H., Mahmoudi, K.H., Sayyahfar, M., Tabib Ghaffari, S.M., and Zali, H. 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): 270-283. (In Persian with English Summary).
- Farshadfar, E., Mahtabi, E., and Jowkar, M.M. 2013. Evaluation of genotype× environment interaction in chickpea genotypes using path analysis. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 1(6):583-593.
- Graybosch, R. A. 2001. Mini review: uneasy unions: quality effects of rye chromatin transfers to wheat. *Journal of Cereal Science*, 33: 3-16.
- Jagadish, K.S., Kishor, K., Polavarapu, B., Bahuguna, R.N., von Wirén, N., and Sreenivasulu, N. 2015. Staying alive or going to die during terminal senescence-an enigma surrounding yield stability. *Frontiers in Plant Science*, 6: 1070.
- Kang, M.S. 1997. Using genotype-by-environment interaction for crop cultivar development. In: Sparks, D.L (ed.) *Advances in agronomy*. 62: 199-252 pp., Academic Press, USA.
- Kang, M.S. 2002. Genotype–environment interaction: progress and prospects. In: Kang, M.S (ed.) *Quantitative genetics, genomics, and plant breeding*. 221-243 pp., CABI International, UK.
- Koocheki, A. R., Sorkhi Laleloo, B., and Eslamzadeh Hesari, M.R. 2012. Yield stability of barley elite genotypes in cold regions of iran using GGE biplot. *Seed and Plant Improvement Journal*, 28 (4) 533-543. (In Persian with English Summary).
- Mohammadi, M., Hosseinpour, T., Armion, M., Khanzadeh, H., and Ghogh, H. 2016. Analysis of genotype, environment and genotype× environment interaction in bread wheat genotypes using GGE biplot. *Agricultural Communications*, 4(3):1-8.

- Mohammadi, R., Armion, M., Sadeghzadeh, B., Golkari, S., Khalilzadeh, G.H., Ahmadi, H., Abedi-Asl, G.H., and Eskandari, M. 2016b. Assessment of grain yield stability and adaptability of rainfed durum wheat breeding lines. *Applied Field Crops Research*, 29 (4): 25-42. (In Persian with English Summary).
- Mohammadi, R., Farshadfar, E., and Amri, A. 2015. Interpreting genotype \times environment interactions for grain yield of rainfed durum wheat in Iran. *The Crop Journal*, 3(6):526-535.
- Mohammadi, R., Haghparast, R., Amri, A., and Ceccarelli, S. 2010. Yield stability of rainfed durum wheat and GGE biplot analysis of multi-environment trials. *Crop and Pasture Science*, 61(1):92-101.
- Najafi Mirak, T., Dastfal, M., Andarzian, B., Farzadi, H., Bahari, M., and Zali, H. 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. *Journal of Crop Breeding*, 10(28): 1-12. (In Persian with English Summary).
- Omrani, S., Mohammad Naji, A., and Esmailzadeh Moghaddam, M. 2017. Yield stability analysis of promising bread wheat lines in southern warm and dry agroclimatic zone of Iran using GGE biplot model. *Journal of Crop Breeding*, 23(9): 157-165. (In Persian with English Summary).
- Peterson, R.F., Campbell, A.B., and Hannah, A.E. 1948. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals. *Canadian journal of research*, 26(5):496-500.
- Poehlman, J.M. 2013. Breeding field crops: Springer Science & Business Media, USA, 723 pp.
- Pourdad, S.S., and Jamshid Moghaddam, M., 2013. Study on genotype \times environment interaction through GGE biplot for seed yield in spring rapeseed (*Brassica napus* L.) in rain-fed condition. *Journal of Crop Breeding*, 5(12): 1-14. (In Persian with English Summary).
- Rabinovich, S. 1998. Importance of wheat-rye translocations for breeding modern cultivar of *Triticum aestivum* L. *Euphytica*, 100: 323-340.
- Reif, J.C., Zhang, P., Dreisigacker, S., Warburton, M.L., van Ginkel, M., Hoisington, D., Bohn, M., and Melchinger, A.E. 2005. Wheat genetic diversity trends

- during domestication and breeding. *Theoretical and Applied Genetics*, 110(5):859-864.
- Roozeboom, K.L., Schapaugh, W.T., Tuinstra, M.R., Vanderlip, R.L., and Milliken, G.A. 2008. Testing wheat in variable environments: genotype, environment, interaction effects, and grouping test locations. *Crop Science*, 48(1):317-330.
- Rubenstein, K.D., and Heisey, P. 2003. Plant genetic resources: New rules for international exchange. Bioversity's Regional Office for the Americas, IPGRI. Villa Gualino, Turin, Italy 63.
- Seed and Plant Improvement Institute (SPII) Available at Web site <http://spii.ir/HomePage.aspx?TabID=5232&Site=DouranPortal&Lang=fa-IR> (accessed 30 february 2019a).
- Seed and Plant Improvement Institute (SPII) Available at Web site http://spii.ir/_DouranPortal/documents/vizhehnameh/%D9%88%DB%8C%DA%98%D9%87%20%D9%86%D8%A7%D9%85%D9%87%20%D8%B3%D9%88%D9%85%DB%8C%D9%86%20%D8%AC%D8%B4%D9%86%D9%88%D8%A7%D8%B1%D9%87%20%20%D8%A7%D8%B1%D9%82%D8%A7%D9%85.pdf (accessed 30 february 2019b).
- Shahryari Nasab, M., Chogan, R., Khodarahmi, M., Masomi, A., and Khavari Khorasani, S. 2016. Genotype× environment interaction for grain yield of maize hybrids using the GGE biplot. *Journal of Crop Breeding*, 7(16): 123-129. (In Persian with English Summary).
- Sharma, S., DeMason, D. A., Ehdaie, B., Lukaszewski, A. J., and Waines, J. G. 2010. Dosage effect of the short arm of chromosome 1 of rye on root morphology and anatomy in bread wheat. *Journal of Experimental Botany*, 61: 2623-2633.
- Simmonds, J., Scott, P., Leverington-Waite, M., Turner, A.S., Brinton, J., Korzun, V., Snape, J., and Uauy, C., 2014. Identification and independent validation of a stable yield and thousand grain weight QTL on chromosome 6A of hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.). *BMC Plant Biology*, 14(1), p.191.
- Singh, B.D. 2015. Plant breeding: principles and methods: Kalyani publishers,

India.

- Trubacheeva, N., Rosseeva, L., Belan, I., Osadchaya, T., Kravtsova, L., Kolmakov, Y. V., Blokhina, N., and Pershina, L. 2011. Characteristics of common wheat cultivars of West Siberia carrying the wheat-rye 1RS.1BL translocation. *Russian Journal of Genetics*, 47: 13-18.
- Yan, W. 2001. GGEbiplot-a Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. *Agronomy Journal*, 93(5):1111-1118.
- Yan, W., and Kang, M.S. 2002. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists: CRC press, USA, 288 PP.
- Yan, W., and Rajcan, I. 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science*, 42(1):11-20.
- Yan, W., Frégeau-Reid, J., Pageau, D., Martin, R., Mitchell-Fetch, J., Etienne, M., Rowsell, J., Mike Price, P.S., and de Haan, B.. 2010. Identifying essential test locations for oat breeding in eastern Canada. *Crop Science*, 50(2):504-515.
- Yan, W., Hunt, L.A, Sheng, Q., and Szlavnic, Z. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Science*, 40(3):597-605.
- Zali, H., Sofalian, O., Hasanloo, T., and Asghari, A. 2016. AMMI and GGE biplot analysis of yield stability and drought tolerance in *Brassica napus* L. *Agricultural Communications*, 4(1):1-8.

Evaluation of grain yield and some important agronomic traits in spring wheat international nurseries in moderate climate regions of Iran

Farshad Bakhtiar^{1*}, Navid Sharsoda², Saeed Bagherikia³

1. Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agriculture Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran (Corresponding author)
2. Researcher, Seed and Plant Improvement Institute, Agriculture Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
3. Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran.

Received: March 2019 Accepted: October 2020 - DOI: 10.22092/aj.2021.125628.1387

Extended Abstract

Bakhtiar, F., Sharsoda, N., Bagherikia, S., Evaluation of grain yield and some important agronomic traits in spring wheat international nurseries in moderate climate regions of Iran
Applied Research in Field Crops Vol 33, No. 4, 2021 07-09: 40-61(in Persian)

Introduction

Variation and selection play a key role in breeding programs. The proper selection is related to the desired variation in the desired trait. In order to take advantage of the existing variation; the evaluation of germplasm resources is necessary. Genotype–environment interactions are particularly important for breeders and one of the complex issues in breeding programs is the selection of high yielding and stable crop genotypes. Therefore, knowledge of the genotype–environment interactions is a necessity to evaluate new cultivars in different environments. GGE biplot model is one of the most used multivariate methods in the study of genotype–environment interactions that is performed based on principal component analysis (Yan *et al.*, 2010).

Materials and Methods

In order to select the superior lines from the elite spring bread wheat yield trial (17ESBWYT), 50 spring bread wheat lines (considering Parsi cultivar as a local check) were studied at three stations (Karaj, Kermanshah and Zarghan), which
Email address of the corresponding author: f_bakhtiar2002@yahoo.com

represent moderate climate regions of Iran. The experiments were conducted in the randomized complete block design (RCBD) with three replications in the 2016-2017 growing season. The plant materials had been received from the international center for agricultural research in the dry areas (ICARDA). The measured traits included days to heading (DHE), days to maturity (DMA), plant height (PLH), thousand grain weight (TKW), seed filling period (SFP), seed filling rate (SFR), grain yield (GY), relative yield to mean (RYM), relative yield to local check (RYLC) and plant response to yellow rust (YR) and leaf rust (LR). Homogeneity of the variances in different environments was tested by Bartlett's test. Then, the combined analysis of variance and stability analysis were performed using GGE biplot method. Data was analyzed using GGE biplot4, heatmapper, SAS and Excel.

Results and Discussion

The combined analysis of variance confirmed that the effects of environment, genotype and the interaction between them were statistically significant. Mean comparison of grain yield showed that the highest grain yield (6.489-ton ha⁻¹) was achieved with the genotype no 32 and the lowest grain yield (4.728-ton ha⁻¹) was related to the genotype no 25. Total mean of grain yield at the stations of Karaj, Kermanshah and Zarghan was 6.589, 5.317 and 4.753-ton ha⁻¹ respectively. The correlation biplot of the environments revealed that the location of Kermanshah had a positive correlation with Karaj and Zarghan, because the angles of the vectors were less than 90°, exhibiting a positive correlation among the environments. Also, there was a weak correlation between Karaj and Zarghan, indicating that two environments have been almost independent of each other because the angle of the vectors was 90° (Yan & Rajcan, 2002). The yield and stability of the genotypes were evaluated using the average-environment coordination (AEC) view. Presence of genotypes on this axis is approximation of grain yield (Yan *et al.*, 2000). Hence, the genotypes no 32, 18, 24, 28, 31, 14, 33, 19, 29 and 2 had the highest grain yield. The vertical axis of AEC biplot also showed the interaction between genotype and environment and determined the stability of the genotypes. Therefore, among the genotypes that gave a high grain yield, the genotypes no 32, 18, 24, 14, 29 and

2 were the most stable for grain yield. The final selection of the genotypes was carried out considering the response of genotypes to yellow rust and leaf rust and other desirable traits.

Conclusion

In the current study, 50 genotypes of bread wheat were evaluated in terms of grain yield, response to yellow rust and leaf rust and some desirable agronomic traits at three stations (Karaj, Kermanshah and Zarghan) representing moderate climate regions of Iran. Considering the results of GGE biplot method and response to yellow rust, leaf rust and other desirable agronomic traits, eight genotypes: no 32, 24, 28, 14, 33, 19, 29, and 2 were selected as superior lines and were conducted to preliminary regional wheat yield trial (PRYWT) in the moderate climate regions of Iran. It is hoped that in the coming years a new cultivar will be released among the selected genotypes in wheat breeding programs in moderate climate regions of Iran, after preliminary and adaptation experiments.

Keywords: Biplot, bread wheat, compatibility, selection, variation

References

- Yan, W., and Rajcan, I. 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science*, 42(1):11-20.
- Yan, W., Frégeau-Reid, J., Pageau, D., Martin, R., Mitchell-Fetch, J., Etienne, M., Rowsell, J., Mike Price, P.S., and de Haan, B.. 2010. Identifying essential test locations for oat breeding in eastern Canada. *Crop Science*, 50(2):504-515.
- Yan, W., Hunt, L.A, Sheng, Q., and Szlavnic, Z. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Science*, 40(3):597-605.