Archive of SID

دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات

دوره ششم/ شماره چهارم/ زمستان ۱۳۹۵ (۴۶۴-۴۵۱)

بررسی سازگاری ژنوتیپ‌های گندم نان با استفاده از روش‌های ابرهارت راسل، غیرپارامتری رتبه‌ای، گزینش همزمان و بای‌پلات

علیرضا تاری‌نژاد[1*]

تاریخ دریافت: ۹۳/۵/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۵

چکیده

به‌منظور مطالعه برهمکنش ژنوتیپ × محیط و سازگاری بیست ژنوتیپ پیشرفته گندم نان بهاره از نظر عملکرد و اجزای عملکرد دانه، آزمایشی با استفاده از طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار طی سال‌های زراعی ۹۳-۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی تبریز و میانه در مجموع در پنج محیط (ترکیب سال و مکان) اجرا شد. تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که برهمکنش ژنوتیپ × محیط برای تمام صفات مورد اندازه‌گیری (عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح) حداقل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. بر این اساس، تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها بر اساس روش ابرهارت و راسل، روش غیرپارامتری رتبه‌ای و روش گزینش همزمان برای عملکرد دانه و اجزای آن انجام شد. نتایج تلفیق این روش‌ها نشان داد که از نظر وزن هزار دانه ژنوتیپ‌های شماره ۵، ۱۴ و ۸، تعداد دانه در سنبله ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۵ و ۶، تعداد سنبله در واحد سطح ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۱۷ و ۱، ضمن داشتن برهمکنش کمتر با محیط نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها، از پتانسیل تولید بالاتری نیز برخوردار بودند، اما از نظر عملکرد دانه، ژنوتیپ شماره ۵ با شجره Yang87-158و ژنوتیپ شماره ۸ با شجره Milan CM75118-B-5M-1Y-05M به‌ترتیب با عملکرد ۶/۴۷ و ۶/۳۸ تن در هکتار سازگاری بیشتر و برهمکنش کمتری با محیط داشتند و قابل توصیه جهت کشت در اقلیم مشابه از نظر آب و هوایی هستند. همچنین، نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که در تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، روش رتبه‌ای تا حدود زیادی نتیجه مشابه‌ای با روش گزینش همزمان ارایه می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: برهمکنش ژنوتیپ × محیط، پایداری، عملکرد و اجزای عملکرد دانه

۱- دانشیار، گروه بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

* نویسنده مسئول: atarinejad@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

به‌طورکلی سازگاری مفهوم پیچیده‌ای دارد، اما در تعریفی خلاصه می‌توان گفت سازگاری عبارت از ظرفیت ژنتیکی یک رقم برای ظهور عملکرد بالا و پایدار در محیط‌های متفاوت است (Mahfouzi *et al.*, 2009). نظر به این‌که تهیه ارقام اصلاح‌شده با عملکرد بالا و سازگار برای هر محیط از نظر اقتصادی مستلزم هزینه سنگین و صرف وقت زیاد است، باید سعی کرد ارقامی انتخاب شوند که برای چند منطقه متفاوت قابل توصیه باشند، به‌عبارت دیگر ارقامی که در همه مناطق اقلیمی مشابه و یا حداقل در اغلب آن‌ها، ضمن داشتن عملکرد قابل قبول، بیشترین سازگاری را با محیط‌های مختلف داشته باشند (Akcura *et al.*, 2006). معرفی لاین‌های با عملکرد بالا و سازگار با مناطق دارای شرایط آب و هوایی متنوع یکی از راه‌های افزایش تولید گندم است. عملکرد گیاهان تحت تاثیر عوامل متعدد محیطی و برهمکنش این عوامل با ژنتیک گیاه قرار می‌گیرد که مجموعه این عوامل، رشد و نمو گیاه را متأثر می‌سازند (Jarrah and Geng, 1997). برای انتخاب و معرفی ارقام پرمحصول و پایدار، آزمایش‌های مقایسه عملکرد تکراردار در چند سال و چند مکان انجام می‌شود. در این آزمایش‌ها، ضروری است علاوه بر میزان عملکرد دانه، سازگاری ژنوتیپ‌ها به محیط‌های مختلف نیز در معرفی آنها مدنظر قرار گیرد (Soughi *et al.*, 2009).

روش‌های متعددی جهت تحلیل برهمکنش ژنوتیپ و محیط و برآورد سازگاری و پایداری ژنوتیپ‌ها توسط محققین مختلف پیشنهاد شده است. رومر (Rommer, 1947) برای اولین بار از واریانس ارقام در محیط‌های مختلف برای تعیین پایداری استفاده کرد. بر این اساس، ژنوتیپی پایدار است که دارای کم‌ترین واریانس محیطی باشد. ریک (Wricke, 1962) پیشنهاد کرد که از سهم هر ژنوتیپ در تشکیل برهمکنش ژنوتیپ×محیط، که آن‌را اکوالانس نام‌گذاری کرد، به‌عنوان پارامتر پایداری استفاده شود. ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966) پاسخ قابل پیش‌بینی ژنوتیپ‌ها را در شرایط محیطی مختلف با شاخص پایداری ضریب رگرسیون خطی و پاسخ غیرقابل پیش‌بینی آن‌ها را با شاخص انحراف از رگرسیون خطی نشان دادند و ارقام با سازگاری عمومی برای تمامی مناطق و خصوصی برای هر منطقه را شناسایی کردند. شوکلا (Shukla, 1972)، بر اساس باقی‌مانده حاصل از طبقه‌بندی دوطرفه ژنوتیپ × محیط، واریانس هر ژنوتیپ را در محیط‌های مختلف به‌عنوان معیار پایداری ارقام پیشنهاد داد و آن‌را واریانس پایداری نام‌گذاری کرد. فرانسیس و کاننبرگ (Francis and Kannenberg, 1987) جهت تعیین پایداری ارقام ذرت از ضریب تغییرات ژنوتیپی استفاده کردند تا همبستگی احتمالی بین میانگین عملکرد و واریانس ارایه‌شده توسط رومر را حذف کنند. کانگ (Kang, 1993) با ادغام روش غیرپارامتریک (رتبه‌بندی) و پارامتریک (واریانس شوکلا)، روش گزینش همزمان عملکرد و پایداری را معرفی کرد. یان و همکاران (Yan *et al.*, 2000) نیز روش GGE Biplot را جهت تحلیل برهمکنش ژنوتیپ × محیط ارایه کردند. روش GGE Biplot ابزاری بسیار مفید جهت ارزیابی چشمی و تفسیر پاسخ الگوی ارقام، محیط‌ها و برهمکنش آن‌ها است. بای‌پلات نمایش گرافیکی و ارایه رفتار هم‌زمان دو متغییر است که برای اولین بار توسط گابریل (Gabriel, 1971) پیشنهاد شد و سپس استفاده از آن در تجزیه پایداری ارقام بر اساس داده‌های دوطرفه ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ × محیط توسط یان و همکاران (Yan *et al.*, 2000) ارایه شد. ویژگی منحصر به‌فرد این روش، گروه‌بندی محیط‌هایی است که دارای رفتار مشابهی بوده‌اند و به‌صورت گرافیکی می‌تواند مشخص کند کدام رقم در کدام محیط یا زیرگروه از پتانسیل بالاتری برخوردار است (Gauch, 2006; Yang *et al.*, 2009).

به هر حال، مطالعه سازگاری و پایداری ارقام در شرایط محیطی مختلف، اهمیت ویژه‌ای در برنامه‌های اصلاحی و معرفی رقم دارد، زیرا با استفاده از آن می‌توان رقمی که عملکرد قابل قبولی در همه مناطق اقلیمی دارد و دارای سازگاری عمومی خوبی با محیط‌های مختلف است را انتخاب و توصیه کرد (Dashtaki *et al.*, 2004).

بر این اساس، پژوهش حاضر جهت مطالعه برهمکنش ژنوتیپ × محیط و بررسی سازگاری ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم نان بهاره برای عملکرد دانه و اجزای آن تحت شرایط اقلیمی مختلف در استان آذربایجان‌شرقی اجرا شد و هدف از آن شناسایی ژنوتیپ‌های با بیشترین سازگاری به هر یک از مناطق مورد مطالعه بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی این تحقیق شامل بیست ژنوتیپ پیشرفته گندم نان بهاره بود که اسامی این ژنوتیپ‌ها در جدول ۱ ارایه شده است. آزمایش با استفاده از طرح پایه بلوک‌های

www.SID.ir

Archive of SID

کامل تصادفی با دو تکرار طی سال‌های زراعی ۹۳-۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی تبریز (به‌مدت سه سال زراعی) و میانه (دو سال زراعی)، جمعاً در پنج محیط (ترکیب سال و مکان) اجرا شد. اقلیم منطقه بر اساس طبقه‌بندی دمارتن، نیمه خشک سرد با تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد است (Nadergoli *et al.*, 2011). هر کرت آزمایشی شامل ۵ ردیف به طول ۲/۱ متر با فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر بود و میزان بذر ۴۰۰ دانه در متر مربع در نظر گرفته شد. عملیات مربوط به کاشت در اسفندماه هر سال انجام شد. بلافاصله بعد از کاشت، آبیاری در هفته اول فروردین صورت گرفت و آبیاری‌های بعدی به طور مرتب و متناسب با روند رشد، فنولوژی گیاه و شرایط آب و هوایی منطقه به‌طور یکسان برای کلیه تیمارها انجام شد. کود نیتروژن از منبع نیترات آمونیم در دو نوبت قبل از پنجه‌زنی و ظهور سنبله به‌میزان ۱۰ گرم در مترمربع به صورت سرک پخش شد. کنترل علف‌های هرز به‌صورت دستی در چندین مرحله انجام شد. برای اندازه‌گیری تعداد دانه در سنبله پس از حذف اثر حاشیه، به‌طور تصادفی ده بوته از هر کرت انتخاب و از میانگین آن‌ها برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. عملکرد دانه و تعداد سنبله در هر کرت پس از حذف حاشیه در یک مترمربع تعیین شد.

جدول ۱- شجره ژنوتیپ‌های مورد استفاده در تجزیه پایداری

Table 1. The pedigree of genptypes used in stability analysis

ژنوتیپ Genotype	شجره Pedigree	ژنوتیپ Genotype	شجره Pedigree
1	Tajan	11	Siren 64609-6Y-3M-2Y-OM
2	Opata/Bow CM 88503-23M-OY-OM-4Y-9M	12	Star"S" SWM7215-2Y-2Y-OY-16M-OY
3	Pgo/Seri CM85817-27Y-OM-OY-7M-OY	13	Turaco/Chil CM922354-61Y-OM-OYO-3M
4	Jup/Ald"S"//Kt"S"/3/Vee"S"	14	Nanjing 8319/Lira
5	Yang87-158	15	Nai60/Hn7//Sy SWM70053-2Y-1Y-OY-2AP
6	Rayan 89	16	Shanghia 7//Hahn"S"/2prl"S" CM95119-3Y-OM-OY
7	TJb368351/Buc//CupeCM89Y-30B-12Y8M-3Y-OB	17	Inia/A.Distichum//Inia/3/Vee"S"/4/Kauz
8	Milan CM75118-B-5M-1Y-05M	18	Kauz*2/MNV//kauz
9	Attila"S"/Arvand/Vee"S"	19	Kauz*2/Opata//kauz
10	Tan"S"/Pew"S"//Sara CM..	20	Bjouudan/3/Bb/7C*2//Y50E/Kal*3/CW84..

برای تجزیه برهمکنش ژنوتیپ × محیط به روش غیرپارامتری رتبه‌ای، ابتدا میانگین ژنوتیپ‌ها برای هر سال رتبه‌بندی شد، به‌این صورت که به ژنوتیپ با بیشترین مقدار صفت (عملکرد و اجزای عملکرد) در هر محیط رتبه یک و به ژنوتیپ با کمترین مقدار، رتبه ۲۰ اختصاص داده شد. سپس، برای هر ژنوتیپ، میانگین، واریانس و انحراف معیار رتبه تعیین شد. بر این اساس، ژنوتیپ‌هایی که دارای انحراف معیار رتبه کمتری باشند، پایدار و ژنوتیپ‌هایی که دارای میانگین رتبه کمتری باشند، پرمحصول خواهند بود (Najafi Mirak, 2011).

در روش ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966) از مدل ارایه شده در رابطه (۱) استفاده شد:

$$x_{ij} = \bar{x}_{i.} + \beta_i I_j + E_{ij} \qquad (۱)$$

بر این اساس، ابتدا شیب خط رگرسیون هر ژنوتیپ (β_i) محاسبه و سپس واریانس انحراف از رگرسیون آن ژنوتیپ ($S^2_{d_i}$) که معیار اصلی پایداری در این روش است، با استفاده از رابطه (۲) تعیین شد:

$$S^2_{d_i} = \frac{\sum_{j=1}^{q}(x_{ij} - \bar{x}_{i.})^2 - b^2\sum_{j=1}^{q}(\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..})^2}{q-2} \qquad (۲)$$

www.SID.ir

Archive of SID

در این روابط، x_{ij} میانگین عملکرد ژنوتیپ i در محیط j ، $\bar{x}_{i.}$ میانگین عملکرد ژنوتیپ i در تمامی محیط‌ها، $\bar{x}_{.j}$ میانگین عملکرد تمامی ژنوتیپ‌ها برای محیط j ، $\bar{x}_{..}$ میانگین کل (میانگین عملکرد تمامی ژنوتیپ‌ها در تمامی محیط‌ها)، β_i شیب خط رگرسیون ژنوتیپ i ، I_j شاخص محیط j (تفاوت میانگین محیط j از میانگین کل) و E_{ij} خطای مدل است.

ضریب تبیین پینتوس (Pinthus, 1973) برای تعیین سازگاری ژنوتیپ‌ها بر اساس رابطه (۳) محاسبه شد (اجزای موجود در این رابطه مشابه رابطه (۲) هستند):

$$R_i^2 = \frac{b^2 \sum_{j=1}^{q} (\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..})^2}{\sum_{j=1}^{q} (x_{ij} - \bar{x}_{i.})^2} \qquad (۳)$$

در روش گزینش همزمان عملکرد و پایداری (Kang, 1993) نیز ابتدا ژنوتیپ‌ها بر مبنای عملکرد رتبه‌بندی و رتبه تصحیح‌شده هر ژنوتیپ بر اساس آزمون LSD تعیین شد. سپس واریانس شوکلا (Shukla, 1972) به‌عنوان معیار پایداری ژنوتیپ‌ها محاسبه و رتبه پایداری هر ژنوتیپ بر مبنای معنی‌دار شدن یا نشدن این واریانس در سطوح احتمال مختلف تعیین شد. ژنوتیپ‌های دارای مجموع رتبه (رتبه تصحیح‌شده عملکرد و رتبه پایداری) بیشتری بودند، به‌عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد بیشتر و پایدار معرفی شدند.

در نهایت، از روش گرافیکی GGEbiplot (Yan *et al.*, 2000) نیز به‌منظور شناسایی و معرفی ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار و تعیین محیط‌ها و ژنوتیپ‌های ایده‌آل استفاده شد.

به‌منظور تجزیه‌های و تحلیل‌های آماری مربوطه از نرم‌افزارهای MSTAT-C و SAS استفاده شد (Alizadeh and Tarinejad, 2010; Soltani, 2012). قبل از انجام تجزیه مرکب، آزمون نرمال‌بودن داده‌ها و یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی با استفاده از آزمون بارتلت بررسی شد.

نتایج و بحث

نتیجه آزمون یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی نشان داد که پنج آزمایش انجام شده دارای واریانس خطای یکنواختی هستند و بنابراین می‌توان تجزیه واریانس مرکب را برای کل داده‌ها انجام داد. از این‌رو، تجزیه واریانس مرکب برای تمامی صفات اندازه‌گیری شده انجام و نتایج آن در جدول ۲ ارایه شد. همان‌طورکه مشاهده می‌شود، اثر محیط روی صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح حداقل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. به‌عبارت دیگر می‌توان اظهار داشت که عوامل محیطی مانند نزولات آسمانی، حداقل و حداکثر دمای هوا و خاک و سایر عوامل در آزمایش‌های مختلف یکسان نبودند و در نتیجه اثر آن‌ها بر اجزای عملکرد معنی‌دار شد. در مقابل، اثر محیط روی عملکرد دانه ارقام معنی‌دار نبود.

اختلاف بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نیز فقط از نظر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. معنی‌داری اثر اصلی ژنوتیپ نشان‌دهنده تفاوت‌های ژنتیکی بین آن‌ها از نظر عملکرد دانه می‌باشد. در مقابل، از نظر وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در مترمربع، اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها مشاهده نشد. با این‌حال، برهمکنش ژنوتیپ × محیط برای صفات مورد اندازه‌گیری حداقل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد و نشان داد که واکنش ژنوتیپ‌های مختلف در محیط‌های متفاوت یکسان نبوده و دارای نوسانات آماری معنی‌داری بوده‌اند. به این ترتیب، می‌توان برهمکنش ژنوتیپ × محیط را جهت شناسایی ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار مورد تجزیه و تحلیل قرار داد.

نتایج حاصل از تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها برای عملکرد دانه با روش غیرپارامتری رتبه‌ای در جدول ۳ ارایه شده است. کمترین میانگین رتبه متعلق به ژنوتیپ شماره ۵ با میانگین ۱**Error! Bookmark not defined.** بود و پس از آن به‌ترتیب ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۶، ۸ و ۱۷ با میانگین رتبه ۵/۲، ۶/۶، ۷/۶ و ۷/۶ کمترین رتبه را داشتند. محاسبه انحراف معیار رتبه (SDR) نیز نشان داد که ژنوتیپ شماره ۵ با انحراف معیار رتبه صفر، کمترین مقدار انحراف معیار رتبه را داشت و بعد از آن ژنوتیپ‌های ۲۰ ، ۷، ۱۳، ۶ و ۱۱ به‌ترتیب با انحراف معیار ۲/۰۷، ۲/۶۰، ۳/۰۸، ۳/۱۳ و ۳/۴۹ دارای کمترین مقدار بودند. نتایج ضریب تغییرات نیز با نتایج انحراف معیار کاملاً مشابه بود (جدول ۳). بر اساس نتایج حاصل از این روش، ژنوتیپ شماره ۵ با توجه به میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات رتبه کمتر، پایدارترین و پرمحصول‌ترین ژنوتیپ از نظر عملکرد دانه بود.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها برای عملکرد دانه به روش ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966) در جدول ۴ ارایه شده است. اثر محیط (خطی) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود که حاکی از این است که یک رابطه خطی برای تنوعات محیطی یا تغییرات عملکرد محیط‌ها (شاخص‌های محیطی) وجود دارد. برهمکنش ژنوتیپ × محیط (خطی) غیرمعنی‌دار بود، اما انحراف از رگرسیون خطی معنی‌دار شد که نشان می‌دهد حداقل برخی از ژنوتیپ‌ها دارای انحراف از رگرسیون معنی‌دار بودند و به‌عبارت دیگر، بعضی از ژنوتیپ‌ها یک واکنش غیرقابل پیش‌بینی نسبت به تغییرات محیطی داشتند. واریانس انحراف از رگرسیون برای ژنوتیپ‌های ۶، ۷، ۹، ۱۰ و ۱۳ معنی‌دار نبود که نشان‌دهنده توانایی خوب مدل رگرسیون خطی در توجیه تغییرات عملکرد این ژنوتیپ‌ها در محیط‌ها و تمرکز نقاط عملکرد هر ژنوتیپ در اطراف خط رگرسیون است.

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد اندازه‌گیری در ۲۰ رقم گندم نان در پنج محیط

Table 2. Combined analysis of variance for the studied traits in 20 bread wheat genotypes in five environments

منابع تغییرات Source of variation		درجه آزادی Df	تعداد دانه در سنبله No. of grain/spike	تعداد سنبله در واحد سطح No. of spike/m^2	وزن هزار دانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield
Environment (E_n)	محیط	4	4585.57**	400915.6**	629.01*	31.77^{ns}
Replication/E_n	تکرار درون محیط	5	129.48	5175.96	108.89	16.31
Genotype (G)	ژنوتیپ	19	149.42^{ns}	8737.59^{ns}	53.35^{ns}	28.38**
G×E_n	ژنوتیپ×محیط	76	92.9**	9366.3**	52**	3.58**
Error	خطای آزمایش	95	15.465	3058.02	8.25	0.489
CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)	-	14.87	20.03	9.39	18.09

^{ns}، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ ٪ و ۱ ٪.

^{ns}, * and **: not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- تجزیه پایداری عملکرد دانه به روش رتبه‌ای

Table 3. The stability analysis of grain yield (t/ha) by rank method

ژنوتیپ Genotype	میانگین عملکرد دانه Grain yield	میانگین رتبه Rank mean	انحراف معیار رتبه SDR	ضریب تغییرات CV
1	5.623	5.2	5.54	107
2	3.29	12.6	5.68	45
3	2.40	17.4	3.58	21
4	3.81	9.6	5.73	60
5	6.48	1.0	0.00	0
6	4.08	6.6	3.13	47
7	3.04	14.4	2.60	18
8	6.38	7.6	6.58	87
9	3.32	9.4	4.10	44
10	2.85	14.0	4.90	35
11	3.66	7.8	3.49	45
12	2.30	16.0	4.00	25
13	3.51	9.0	3.08	34
14	3.24	10.8	6.34	59
15	3.38	10.4	5.13	49
16	3.20	12.0	5.83	49
17	5.00	8.0	6.00	80
18	2.94	12.0	6.75	56
19	2.78	12.2	5.36	44
20	2.84	14.4	2.07	14
میانگین Mean	3.87	10.5	4.50	45.95

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- تجزیه واریانس پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان به روش ابرهارت و راسل

Table 4. Stability analysis of variance for grain yield of bread wheat genotypes by Eberhart and Russell method

Source of variation	منابع تغییرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات عملکرد دانه Mean square of grain yield
Total	کل	99	-
Genotype	ژنوتیپ	19	14.19**
Env+(Env*g)	محیط+ (ژنوتیپ×محیط)	80	2.49ns
Env(linear)	محیط(خطی)	1	63.5**
G*Env(linear)	ژنوتیپ×محیط (خطی)	19	1.72ns
Devition from regression	انحراف از رگرسیون	60	1.72**
Genotype1	ژنوتیپ ۱	3	3.93**
Genotype2	ژنوتیپ ۲	3	0.87*
Genotype3	ژنوتیپ ۳	3	1.05**
Genotype4	ژنوتیپ ۴	3	0.97*
Genotype5	ژنوتیپ ۵	3	2.43**
Genotype6	ژنوتیپ ۶	3	0.08ns
Genotype7	ژنوتیپ ۷	3	0.03ns
Genotype8	ژنوتیپ ۸	3	6.73**
Genotype9	ژنوتیپ ۹	3	0.16ns
Genotype10	ژنوتیپ ۱۰	3	0.23ns
Genotype11	ژنوتیپ ۱۱	3	0.31ns
Genotype12	ژنوتیپ ۱۲	3	0.4ns
Genotype13	ژنوتیپ ۱۳	3	0.24ns
Genotype14	ژنوتیپ ۱۴	3	1.10*
Genotype15	ژنوتیپ ۱۵	3	1.47**
Genotype16	ژنوتیپ ۱۶	3	0.91*
Genotype17	ژنوتیپ ۱۷	3	8.81**
Genotype18	ژنوتیپ ۱۸	3	2.56**
Genotype19	ژنوتیپ ۱۹	3	1.67**
Genotype20	ژنوتیپ ۲۰	3	0.36ns
Pooled Error	خطای ادغام شده	95	0.24

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ ٪ و ۱ ٪.

ns, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

نتایج شاخص‌های رگرسیونی روش ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966) در جدول ۵ ارایه شده است. بر اساس این نتایج، ژنوتیپ‌های ۷، ۶، ۹، ۱۳، ۱۰، ۲۰، ۱۱ و ۱۶ به‌ترتیب با ضریب رگرسیون خطی ۰/۹۸۹، ۰/۹۸۵، ۰/۹۱۷، ۰/۹۱۲، ۰/۹۱۱، ۰/۸۷۹، ۰/۸۷۲ و ۰/۸۵۱ نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها دارای ضریب رگرسیونی غیرمعنی‌دار نسبت به شیب خط رگرسیون یک بودند (جدول ۵). ژنوتیپ ۶ با میانگین عملکرد ۴/۰۸۳ تن در هکتار بالاتر از میانگین کل به‌عنوان رقمی با پایداری و سازگاری خوب به مناطق مورد مطالعه شناخته شد.

بر اساس واریانس انحراف از رگرسیون (جدول ۵)، ژنوتیپ‌های ۷، ۶، ۹، ۱۰، ۱۱و ۱۳ به‌ترتیب با انحراف ۰/۰۳، ۰/۰۸، ۰/۱۶، ۰/۲۳، ۰/۲۴ و ۰/۳۱ کمترین واریانس انحراف از رگرسیون را داشتند و به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند. نتایج حاصل از ضریب تشخیص (جدول ۵) نیز نشان داد که به‌ترتیب ژنوتیپ‌های ۷، ۶، ۹، ۱۰ و ۱۳ بیشترین ضریب تشخیص را داشتند و ژنوتیپ‌های پایداری بودند. به‌طورکلی، در میان ژنوتیپ‌های مطالعه شده، ژنوتیپ‌های ۷، ۶، ۹ ،۱۰ و ۱۳ با توجه به ضریب رگرسیون نزدیک به یک، واریانس

www.SID.ir

Archive of SID

انحراف از رگرسیون کوچک و غیرمعنی‌دار از صفر و میانگین عملکرد بالا به‌عنوان ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار بر اساس مدل ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966) شناسایی شدند. ژنوتیپ‌های ۸ و ۱۷ نیز اگرچه دارای میانگین عملکرد بالایی بودند، اما به‌علت داشتن ضریب رگرسیون معنی‌دار از شیب خط یک و واریانس انحراف از رگرسیون بالا و معنی‌دار به‌عنوان ژنوتیپ‌های با کمترین پایداری معرفی شدند.

جدول ۵- شاخص‌های پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان با استفاده از روش رگرسیونی ابرهارت و راسل

Table 5. Stability parameters for grain yield of bread wheat genotypes by Eberhart and Russell regression method

ژنوتیپ Genotype	عملکرد دانه Grain yield (t/ha)	ضریب رگرسیون Regression coeficient	واریانس انحراف از رگرسیون Deviation variance from regression	ضریب تشخیص R^2
1	5.623	0.710	3.93**	0.503
2	3.290	0.770	0.87*	0.592
3	2.402	0.754	1.05**	0.569
4	3.812	0.839	0.97*	0.705
5	6.475	-0.473	2.43**	0.223
6	4.083	0.985	0.08ns	0.971
7	3.039	0.989	0.03ns	0.979
8	6.382	-0.396	6.73**	0.157
9	3.317	0.917	0.16ns	0.841
10	2.851	0.912	0.23ns	0.832
11	3.660	0.872	0.31ns	0.760
12	2.301	0.732	0.40ns	0.536
13	3.508	0.911	0.24ns	0.830
14	3.247	0.675	1.10*	0.455
15	3.386	0.791	1.47**	0.626
16	3.201	0.851	0.91*	0.725
17	5.195	0.490	8.81**	0.241
18	2.944	0.565	2.56**	0.319
19	2.778	0.614	1.67**	0.377
20	2.836	0.879	0.36ns	0.773
Mean	3.866	0.669	1.72	0.601

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ ٪ و ۱ ٪.

ns, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

نتایج حاصل از روش گزینش همزمان برای صفت وزن هزار دانه در جدول ۶ ارایه شده است. در این روش ژنوتیپ‌هایی که وزن هزار دانه و پایداری بالاتر از میانگین کل دارند، به‌عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب انتخاب می‌شوند. ژنوتیپ‌های ۵، ۱۴، ۸، ۱۱، ۱ و ۱۷ به‌ترتیب به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر از نظر میانگین وزن هزار دانه و پایدار این صفت و ژنوتیپ‌های ۱۶، ۴، ۲۰، ۱۹، ۱۸ و ۳ با داشتن کمترین میزان اثر توام وزن هزار دانه و پایداری به‌ترتیب به‌عنوان ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها معرفی شدند.

نتایج حاصل از روش گزینش همزمان برای تعداد دانه در سنبله و پایداری ژنوتیپ‌های گندم نان در جدول ۷ ارایه شده است. بر این اساس، ژنوتیپ‌های ۶، ۱، ۱۹، ۵، ۱۷، ۱۴ و ۴ به‌ترتیب از نظر شاخص گزینش همزمان، پایداری و عملکرد بالاتری برای این صفت داشتند و در مقابل، ژنوتیپ‌های ۱۱، ۱۲، ۱۰، ۷، ۲۰، ۳ و ۲ به‌ترتیب با داشتن کمترین میزان اثر توام تعداد دانه در سنبله و پایداری، به‌عنوان ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها از لحاظ این دو پارامتر بودند.

نتایج حاصل از روش گزینش همزمان برای تعداد سنبله در مترمربع در جدول ۸ ارایه شده است. چنانچه مشاهده می‌شود، ژنوتیپ‌های ۶، ۱۷، ۱، ۱۰، ۵، ۱۶، ۱۵، ۲، ۱۲ و ۷ به‌ترتیب از نظر این شاخص دارای ارزش‌های بالاتر از میانگین بودند و از این‌رو به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر انتخاب شدند. در مقابل، ژنوتیپ‌های ۱۱، ۸، ۱۸، ۹، ۳، ۴، ۱۳، ۲۰، ۱۴ و ۱۹ به‌ترتیب ارزش‌های کمتری از میانگین برای اثر توام تعداد سنبله در مترمربع و پایداری داشتند و از این‌رو به‌عنوان ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها معرفی شدند.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج حاصل از روش گزینش همزمان برای عملکرد دانه در جدول ۹ ارایه شده است. نتایج نشان داد که به‌ترتیب ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۵، ۸، ۱، ۱۳، ۱۱، ۱۷، ۴ و ۹ دارای ارزش‌های بالاتر از میانگین بودند و به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار و پرمحصول انتخاب شدند. ژنوتیپ‌های ۳، ۱۹، ۱۸، ۱۲، ۲۰، ۱۶، ۱۵، ۱۴، ۱۰ و ۲ نیز به‌ترتیب با داشتن کمترین میزان اثر توام عملکرد و پایداری، ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها از نظر پایداری و عملکرد بودند.

نتایج بررسی پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم با استفاده از روش GGE biplot در شکل‌های ۱ تا ۳ ارایه شده است. بر این اساس، مولفه‌های اصلی اول و دوم به‌ترتیب ۷۶/۳۸ و ۱۴/۹۳ درصد و در مجموع ۹۱/۳۰ درصد از واریانس را تبیین کردند، به‌عبارت دیگر، ۹۱/۳۰ درصد از تغییرات عملکرد توسط مدل GGEbiplot توجیه شده است. در بای‌پلات یک چندضلعی (شکل ۱-a) از متصل کردن دورترین ژنوتیپ‌ها از مبدأ بای‌پلات به یکدیگر ایجاد می‌شود که با استفاده از این بای‌پلات و چندضلعی درون آن می‌توان بهترین محیط و رقم را شناسایی کرد. در این بای‌پلات، چهار بخش قابل مشاهده است و در هر بخش نیز بهترین ژنوتیپ، ژنوتیپی است که در رأس چندوجهی قرار دارد. این ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد بهترین و یا ضعیف‌ترین ژنوتیپ ها در بعضی از محیط‌ها و یا همه محیط‌ها بودند. براساس شکل ۱ ژنوتیپ‌های ۵، ۱۷، ۳ و ۱۸ در رأس این چندضلعی قرار گرفته‌اند. در پنج محیط، ژنوتیپ‌های ۵، ۱۷ و ۸ به‌عنوان ژنوتیپ‌های با پایداری و عملکرد بالاتر معرفی شدند و ژنوتیپ‌های ۷، ۱۵ و ۶ که نزدیک مرکز بای‌پلات قرار دارند، دارای عملکرد متوسطی در محیط‌ها بوده‌اند.

جدول ۶- روش گزینش همزمان ژنوتیپ‌های گندم نان برای پایداری و وزن هزار دانه

Table 6. Simultaneous selection method of bread wheat genotypes for stability and 1000-grain weight

ژنوتیپ Genotype	وزن هزار دانه 1000-grain weight	رتبه وزن هزار دانه 1000-grain weight rank	تصحیح رتبه وزن هزار دانه Correcting 1000-grain weight rank	رتبه تصحیح‌شده Corrected rank	واریانس پایداری شوکلا Shukla's stability variance	میزان پایداری Stability rate	گزینش همزمان وزن هزار دانه و پایداری Simultaneous selection of 1000-grain weight and stability
1	33.22	18	1	19	72.46**	-8	11
2	31.49	13	1	14	26.90**	-8	6
3	24.32	1	-1	0	5.11+	-2	-2
4	31.73	3	-1	2	69.41**	-8	-6
5	33.62	20	1	21	25.07**	-8	13
6	29.08	8	-1	7	3.20ns	0	7
7	30.68	9	1	10	20.43**	-8	2
8	33.41	19	1	20	27.72**	-8	12
9	31.57	14	1	15	26.88**	-8	7
10	28.63	7	-1	6	11.39*	-4	2
11	31.66	15	1	16	14.56*	-4	12
12	31.26	12	1	13	49.55**	-8	5
13	31.06	10	1	11	30.11**	-8	3
14	31.72	16	1	17	12.46*	-4	13
15	31.21	11	1	12	18.64**	-8	4
16	28.07	2	-1	1	20.45**	-8	-7
17	33.04	17	1	18	31.94**	-8	10
18	28.58	6	-1	5	30.97**	-8	-3
19	28.54	5	-1	4	44.12**	-8	-4
20	28.41	4	-1	3	41.94**	-8	-5
میانگین Mean	30.565						4.0

ns، +، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۱۰ ٪، ۵ ٪ و ۱ ٪.

ns, +, * and **: Not-significant and significant at 10%, 5% and 1% probability levels, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- روش گزینش همزمان ژنوتیپ‌های گندم نان برای پایداری و تعداد دانه در سنبله

Table 7. Simultaneous selection method of bread wheat genotypes for stability and grain number per spike

ژنوتیپ Genotype	تعداد دانه در سنبله No. of grain/spike	رتبه تعداد دانه در سنبله No. of grain/spike rank	تصحیح رتبه Correcting rank	رتبه تصحیح‌شده Corrected rank	واریانس پایداری شوکلا Shukla's stability variance	میزان پایداری Stability rate	گزینش همزمان تعداد دانه و پایداری Simultaneous selection of grain number and stability
1	33.24	19	1	20	19.65*	-4	16
2	24.32	7	-1	6	20.82+	-2	4
3	23.24	6	-1	5	10.45+	-2	3
4	26.42	11	1	12	10.49+	-2	10
5	34.12	20	2	22	191.11**	-8	14
6	30.3	17	1	18	5.45ns	0	18
7	22.82	4	-1	3	13.27+	-2	1
8	24.68	8	-1	7	133.36ns	0	7
9	27.56	14	1	15	89.54**	-8	7
10	22.46	3	-1	2	15.33+	-2	0
11	20.16	1	-1	0	163.95**	-8	-8
12	20.94	2	-1	1	6.70+	-2	-1
13	27.34	13	1	14	61.98**	-8	6
14	26.45	12	1	13	16.83+	-2	11
15	29.42	15	1	16	31.66**	-8	8
16	25.9	9	-1	8	11.00ns	0	8
17	30.5	18	1	19	36.42**	-8	11
18	25.94	10	-1	9	26.76ns	0	9
19	29.51	16	1	17	46.15+	-2	15
20	23.32	5	-1	4	17.68+	-2	2
میانگین Mean	25.932						7.05

ns، +، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۱۰ ٪، ۵ ٪ و ۱ ٪.

ns, +, * and **: Not-significant and significant at 10%, 5% and 1% probability levels, respectively.

رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد دانه و میزان پایداری عملکرد آن‌ها در شکل ۱-b ارایه شده است. خطی که از مرکز بای‌پلات (مبدا) می‌گذرد و بر محور میانگین محیط‌ها عمود است، جهت تعیین پایداری ارقام استفاده می‌شود، به‌طوری‌که ژنوتیپ‌هایی که نزدیک به مبدا این محور قراردارند، نسبت به آن‌هایی که نزدیک به انتهای این خط هستند و در راستای محور عمودی، خط کوتاه‌تری تشکیل می‌دهند، پایداری بیشتری دارند و به تغییر محیط واکنش زیادی نشان نمی‌دهند. با توجه به شکل ۲، ژنوتیپ شماره ۵ بالاترین میانگین عملکرد و ژنوتیپ شماره ۱۲ پایین‌ترین میزان عملکرد را نشان دادند. همچنین، ژنوتیپ‌های ۵، ۸ و ۶ پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. پایداری زمانی محقق می‌شود که عملکرد متوسط و بیشتر در نظر گرفته شود.

ژنوتیپ ایده‌آل نیز با استفاده از روش گرافیکی GGEbiplot تعیین شد (شکل ۱-c). ژنوتیپ ایده‌آل ژنوتیپی است که از میانگین عملکرد بالا و پایداری بالا برخوردار باشد و از نظر مکانی در مرکز دوایر متحدالمرکز بای‌پلات قرار دارد. ایده‌آل‌ترین ژنوتیپ‌ها در مرکز دوایر متحدالمرکز واقع می‌شوند و ژنوتیپ‌هایی که نزدیک به ژنوتیپ ایده‌آل باشند، به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر معرفی می‌شوند. بر این اساس، ژنوتیپ ۵ نزدیک‌ترین ژنوتیپ به مرکز بای‌پلات بود و به‌عنوان ژنوتیپ ایده‌آل شناخته شد. ژنوتیپ‌های ۸ و۶ نیز نزدیک به ایده‌آل‌ترین ژنوتیپ بودند و به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر معرفی می‌شوند. محیط ایده‌آل نیز محیطی است که از نظر مکانی در مرکز دوایر متحدالمرکز بای‌پلات قرار دارد و محیطی که فاصله کمتری از مرکز داشته باشد، محیط بهتری است. محیط ایده‌آل نماینده مناسبی برای بررسی ژنوتیپ‌ها می‌باشد. بر

www.SID.ir

Archive of SID

این اساس، محیط‌های ۳ و ۵ به‌عنوان محیط‌های ایده‌آل شناخته شدند. ولتاز و همکاران (Voltas *et al.*, 2005) و سامانته و همکاران (Samonte *et al.*, 2005) تاکید کردند که مدل رگرسیون مکانی در آزمایش‌های ناحیه‌ای عملکرد، بیشترین کارآیی را در توجیه تغییرات داشته و استفاده از آن نتایج بهتر و موثری در بر داشت.

نتایج حاصل از روش GGE biplot نشان داد که در مورد وزن هزار دانه به‌ترتیب ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۵، ۱۷، ۱۵ و ۴ به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار محسوب می‌شوند. در صفت تعداد دانه در سنبله نیز ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۵، ۱۷ و ۱۵ و در صفت تعداد سنبله در مترمربع، ژنوتیپ‌های شماره ۱۵، ۶، ۱۶ و ۵ به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار انتخاب شدند. در نهایت در صفت عملکرد دانه نیز ژنوتیپ‌های شماره ۵، ۸، ۶، ۱ و۱۷ به‌ترتیب به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار انتخاب شدند. بنابراین، نتایج روش GGE biplot در مجموع برای عملکرد و اجزای عملکرد نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۵، ۱، ۶، ۱۵، ۱۷ و ۸، ژنوتیپ‌های پایداری هستند.

جدول ۸- روش گزینش همزمان ژنوتیپ‌های گندم نان برای پایداری و تعداد سنبله در مترمربع

Table 8. Simultaneous selection method of bread wheat genotypes for stability and spike number per m^2

ژنوتیپ Genotype	تعداد سنبله در مترمربع No. of spike/m^2	رتبه تعداد سنبله No. of spike rank	تصحیح رتبه Correcting rank	رتبه تصحیح شده Corrected rank	واریانس پایداری شوکلا Shukla's stability variance	میزان پایداری Stability rate	گزینش همزمان تعداد سنبله و پایداری Simultaneous selection of spike number and stability
1	300.9	17	1	18	2033^{ns}	0	18
2	296.7	13	1	14	4657^{+}	-2	12
3	259.2	5	-1	4	2577^{ns}	0	4
4	261.2	6	-1	5	2330^{ns}	0	5
5	298.0	15	1	16	7660^{ns}	0	16
6	310.9	19	1	20	1403^{ns}	0	20
7	267.4	11	-1	10	1897^{ns}	0	10
8	230.4	3	-1	2	8085^{+}	-2	0
9	274.4	2	-1	1	9977^{ns}	0	1
10	298.5	16	1	17	5460^{ns}	0	17
11	209.4	1	-1	0	13159^{ns}	0	0
12	269.1	12	-1	11	14495^{ns}	0	11
13	261.9	7	-1	6	3562^{ns}	0	6
14	264.0	9	-1	8	864^{ns}	0	8
15	334.5	20	1	21	15665^{**}	-8	13
16	297.3	14	1	15	1474^{ns}	0	15
17	308.5	18	1	19	2997^{ns}	0	19
18	252.0	4	-1	3	2997^{ns}	-2	1
19	266.1	10	-1	9	522^{ns}	0	9
20	260.1	8	-1	7	51^{ns}	0	7
Mean میانگین	276.025						9.6

ns، +، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۱۰ ٪، ۵ ٪ و ۱ ٪.

ns, +, * and **: Not-significant and significant at 10%, 5% and 1% probability levels, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

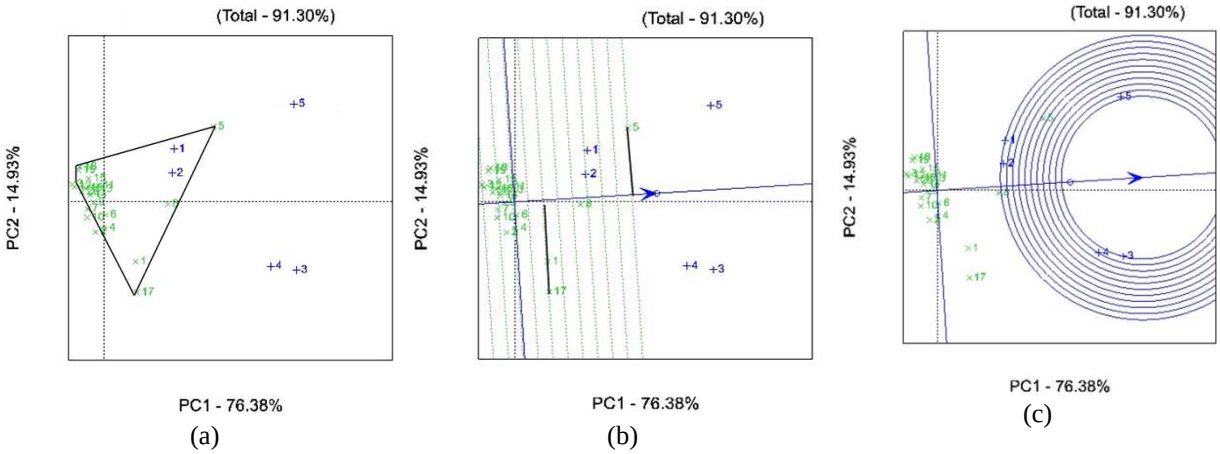
جدول ۹- روش گزینش همزمان ژنوتیپ‌های گندم نان برای پایداری و عملکرد دا نه

Table 9. Simultaneous selection method of bread wheat genotypes for stability and grain yield

ژنوتیپ Genotype	عملکرد Yield (t/ha)	رتبه عملکرد yield rank	تصحیح رتبه Correcting rank	رتبه تصحیح‌شده Corrected rank	واریانس پایداری شوکلا Shukla's stability variance	میزان پایداری Stability rate	گزینش همزمان عملکرد و پایداری Simultaneous selection of yield and stability
1	5.623	18	2	20	3.965^{**}	-8	12
2	3.29	10	-1	9	0.638^{*}	-4	5
3	2.402	2	-1	1	0.800^{**}	-8	-7
4	3.812	15	-1	14	0.920^{*}	-4	10
5	6.475	20	3	23	4.831^{**}	-8	15
6	4.083	16	1	17	0.334^{ns}	0	17
7	3.039	7	-1	6	-0.017^{ns}	0	6
8	6.382	19	2	21	9.352^{**}	-8	13
9	3.317	11	-1	10	0.044^{ns}	0	10
10	2.851	5	-1	4	0.093^{ns}	0	4
11	3.660	14	-1	13	0.161^{+}	-2	11
12	2.301	1	-1	0	0.336^{+}	-2	-2
13	3.508	13	-1	12	0.105^{ns}	0	12
14	3.247	9	-1	8	0.823^{*}	-4	4
15	3.386	12	-1	11	1.368^{**}	-8	3
16	3.201	8	-1	7	0.892^{*}	-4	3
17	5.195	17	1	18	7.590^{**}	-8	10
18	2.944	6	-1	5	2.038^{**}	-8	-3
19	2.778	3	-1	2	1.298^{**}	-8	-6
20	2.836	4	-1	3	0.227^{+}	-2	1
میانگین Mean	3.866						5.9

^{ns}، $^{+}$، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۱۰ ٪، ۵ ٪ و ۱ ٪.

^{ns}, $^{+}$, * and **: Not-significant and significant at 10%, 5% and 1% probability levels, respectively.



شکل ۱- روش GGE-biplot. a) چندضلعی برای تعیین بهترین ژنوتیپ و محیط از نظر عملکرد دانه، b) میانگین عملکرد دانه و پایداری ژنوتیپ‌ها، c) تعیین ژنوتیپ ایده‌آل و محیط ایده‌آل. اعداد با رنگ آبی و سبز به‌ترتیب محیط‌ها و ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهند.

Figure 1. GGE-biplot method. a) Polygonal for determining the best genotype and medium for grain yield, b) Average of grain yield and genotypes stability, c) Determining the ideal genotype and environment. The numbers with blue and green color indicate environments and genotypes, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

مهتا و همکاران (Mehta *et al.*, 2000) ضمن مطالعه پایداری ارقام گندم از روش ابرهارت و راسل برای تعیین ارقام سازگار و با عملکرد پایدار استفاده و ارقام با عملکرد بالا، ضریب رگرسیون بالاتر از یک و انحراف از خط رگرسیون کم را برای مناطق حاصل‌خیز توصیه کردند. روستایی و همکاران (Roustayi *et al.*, 2004) نیز در بررسی سازگاری و پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم نان در مناطق گرمسیر و نیمه‌گرمسیر از روش‌های لین و بینز، ضریب تغییرات و روش غیرپارامتری رتبه استفاده و رقم کوهدشت (Tr8010200) را به‌عنوان پایدارترین و پرمحصول‌ترین رقم در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه گزارش کردند. رحیمی و همکاران (Rahimi *et al.*, 2009) نیز جهت تعیین پایداری عملکرد دانه ارقام و لاین‌های گندم، تاریخ کاشت مناسب و ژنوتیپ‌های پرمحصول برای اقلیم معتدل کشور، ۱۵رقم و لاین امیدبخش گندم را در سه تاریخ کاشت ارزیابی کردند و برای بررسی دقیق‌تر، تجزیه پایداری را با روش‌های مختلف انجام دادند. نتایج حاصل از روش‌های ارزیابی شده تا اندازه‌ای مشابه بودند و در بیشتر روش‌ها رقم شیراز با میانگین عملکرد ۹/۷۹ تن در هکتار پایدارترین رقم شناخته شد.

ژیانی و همکاران (Zhyani *et al.*, 2010) نیز جهت مقایسه ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف به‌علت وجود برهمکنش ژنوتیپ × محیط و به‌منظور تعیین پایداری عملکرد دانه ده ژنوتیپ پیشرفته گندم زمستانه و بینابین، آزمایش‌هایی را در دو سال و در نه ایستگاه تحقیقاتی اقلیم سرد کشور انجام دادند و با استفاده از روش‌های مختلف تجزیه پایداری، ژنوتیپ‌های Yan(1) و Yan(3) را که در چند روش برتر بودند، به‌عنوان پایدار گزارش کردند. نجفی میرک (Najafi Mirak, 2011) ۱۵ لاین و رقم گندم نان زمستانه را در هشت منطقه مختلف با استفاده از روش‌های مختلف تجزیه پایداری بررسی کرد. نتایج حاصل از روش‌های مختلف تا حدود زیادی مشابه بودند و در بیشتر روش‌ها رقم گاسکوژن و لاین C-81-14 به‌ترتیب با میانگین عملکرد دانه 7841 و 8250 کیلوگرم در هکتار دارای عملکرد دانه پایدارتری بودند.

نتیجه‌گیری کلی

تجزیه پایداری به روش رتبه‌ای نشان داد که به‌ترتیب ژنوتیپ‌های ۵، ۱، ۶ و ۸ از نظر عملکرد دانه، ژنوتیپ‌های برتر بودند. بر اساس روش ابرهارت و راسل نیز در میان ژنوتیپ‌های مطالعه شده، ژنوتیپ‌های ۷، ۶، ۹، ۱۰ و ۱۳ به‌عنوان برترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه بودند. روش گزینش همزمان برای عملکرد و اجزای عملکرد نیز نشان داد که از نظر وزن هزار دانه ژنوتیپ‌های ۵، ۱۴، ۸، ۱۱ و ۱، از نظر تعداد دانه در سنبله ژنوتیپ‌های ۶، ۱، ۱۹، ۵، ۱۷ و ۱۴، از نظر تعداد سنبله در مترمربع ژنوتیپ‌های ۶، ۱۷، ۱، ۱۰ و ۵ و از نظر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های ۶، ۵، ۸، ۱، ۱۳، ۱۱ و ۱۷ ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار در همه محیط‌ها بودند. به‌طورکلی، نتایج حاصل نشان داد که روش رتبه‌ای تا حدود زیادی نتیجه یکسان با روش گزینش همزمان ارایه داد و این دو روش ارقام پرمحصول و پرپتانسیل از نظر عملکرد را به‌عنوان رقم‌های برتر این محیط‌ها معرفی کردند. در صورتی‌که در روش ابرهارت و راسل، ارقام با پتانسیل تا حدودی بالاتر از میانگین کل به عنوان ارقام مناسب شناسایی شدند. بنابراین، برای انتخاب ارقام پرمحصول و پایدار و قابل توصیه به همه محیط‌ها پیشنهاد می‌شود از روش گزینش همزمان یا رتبه‌ای استفاده شود. در مجموع بر اساس نتایج به‌دست آمده از روش‌های مختلف تجزیه پایداری در این تحقیق، ژنوتیپ شماره ۵ با شجره Yang87-158 و ژنوتیپ شماره ۸ با شجره Milan-CM75118-B-5M-1Y-05M به‌عنوان ژنوتیپ‌های پرمحصول و سازگار در بین همه ژنوتیپ‌ها بودند و قابل توصیه به زارعین جهت کشت در محیط‌های هدف هستند.

References

Akcura, M., Kaya, Y., Taner, S. and Ayranici, R. 2006. Parametric stability analysis for grain yield of durum wheat. **Plant, Soil and Environment** 52 (6): 254-262.

Alizadeh, B. and Tarinejad, A. R. 2010. Aplication of MSTAT-C software in statistical analysis. Second edition. Stoude Press, Tabriz, Iran.

Dashtaki, M., Yazdansepas, A., Najafi Mirak, T., Ghannadha, M. R., Jokar, R., Eslampour, M. R., Moayyedi, A. A., Kochaki, A. R., Nazeri, M., Abedi Oskouyi, M. S., Aminzade, Gh. R., Soltani, R. and Ashori, Sh. 2004. Study on grain yield stability and harvest index in winter and

www.SID.ir

Archive of SID

faculdative bread wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). **Seed and Plant Improvement Journal** 20: 263-279. (In Persian with English Abstract).

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

Francis, T. R. and Kannenberg, L. W. 1978. Yield stability studies in short-season maize. **Canadian Journal of Plant Science** 58: 1025-1034.

Gabriel, K. R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. **Biometrika** 58: 453-467.

Gauch, H. G. 2006. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. Crop Science 46: 1488-1500.

Jarrah, M. and Geng, I. 1997. Variability of morphophysiological traits of mediterranean durum cultivars. **Rachis** 16 (1/2): 52-56.

Kang, M. S. 1993. Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials. Consequences for growers. **Agronomy Journal** 85: 754-757.

Mahfouzi, S., Amini, A., Chaichi, M., Jasemi, S. Sh., Nazeri, M., Abedi Skouyi, M. S., Aminzade, Gh. and Rezayi, M. 2009. Investigation on grain yield stability of winter bread wheat genotypes by using different stability parameters under end season drought stress. **Seed and Plant Improvement Journal** 25 (1): 82-65. (In Persian with English Abstract).

Mehta, H., Sawhney, R. N., Singh, S. S., Chaudhary, H. B., Sharma, D. N. and Sharma, J. B. 2000. Stability analysis of high yielding wheat at varying fertility levels. **Indian Journal of Genetics** 60 (4): 471-476.

Nadergoli, M. S., Yarnia, M. and Khoei, F. R. 2011. Effect of zinc and mangenese their application method on yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Khomein). **Middle-East Journal of Scientific Research** 8 (5): 859-865.

Najafi Mirak, T. 2011. Study of grain yield stability of bread wheat genotypes in cold agro-climatic zone of Iran. **Iranian Journal of Crop Science** 13 (2): 380-394. (In Persian with English Abstract).

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

Rahimi, M., Najafi Mirak, T. and Rashidi, V. 2009. Grain yield stability of wheat cultivars with different growth habit in medditeranian zone. **Seed and Plant Improvement Journal** 25 (1): 451-469. (In Persian with English Abstract).

Roemer, T. 1947. Sind die Ertragsreichen Sorten Erteragssichers? **Mitt. DLG** 32:87-89.

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

Roustayi, M., Hossinpour Hossini, K. T., Kalate, M. and Khalilzade, Gh. R. 2004. Investigation on grain yield stability and adaptation of advanced bread wheat lines in warm and semi warm arid region. **Iranian Journal of Agriculture Science** 35 (2): 427-436. (In Persian with English Abstract).

Soltain, A. 2012. Aplication of SAS software in statistical analysis. Mashhad University Jehad Press, Mashhad, Iran.

Soughi, H., Vahabzade, M., Kalate Arabi, M., Alat Jafarby, J., Khavarinejad, S., Gasemi, M., Fallahi, H. A. and Amini, A. 2009. Investigation on yield stability of promised bread wheat lines in warm and humid zone in north of Iran. **Seed and Plant Breeding Journal** 25 (1): 211-222. (In Persian with English Abstract).

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

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

Yang, R., Crossa, J., Cornelius, P. and Bugueño, J. 2009. Biplot analysis of genotype x environment interaction: Proceed with caution. **Crop Science** 49: 1564-1576.

Zhyani, A., Yazdansepas, A., Peygambari, S. A. and Khodarahmi, M. 2010. Study on yield stability of winter and faculdative bread wheat cultivars in some cold region. **Agronomy and Plant Breeding** 6 (2): 37-49. (In Persian with English Abstract).

www.SID.ir

Archive of SID

University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

Cereal Research
Vol. 6, No. 4, Winter 2017 (451-464)

Investigating the compatibility of bread wheat genotypes using Eberhart-Russell, simultaneous selection, bi-plot and non-parametric ranking methods

Alireza Tarinejad[1*]

Received: August 17, 2014 Accepted: January 25, 2016

Abstract

To study the stability of 20 bread wheat genotypes for grain yield and yield components, an experiment was carried out in randomized complete block design with two replications in five environments in East Azarbaijan provience, Tabriz and Meyane agricultural stations, Iran, during 2011-2014. The results of combined analysis of variance showed that the genotype × environment interaction was significant (at least $p<0.05$) for yield and yield components. Therefore, the stability analysis of the studied genotypes was conducted for yield and yield components using Eberhart and Russull, simultaneous selection and ranking non-parametric methods. Result from the combination of these methods showed that the genotypes 5, 14 and 8 for 1000-grain weight, the genotypes 1 , 5 and 6 for number of grain per spike and the genotypes 6 17 and 1 for number of spike per m^2, besides having less interaction with the environment than the other genotypes, had also higher yield potential. Hovewer, for grain yield the genotypes 5 (Yang87-158) and 8 (Milan CM75118-B-5M-1Y-05M) with grain yield of 6.47 and 6.38 t/ha, respectively, had less interaction with the environment and more stability and can be recommended for cultivation in similar climate in spring. The result of this research also showed that the stability analysis by ranking method had similar results with simultaneous selection method.

Keywords: Genotype × environment interaction, Grain yield and yield components, Stability

1. Associate Prof., Dept. of Biotechnology, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
* Corresponding author: atarinejad@yahoo.com

www.SID.ir