استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارامتری برای تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در ژنوتیپ‌های گندم نان

محتشم محمدی[1،*]، رحمت‌الله کریمی‌زاده[2]، طهماسب حسین‌پور[3]، حسن قوجق[4]، کمال شهبازی[5] و پیمان شریفی[6]

١- استاد، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گچساران

٢- استادیار، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور- سازمان تحققات، آموزش و ترویج کشاورزی، گچساران

٣- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد

٤- مربی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان - سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گنبد

٥- مربی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل - سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مغان

٦- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت

(تاریخ دریافت: ١٣٩٥/٠٦/١٤ – تاریخ پذیرش: ١٣٩٦/٠٥/٣٠)

چکیده

برنامه‌های اصلاحی معمولاً مبتنی بر ارزیابی تظاهر موفق ژنوتیپ‌ها در مناطق و سال‌های مختلف بویژه در مراحل نهایی گزینش ارقام در محیط هدف، تحت شرایط شیوع طبیعی تنش‌های خشکی و گرما هستند. انجام دقیق‌تر گزینش ژنوتیپ‌های گندم مستلزم کاهش اثرات محیطی برای تبیین ظرفیت ژنتیکی آنها با تحلیل مناسب اثر متقابل ژنوتیپ × محیط است. در این تحقیق، ١٨ ژنوتیپ پیشرفته گندم نان در پنج ایستگاه گچساران، گنبد، خرم‌آباد، مغان و ایلام در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار طی سه سال زراعی (٩٣-١٣٩٠) در شرایط دیم ارزیابی شدند. برای بررسی اثرات متقابل ژنوتیپ× محیط بر روی داده‌های سه ساله عملکرد دانه در هر ایستگاه و همچنین تمام ایستگاه‌ها، تجزیه واریانس مرکب انجام شد. سپس به دلیل معنی‌دار بودن اثرات متقابل سال× مکان و ژنوتیپ× سال× مکان، پایداری عملکرد دانه با استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارامتری ارزیابی شد. لاین‌های شماره ١٠ و ١٧ به‌ترتیب با تولید ٣٠٢٨ و ٣١٠٧ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان تولید دانه را داشتند. بر اساس آماره‌های پارامتری: CV_i، W_i^2، σ_i^2، θ_i، $MS_{Y/L}$ و MSPI و آماره‌های ناپارامتری: $S_i^{(2)}$، $S_i^{(3)}$، $S_i^{(6)}$، Top، Mid، Low، R-Sum، $\overline{R}$ و SDR، لاین شماره ١٠، از پایداری عملکرد مناسبی برخوردار بود. علاوه بر این، لاین‌های شماره ١٢ و ١٧ نیز محصول و پایداری عملکرد بالایی داشتند. دو لاین زودرس شماره ١٠ و ١٧، دارای ارتفاع بوته مطلوب و وزن هزار دانه نسبتاً زیادی بودند.

واژگان کلیدی: اصلاح، سازگاری، پایداری، دیم، خشکی، گرما

* نویسنده مسئول، آدرس پست الکترونیکی: **m-mohammadi @areeo.ac.ir**

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

خشکی و گرما عوامل کلیدی تاثیرگذار بر کاهش ظرفیت عملکرد گیاهان زراعی هستند (Barnabas *et al.*, 2008). عملکرد گندم در اغلب مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر به دلیل افزایش جهانی گرما که ممکن است کمبود آب یا خشکی را تشدید نماید، کاهش خواهد یافت (Ortiz *et al.*, 2007). این امر سبب می‌شود که فشار بسیار زیادی بر کشاورزی دیم وارد شود تا کارایی استفاده از بارندگی و عناصر غذایی بهبود یابد (Neil *et al.*, 2011).

بهبود ژرم پلاسم گندم دارای تحمل بیشتر در مقابل تنش های همبسته با چنین محیط‌هایی، راهکاری مناسب برای حل معضل مرتبط با خشکی و گرما است. ارزش بخشی از تولید که به بهبود ژنوتیپ‌ها نسبت داده می‌شود بالغ بر شش بیلیون دلار در سال برآورد شده است (Lantican et al., 2005). افزایشی تولید گندم منجر به کاهش بهای غذا گردیده (Von Braun, 2007) و سهم فقر درکشورهای درحال توسعه را کاهش داده است (Chen and Ravallion, 2007). بسیاری از مناطق نیازمند وجود ارقامی هستند که با توانایی تولید زیاد در محیط‌های مساعد آب و هوایی، بهنگام مواجهه با شرایط مخالف نیز تولید پایداری داشته باشند (Yang *et al.*, 2002).

اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (تغییر در ترتیب ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف) که سبب ناپایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌شود، پدیده پیچیده‌ای است که در بر گیرنده شرایط محیطی نظیر عوامل آگرواکولوژیکی، آب و هوایی و زراعی و همچنین عوامل ژنتیکی است که تعیین کننده رشد و نمو گیاه هستند (Annicchiarico, 2002). پایداری عملکرد از گزینش برای بهبود عملکرد سخت‌تر است، زیرا سنجش پایداری در برنامه‌های اصلاحی نیازمند ارزیابی در سال‌ها و مناطق زیادی است (Tester and Lengridge, 2010). این ارزیابی می‌بایست در طی زمان و مکان در محیط‌های هدف، جایی که رقم برای کشت توصیه می‌شود، صورت بگیرد. به موازات تداوم آزمایش‌ها تا مرحله پیشرفته، پیچیدگی و هزینه اجرای آزمایشات افزایش می‌یابد. در حالی که اطلاعات قابل ملاحظه‌ای برای چگونگی تحلیل اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در دسترس قرار می‌گیرد. فراهم ساختن پایگاه اطلاعاتی مبتنی بر اطلاعات دقیق، تولیدکنندگان را قادر به اتخاذ تصمیات آگاهانه می‌کند (Cullis *et al.*, 2000; Baenziger *et al.*, 2006; Roozeboom *et al.*, 2008).

آزمایش‌های چند منطقه‌ای بهترین ابزار برای فهم واکنش واریته‌ها به محیط‌ها است. ولی این فرآیند وقت‌گیر و پر هزینه است، اگرچه کارایی این فرآیند می‌تواند با روش‌های آماری مناسب افزایش یابد. هر گروه از محققان، یکی از روش‌ها یا بسته به ضرورت ترکیبی از آنها را در مطالعات خود جهت دستیابی به ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار به کار برده‌اند.

روش تجزیه واریانس مرکب معمول‌ترین روش برای شناسایی وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در آزمایشات چند محیطی است (Martin and Alberts, 2004). استفاده از تجزیه واریانس تنها محدود به حالت‌هایی است که شامل مدل‌های خطی با یکنواختی واریانس خطا و افزایشی بودن اثرات باشد و در موارد دیگر باعث کاهش دقت در تعیین اثر متقابل ژنوتیپ و محیط می‌شود. برای رفع این مشکلات روش‌های متعدد پارامتری، ناپارامتری و چند متغیره پیشنهاد شده است. لین و بینز (Lin and Binns, 1988) تیپ چهار پایداری را براساس تنوع غیرژنتیکی قابل پیش‌بینی و غیرقابل پیش‌بینی پیشنهاد داده‌اند. مولفه قابل پیش‌بینی به مکان‌ها مربوط بوده و مولفه غیر قابل پیش‌بینی با سال‌ها مرتبط است.

روش‌های ناپارامتری نظیر رتبه‌بندی نسبت به روش‌های پارامتری مزایایی دارند (Huehn, 1990). این روش‌ها سبب کاهش انحراف حاصل از داده‌های پرت گردیده و به پیش فرض‌های موجود در توزیع داده‌ها نیازی ندارند.

این گونه بررسی‌ها از ۳۰ سال قبل در ایستگاه‌های تحقیقاتی کشاورزی گرمسیری بطور پیوسته انجام می‌شود و هر ساله ارقام برتر تعیین و به مراحل آزمایشی

www.SID.ir

پیشرفته‌تر انتقال می‌یابند. نتایج بررسی‌های مشابه در سال های گذشته در مناطق دیم گرمسیری کشور منجر به معرفی ارقامی نظیر مارون، زاگرس، سیمره، گهر، نیک نژاد، کوهدشت، دهدشت، کریم، قابوس و آفتاب شده است.

اهداف اصلی این تحقیق عبارتند از : بررسی اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط و انتخاب ژنوتیپ(های) برتر با دامنه سازگاری وسیع و پایداری عملکرد مناسب گندم نان جهت کشت در مناطق دیم گرمسیری کشور و یا ارقام دارای سازگاری خصوصی در منطقه خاص.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، ١٨ لاین و رقم پیشرفته گندم نان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در پنج منطقه گرمسیری: گچساران، خرم‌آباد، گنبد، ایلام و مغان به مدت سه سال (٩٣-١٣٩٠) تحت شرایط دیم مورد بررسی قرار گرفتند. هر ژنوتیپ در کرتی شامل ٦ خط ٧ متری به فاصله ١٧/٥ سانتی‌متر از یکدیگر کشت شد. ابعاد کرت‌ها در تمام مناطق ثابت و پس از حذف نیم متر حاشیه طولی، سطح برداشت معادل ٦/٣ مترمربع بود. میزان بذر هر ژنوتیپ بر اساس ٣٠٠ دانه در مترمربع محاسبه گردید. قطعه زمین محل اجرای آزمایش در سال قبل به صورت آیش بود و عملیات تهیه بستر شامل شخم با گاوآهن، دیسک و روتیواتور بود. میزان کود مصرفی بر اساس نتایج تجزیه خاک و با منبع فسفات آمونیوم و اوره، تماما قبل از کاشت با خاک مخلوط شد.

جمعاً ١٥ محیط در کل آزمایش‌ها وجود داشت. سال‌ها و مکان‌ها و در نتیجه محیط‌ها به عنوان فاکتورهای تصادفی و ژنوتیپ به عنوان فاکتور ثابت در نظر گرفته شد.

محاسبات آماری زیر برای تجزیه اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط انجام شد: تجزیه واریانس مرکب برای هر منطقه برای تعیین بهترین لاین برای آن منطقه خاص، تجزیه واریانس مرکب (با توجه به همگن بودن اشتباهات آزمایشی) برای کلیه مناطق و تمام سال‌ها به منظور بررسی اثرات متقابل ژنوتیپ × محیط و مشخص نمودن بهترین ژنوتیپ از نظر عملکرد دانه در تمام یا بخشی از مناطق، تعیین میزان پایداری ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش میانگین ضریب تغییرات درون مکانی (Lin and Binns, 1988)، سنجش میزان پایداری بر اساس واریانس محیطی رومر(Roemer, 1917) و فرانسیس و کاننبرگ (Francis and Kannenberg, 1978)، محاسبه شاخص‌های پایداری اکووالانس ریک (Wricke, 1962) و واریانس پایداری شوکلا (Shukla, 1972)، بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش ناپارامتری رتبه (Ketata, 1988)، انحراف معیار رتبه و نسبت شاخص عملکرد (YIR) (Fox and Rosielle, 1982)، برآورد آماره‌های ناپارامتر نصار و هان (Nessar and Huhn, 1987) شامل آماره‌ها $S_i^{(2)}$، $S_i^{(3)}$ و $S_i^{(6)}$ و آماره‌های فاکس و همکاران (Fox et al., 1990)، برآورد پایداری ژنوتیپ‌ها بر مبنای روش گزینش همزمان عملکرد و پایداری(Ys_i) و با استفاده از روش از روش کنگ (Kang, 1993) و همچنن محاسبه روش مجموع رتبه کنگ (Kang 2004) و محاسبه شاخص مطلوبیت هرناندز و همکاران (Hernandez *et al.*, 1993) و برای انجام تجزیه‌های آماری از نرم افزار کامپیوتری SAS (2000) استفاده شد.

نتایج و بحث

داده‌های آب و هوایی مندرج در جدول ١ نشان داد که در اغلب محیط‌ها (سال‌ها و مناطق) میزان بارندگی نسبت به میانگین درازمدت کاهش داشت. هر چند، در برخی محیط‌ها بارندگی بیشتر از میانگین درازمدت بود. در سال نخست اجرای آزمایش، میزان بارندگی در ایستگاه‌های خرم‌آباد و ایلام حدود ٤٠ درصد کاهش نشان داد. در سال سوم اجرای آزمایش نیز در تمام ایستگاه‌ها به غیر از ایلام میزان بارندگی کمتر از میانگین دراز مدت گزارش گردید و شدت تنش در ایستگاه مغان بیشتر از سایر ایستگاه‌ها بود. فراوانی وقوع بارندگی‌های کم، متوسط و زیاد در ایستگاه‌های محل اجرای آزمایش در مقایسه با داده‌های درازمدت همخوانی نداشته است. از سوی دیگر، افزایش حرارت (داده‌ها ارائه نشده است) به‌ویژه در

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- مقایسه میزان بارندگی (mm) در سال‌های ۹۳-۱۳۹۰ و میانگین درازمدت آن در ماه‌های مختلف در پنج ایستگاه گچساران، گنبد، خرم‌آباد، مغان و ایلام

Table 1. Comparison of rainfall during 2011-2014 and long-term data in Gachsaran, Gonbad, Khoramabad, Moghan and Ilam stations

Location مکان	سال Year	مهر Mehr	آبان Aban	آذر Azar	دی Dey	بهمن Bahman	اسفند Esfand	فروردین Farvardin	اردیبهشت Ordibehesht	خرداد Khordad	جمع کل Total
گچساران Gachsaran	1390-91	0.0	92.1	61.1	42.4	120.7	47.5	44.8	0.1	0.0	408.7
	1391-92	0.4	58.7	211.0	108.9	38.9	23.6	13.0	49.2	0.0	503.7
	1392-93	0.0	117.3	56.2	161.6	32.3	24.0	18.0	1.0	0.0	410.4
	Longterm	3.0	32.5	92.1	114.5	77.1	53.2	44.3	13.7	0.7	431.0
گنبد Gonbad	1390-91	70.2	45.4	30.4	45.2	124.6	70.5	32.9	33.2	23.7	476.1
	1391-92	74.0	55.7	60.9	57.1	144.4	51.1	38.3	48.7	4.6	641.8
	1392-93	44.3	15.5	70.8	6.5	25.7	46.8	55.4	28.4	42.4	335.8
	Longterm	40.3	48.5	40.9	49.2	40.0	62.9	51.7	27.5	16.1	377.1
خرم‌آباد Khoramabad	1390-91	0.0	101.9	7.1	3.9	47.1	20.2	102.4	11.5	0.0	294.1
	1391-92	2.6	59.0	30.0	72.9	68.4	28.3	29.8	72.4	0.2	363.6
	1392-93	0.0	69.6	71.6	70.8	40.8	68.4	86.9	22.8	2.0	432.9
	Longterm	10.2	53.4	77.6	77.6	83.5	81.3	78.5	56.8	5.1	523.9
مغان Moghan	1390-91	59.9	94.5	2.7	22.2	28.6	48.4	19.2	37.8	34.5	348.8
	1391-92	3.4	41.8	10.1	25.5	26.5	18.9	14.4	14.4	106.1	261.1
	1392-93	23.1	15.7	47.4	0.4	5.4	8.2	22.8	16.9	17.6	157.5
	Longterm	36.5	27.8	20.7	14.0	19.1	31.7	29.0	37.3	19.0	216.1
ایلام Ilam	1390-91	0.0	59.6	5.2	30.5	77.8	55.0	93.5	7.7	0.0	329.3
	1391-92	5.1	61.5	91.8	68.6	93.2	14.7	20.4	40.8	0.0	396.1
	1392-93	0.0	156.4	100.5	85.4	95.2	75.9	31.8	24.8	4.0	574.0
	Longterm	9.1	65.9	80.9	87.9	96.7	92.1	74.1	77.3	2.4	535.5

ایستگاه‌های گچساران و گنبد طی مراحل حساس و بحرانی پرشدن دانه که معمولا مصادف با خشکی است، شدت کاهش محصول را افزایش داد. با در نظر گرفتن عملکرد دانه به عنوان برآیند نهایی واکنش گیاه به عوامل محیطی و با زیاد شدن شدت تنش‌های خشکی و گرما، میانگین کل عملکرد دانه در مقایسه با میانگین درازمدت محیطی (۳۶۰۰ کیلوگرم در هکتار) کمتر بوده است. با مقایسه داده‌های بارندگی و متوسط حرارت در زمان بررسی و داده‌های درازمدت، بنظر می‌رسد که بخش عمده کاهش عملکرد مربوط به کاهش بارندگی و سپس افزایش حرارت باشد، زیرا اصولا تنش گرما عاملی است که هرچند، بیشترین سطح زیر کشت را تحت تاثیر قرار می‌دهد، ولی تنش خشکی بیشترین خسارت اقتصادی را به همراه دارد (Kosina *et al.*, 2007). اثر منفی تنش خشکی در تظاهر عملکرد دانه در کشورهای توسعه یافته و درحال توسعه دنیا به خوبی مستند شده است (Hernandez, 2004; Guo, 2004; Passioura, 2007). برای گیاهان دانه‌ای شواهد کافی موجود است که نشان می‌دهد اگر تنش خشکی عملکرد دانه را کمتر از ۵۰ درصد پتانسیل موجود کاهش می‌دهد، اصلاح برای حداکثر عملکرد دانه و سازگاری عمومی (فنولوژی مطلوب و سازگاری حرارتی) ممکن است برای پیشرفت مطمئن عملکرد کفایت کند. البته این نشانه مبنای کاهش عملکردی برای تمام گیاهان از قبیل دانه‌ای، روغنی، حبوبات و سبزیجات وجود ندارد (Blum, 2011).

تجزیه واریانس مرکب سه ساله عملکرد دانه در هر یک از پنج ایستگاه نشان داد که اثر اصلی سال در تمام مناطق و اثر متقابل ژنوتیپ × سال نیز در تمام مناطق به استثنای خرم‌آباد، کاملا معنی‌دار بود (جدول ۲). این موضوع بیانگر وجود اثر متقابل بین شرایط آب و هوایی مختلف بر میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها طی سه سال در هر یک از ایستگاه‌ها بود. نتایج نشان داد که اثر اصلی ژنوتیپ‌ها معنی‌دار نبوده است. هرچند، بر اساس روش چند دامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی داری بین ژنوتیپ‌های آزمایشی وجود دارد (جدول ٤).

در ایستگاه گچساران، تمام لاین‌ها به استثنای لاین شماره ۱۸ در کلاس مشترک با شاهد (رقم کریم) قرار گرفتند.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ٢- تجزیه واریانس مرکب سه ساله عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان در هر یک از مناطق در سه سال زراعی

Table 2. Combined analysis of variance on grain yield for wheat genotypes in each station during 3 years

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of square				
		گچساران Gachsaran	گنبد Gonbad	خرم‌آباد Khoramabad	مغان Moghan	ایلام Ilam
سال Year	2	17678660**	55590376**	104794289**	153417232**	18538401**
خطای سال Error (Year)	9	1943397	513756	269647	428687.2	1498610.9
ژنوتیپ Genotype	17	452895.1ns	469044 ns	219476 ns	235628.9 ns	581371ns
ژنوتیپ × سال Genotype ×Year	34	453195.5**	412454**	425290 ns	253185.3**	336572*
خطای کل Total error	153	181400.8	28366	458326	87785	213345

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ١ و ٥ درصد و ns: عدم تفاوت معنی‌دار

* and ** means significant at 5 and 1 percent probability level, respectively, and ns: non-significant

همین لاین شماره ١٨ و لاین‌های شماره ٧، ١٥ و ١٦ در ایستگاه گنبد نسبت به شاهد در سطح احتمال ٥٪ کاهش داشتند. در ایستگاه‌های خرم‌آباد و ایلام تمام لاین‌ها به اتفاق شاهد در کلاس واحدی قرار داشتند. معهذا، لاین-های شماره ٢ و ٥ در ایستگاه مغان در مقایسه با رقم کریم کاهش معنی‌دار نشان دادند (جدول ٤).

نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس مرکب بر روی عملکرد دانه، اثرات متقابل سال× مکان و ژنوتیپ × سال× مکان را معنی‌دار نشان داد ولی اثر اصلی ژنوتیپ، سال و مکان معنی‌دار نبود (جدول ٣). تنوع آب و هوایی بین مکان‌های مختلف در هر سال و وقوع خشکسالی با شدت های متفاوت در سال‌های مختلف برای هر مکان، مانع از معنی‌دار شدن اثرات اصلی سال و مکان و اثرات متقابل ژنوتیپ× مکان و ژنوتیپ × سال بوده است.

در این تحقیق، لاین‌های شماره ١٧، ١٠، ٨ و ١١ بترتیب با میانگین عملکرد سه ساله ٣١٠٧، ٣٠٢٨، ٣٠٠٥ و ٢٩٨٩ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان تولید دانه را داشتند. هر چند، تمام لاین‌ها در کلاس مشترک با شاهد کریم (٢٩٧٨ کیلوگرم در هکتار) قرار گرفتند، ولی لاین‌های شماره ٢ و ٧ با تولیدکمترین محصول دانه نسبت به رقم کریم کاهش معنی‌داری در سطح احتمال ٥٪ نشان دادند (جدول ٤).

معنی‌دار شدن اثر متقابل سه‌جانبه (ژنوتیپ × محیط) نشان داد که روند واکنش ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف یکسان نبوده است (تغییر در ترتیب). بنابراین، برای یافتن لاین‌های مناسب برای مناطق دیم گرمسیری، تنها اتکا به میانگین لاین‌ها کافی نمی‌باشد و می‌بایست با استفاده از روش‌های مختلف تجزیه پایداری لاین‌های پرمحصول با عملکرد پایدار را گزینش نمود.

روش‌های تجزیه پایداری پارامتری تک‌متغیره

در جدول شماره ٥ تعداد ٧ آماره پارامتری پایداری عملکرد محاسبه شدند. با استفاده از پارامتر ضریب تغییرات محیطی بدست آمده برای هر ژنوتیپ، ژنوتیپ‌های دارای کمترین مقادیر ضریب تغییرات (شماره ١٧ و ٨ که میانگین عملکردی بالاتر از میانگین عملکرد رقم شاهد کریم) داشتند به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها انتخاب شدند. در روش پلاستد و پترسون (Plaisted and Peterson, 1959) ژنوتیپ‌های شماره ١٠، ١٢، ١٦ و ٨ به علت داشتن مقادیر کم θ_i به عنوان واریته‌های پایدار معرفی شدند. بدین معنی که سهم کمتری در اثر متقابل ژنوتیپ × محیط داشتند. ولی به‌دلیل عملکرد پایین ژنوتیپ شماره ١٦، فقط ژنوتیپ‌های ١٠، ١٢ و ٨ که دارای عملکردی بالاتر از میانگین عملکرد کل و رقم

Archive of SID

www.SID.ir

شاهد کریم بودند به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها در این روش انتخاب شدند.

در روش پلاستد (Plaisted, 1960) به علت بزرگ بودن واریانس اثر متقابل باقیمانده $\theta_{(i)}$، ژنوتیپ‌های شماره ۱۰، ۱۲، ۱۶، ۸، ۱۸، ۹ و ٤ به عنوان ژنوتیپ‌هایی معرفی شدند که سهم کمتری در اثر متقابل داشتند. اما بدلیل پایین‌بودن میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های شماره ۱۶، ٤ و ۹، ژنوتیپ‌های شماره ۱۰، ۱۲ و ۸ که دارای عملکرد مطلوبی بودند به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها در این روش انتخاب شدند. در روش‌های اکووالانس ریک (Wrick, 1962) و واریانس شوکلا (Shukla, 1972) نتایج نشان داد ژنوتیپ‌های شماره ۱۰، ۱۲، ۱۶، ۸ و ٤ از مقادیر کمتر اکووالانس و واریانس اثر متقابل برخوردار بودند. شاخص برتری (PI) که توسط لین و بینز (Lin and Binns, 1988) معرفی شد واریته‌ای را پایدار می‌داند که در طول سال‌های مورد آزمایش نوسان کمتری داشته باشد و به همین دلیل میانگین واریانس بین سال‌های درون مکان‌ها ($MS_{Y/L}$) را به عنوان پارامتر پایداری پیشنهاد دادند. با استفاده از این روش ژنوتیپ‌های شماره ۸، ۱۰، ۱۲، ۱٤، ۱۷ و ۱۵ به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها معرفی شدند اما بدلیل پایین‌بودن میانگین عملکرد ژنوتیپ شماره ۱۵، این ژنوتیپ از لیست ژنوتیپ‌های پایدار حذف شد (جدول ۵). علاوه بر این، میانگین مربعات این شاخص نیز به‌عنوان یک پارامتر کمکی برای ارزیابی بهتر ژنوتیپ‌ها پیشنهاد شده است. ژنوتیپ‌های ۱۷، ۱٤، ۱۲، ۱۰ و ۸ به ترتیب دارای کمترین میزان میانگین مربعات (MSPI) بودند. بنابراین، به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار در این روش محسوب می‌شوند. این روش نیز ژنوتیپ‌های پرمحصول را پایدار می‌داند و به عبارت دیگر، بیشتر به پایداری دینامیک یا زراعی گرایش دارد (Flores *et al.*, 1998).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس مرکب بر روی عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در تمام مناطق و سال‌های مختلف

Table 3. Combined analysis of variance on grain yield for wheat genotypes in each station during 3 years

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	جمع مجذورات Source of square	میانگین مجذورات Mean of square	نسبت F F ratio
مکان Location	4	1115207884	278801971	3.36 ns
سال Year	2	37472908	18736454	0.23 ns
سال × مکان Year × Location	8	662565007	82820626	88.97**
خطای اول Error (1)	45	41886879	930820	
ژنوتیپ Genotype	17	7975011	469118	1.09 ns
ژنوتیپ × سال Genotype × Year	34	13493017	396853	1.06 ns
ژنوتیپ × مکان Genotype × Location	68	25318040	372324	1.00ns
ژنوتیپ × سال × مکان Genotype × Location × Year	136	50450681	370961	1.91**
خطای دوم Error (2)	765	148291114	193845	

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ns: عدم تفاوت معنی‌دار

* and ** means significant at 5 and 1 percent probability level, respectively, and ns: non-significant

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ٤- متوسط سه ساله عملکرد دانه ژنوتیپ های گندم نان در هر یک از مناطق

Table 4. Three years mean yield for wheat genotypes in each station

Ent	ژنوتیپ/ والدین Variety / Line	گچساران Gachsaran	گنبد Gonbad	خرم‌آباد Khoramabad	مغان Moghan	ایلام Ilam	تمام مناطق All locations
1	KARIM	3782	3938	3961	1678	1530	2978
2	KAL/BB//YD/3/PASTOR CMSS99M00981S-0P0M-040SY-040M-040SY-16M-0ZTY-0M-0SY	3631	4032	3488	1473	1242	2773
3	CROC_1/AE.SQUARROSA (224)//OPATA/3/ PASTOR CMSA00Y00086S-0P0Y-040M-040SY-030M-18ZTY-0M-0SY	3246	4137	3579	1671	1607	2848
4	CHEN/AE.SQ//2*WEAVER/3/BABAX/4/JARUCMSS99Y03525T-040M-040Y-040M-040SY-040M-19Y-010M-0ZTB-0SY-	3406	4029	3760	1778	1500	2894
5	TAM200/TUI//MILAN/KAUZ/3/CROC-1/AE. SQUARROSA (224)// OPATACMSS97M03159T-040Y-0B-0AP-2AP-0APS-	3633	4023	3570	1448	1958	2927
6	PRL/2*PASTORCGSS97Y00034M-099TOPB-027Y-099M-099Y-099M-27Y-0B	3668	3914	3796	1917	1213	2901
7	CNDO/R143//ENTE/MEXI_2/3/AEGILOPS QUA RR OSA (TAUS)/4/WEAVER/5/PASTOR CMSS96 M03 230S-050M-050SY-040SY-030M-19SY-010M-0Y-0SY	3507	3354	3516	1845	1679	2780
8	WHEAR/KUKUNA/3/C80.1/3*BATAVIA//2*WBLL1CGSS03B00080T-099Y-099M-099Y-099M-7WGY-0B	3708	4003	3590	1968	1756	3005
9	BABAX/LR42//BABAX/3/ER2000CMSA01Y00176S-040P0Y-040M-030ZTM-040SY-30M-0Y-0SY	3697	4089	3726	1757	1431	2940
10	KS82142/2*WBLL1CMSA01Y00397T-040M-040P0Y-040M-030ZTM-040SY-4M-0Y-0SY	3931	4038	3792	1858	1521	3028
11	KS82142/2*WBLL1CMSA01Y00397T-040M-040P0Y-040M-030ZTM-040SY-21M-0Y-0SY	4007	3969	3596	1862	1513	2989
12	BERKUT/3/ATTILA*2//CHIL/BUCCMSA01M00078S-040P0M-030ZTM-040SY-040M-43Y-0M-0SY	3739	3925	3776	1757	1633	2966
13	PASTOR//HXL7573/2*BAU/3/WBLL1PTSS02Y00023S-0Y-030ZTM-040SY-040M-19Y-0M-0SY	3733	4138	3516	1829	1533	2950
14	MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCNPTSS02B00132T-0TOPY-0B-0Y-0B-38Y-0M-0SY	3513	4071	3628	1816	1852	2976
15	WHEAR/KIRITATI/3/C80.1/3*BATAVIA//2*WBLL1CGSS03B00077T-099Y-099M-099Y-099M-47WGY-0B	3776	3630	3765	1792	1828	2958
16	TC870344/GUI//TEMPORALERA M 87/AGR/3/2* WBLL1CMSA01Y00725T-040M-040P0Y-040M-030ZTM-	3727	3740	3497	1740	1524	2846
17	TC870344/GUI//TEMPORALERA M 87/AGR/3/2* WBLL1 CMSA 01Y00725T-040M-040P0Y-040M-030ZTM-040SY-33M-CHRZ//BOW/CROW/3/WBLL1/4/CROC_1/AE.SQUARROSA (213)//PGOCMSA02Y00509T-040M-040P0Y-040ZTM-040SY-040M-15ZTY-03M-0Y	3966	3879	3688	1953	2050	3107
18		3493	3771	3508	1747	1563	2816

جدول ۵- مقادیر آماره‌های پارامتری پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان در سه سال اجرای پژوهش

Table 5. Stability parametric statistics for grain yield of wheat genotypes during 3 years

PI	D_i^2	$\theta_{(i)}$	θ_i	σ_i^2	W_i^2	CVi	میانگین Mean	ژنوتیپ Genotype
209487	3376771	85174	162432	239690	3055734	48.3	2978	G1
294193	2333102	91626	110816	130005	1690763	53.6	2773	G2
243155	1622856	93286	97540	101793	1339685	48.7	2848	G3
202208	1121693	95906	76577	57248	785340	47.9	2894	G4
223962	2055800	88733	133963	179192	2302871	43.3	2927	G5
239820	2402772	91673	110441	129208	1680846	51.9	2901	G6
282336	1510268	91355	112985	134616	1748139	45.2	2780	G7
140661	890169	96260	73743	51226	710400	44.7	3005	G8
199498	1331946	95422	80453	65485	887842	48.2	2940	G9
126844	1058458	97505	63785	30066	447074	47.8	3028	G10
153566	1505613	94471	88060	81649	1088994	47.3	2989	G11
141899	925442	97258	65763	34268	499365	47.3	2966	G12
187933	1409151	94435	88342	82249	1096471	47.1	2950	G13
146913	1601029	93841	93098	92356	1222239	47.3	2976	G14
157729	970800	94567	87287	80006	1068559	43.1	2958	G15
216833	657545	97034	67550	38065	546624	46.4	2846	G16
95733	1120398	94052	91406	88759	1177478	41.5	3107	G17
259207	867949	95052	83411	71770	966065	45.2	2816	G18

Archive of SID

www.SID.ir

شاخص مطلوبیت (DI) هرناندز و همکاران (Hernandez *et al.*, 1993) نیز روشی براساس رگرسیون می‌باشد که علاوه بر روش رگرسیون از عملکرد ژنوتیپ‌ها نیز برای معرفی ژنوتیپ پایدار استفاده می‌کند. ژنوتیپ‌های مطلوب براساس این روش معمولاً دارای میانگین عملکرد بالا می‌باشند. هر چه شاخص مطلوبیت مقدار بیش‌تری داشته باشد، نشان دهنده‌ی پایداری بالاتر است. براساس مقادیر این شاخص در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ۵ و ٦ دارای بیشترین مقادیر شاخص مطلوبیت و ژنوتیپ شماره‌ی ١٦ دارای حداقل مقدار شاخص مطلوبیت بود. کایا و اوزر (Kaya and Ozer, 2014) نشان دادند که ژنوتیپ‌های انتخابی در این روش دارای میانگین عملکرد بالا می‌باشند و دارای ضریب رگرسیونی بیش‌تر از یک هستند و در مقابل ژنوتیپ‌های دارای ضریب رگرسیونی کمتر از یک در این روش ناپایدار بودند. نتایج این تحقیق با یافته‌های کایا و اوزر (Kaya and Ozer, 2014) و محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2014) مطابقت دارد. با توجه به این مطلب پایداری از نوع شاخص مطلوبیت بیشتر بر پایداری دینامیک یا زراعی دلالت دارد.

روش‌های ناپارامتری پایداری عملکرد دانه

ابتدا داده‌های عملکرد دانه‌ی ژنوتیپ‌های گندم نان براساس اختلاف عملکرد دانه ژنوتیپ iام در محیط jام ($\overline{X}_{ij}$) با میانگین عملکرد ژنوتیپی ($\overline{X}_{i.}$) تصحیح شد و سپس به داده‌ها در هر محیط رتبه داده شد. نتایج بدست آمده از محاسبه آماره‌های ناپارامتری مختلف نشان داد که ژنوتیپ‌های ۹، ۱۰، ۱۲، ١٦، ۱۸ و ٤ دارای کمترین مقادیر $S_i^{(2)}$ هستند و بنابراین به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها در این روش معرفی شدند. البته به دلیل میزان عملکرد پایین ژنوتیپ‌های ٤، ۹ و ١٦، این ژنوتیپ‌ها از لیست ژنوتیپ‌های پایدار حذف شدند و ژنوتیپ‌های شماره‌ی ۱۰، ۱۲ و ۱۸ به عنوان پایدارترین ژنوتیپ در این روش معرفی شدند. ژنوتیپ‌های ۲، ٤، ۷، ۱۰، ١٦ و ۱۸ دارای کمترین مقادیر $S_i^{(3)}$ بوده و به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها در این روش معرفی شدند. البته به دلیل میزان عملکرد پایین ژنوتیپ‌های ۲، ٤، ۷ و ١٦، این ژنوتیپ‌ها از لیست ژنوتیپ‌های پایدار حذف شدند. مقادیر آماره $S_i^{(6)}$ در جدول ٦ درج شده است. نتایج این آماره نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۲، ٤، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۲، ١٦ و ۱۸ دارای کمترین مقادیر بودند و در نتیجه پایدارترین ژنوتیپ‌ها در این روش بودند. از آن جایی که مقادیر عملکرد دانه برخی ژنوتیپ‌های پایدار کمتر از متوسط عملکرد ژنوتیپ‌ها و یا کمتر از میانگین عملکرد دانه رقم شاهد کریم بود، بنابراین در مجموع این سه روش ژنوتیپ‌های شماره ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۸ به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها و مناسب کشت در مناطق پربازده معرفی شدند و ژنوتیپ‌های شماره ۲، ٤، ۹ و ١٦ به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها و مناسب کشت در مناطق کم‌بازده معرفی شدند.

ژنوتیپ‌های دارای کمترین مقادیر $S_i^{(2)}$، $S_i^{(3)}$ و $S_i^{(6)}$ دارای پایداری عملکرد بالایی هستند (Kaya and Taner, 2003; Kilic *et al.*, 2010). معمولاً نمره‌های ژنوتیپی بدست آمده از عملکرد تصحیح شده و تصحیح نشده با هم متفاوتند و همبستگی متوسط تا ضعیفی بین این دو نوع نمره‌دهی وجود دارد. در پژوهش مشابه دیگری کایا و تورکوز (٢٠١٦) نشان دادند که همبستگی بالایی بین هر چهار شاخص ناپارامتری $S_i^{(1)}$، $S_i^{(2)}$، $S_i^{(3)}$ و $S_i^{(6)}$ وجود دارد. درحالی‌که، نتایج آکورا و کایا (۲۰۰۸) نشان داد که بین نتایج $S_i^{(1)}$ و $S_i^{(2)}$ با $S_i^{(3)}$ و $S_i^{(3)}$ همبستگی وجود ندارد و بیش‌ترین همبستگی بین $S_i^{(1)}$ و $S_i^{(2)}$ وجود دارد.

شاخص ناپارامتری فوکس و همکاران (Fox *et al.*, 1990) دارای ۳ پارامتر Top، Mid و Low می‌باشد. این شاخص ژنوتیپ‌ها را براساس پایداری و میزان عملکرد در ۳ گروه بالا، متوسط و پایین قرار می‌دهد. هرچه مقدار پارامتر Top یک ژنوتیپ بیشتر باشد میزان پایداری و مطلوبیت آن نیز بیشتر است. نتایج به دست آمده از عملکرد

Archive of SID

www.SID.ir

ژنوتیپ‌های گندم نان در ١٥ محیط این پژوهش نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ١٠، ١، ٩، ١٣ و ١٧ به‌ترتیب با ٥٣، ٤٧، ٤٧، ٤٧ و ٤٧ درصد آماره Top به عنوان مطلوب‌ترین ژنوتیپ در این پژوهش معرفی شدند. در صورتی که میزان آماره Top دو ژنوتیپ برابر بود، ژنوتیپی که دارای کمترین مقادیر آماره Low و یا بیشترین مقدار آماره Mid باشد پایدارتر است. به این ترتیب ژنوتیپ‌های شماره ١٧، ١٣ و ٩، سه ژنوتیپ برتر و پایدار در این روش بودند (جدول ٦). نامطلوب‌ترین و در واقع ناپایدارترین ژنوتیپ در این روش با اختصاص میزان بالای شاخص Low (٩٠ درصد)، ژنوتیپ ٤ بود که دارای متوسط عملکرد پایینی بود و بعد از این ژنوتیپ، ژنوتیپ شماره ٥ با دارا بودن ٦٣ درصد Low به عنوان دومین ژنوتیپ ناپایدار از نظر شاخص فوکس و همکاران (Fox *et al.*, 1990) معرفی شدند. فرشادفر و همکاران (Farshadfar *et al.*, 2012)، مرتضویان و عزیزی‌نیا (Mortazavian and Azizinia, 2014) گزارش کردند که شاخص Top همبستگی معنی‌داری فقط با میانگین عملکرد دانه و میانگین رتبه داشته و با سایر آماره‌های ناپارامتری همبستگی نشان نداد. بر اساس محاسبه رتبه ژنوتیپ‌ها مشخص گردید که دو لاین‌های شماره ١٠ و ١٧ دارای بهترین رتبه (٦/٩) در مناطق و سال‌های مختلف بودند. علاوه بر این، تعیین میزان پایداری با استفاده از روش انحراف معیار رتبه ژنوتیپ‌ها نشان داد که حداقل انحراف معیار رتبه بترتیب به لاین‌های شماره ١٠ و ١٧ تعلق داشت و این لاین‌ها از کمترین تغییرات رتبه در سال‌ها و مناطق مختلف برخوردار بودند. نتایج مشابهی توسط محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2012, 2013) برای جو و گندم دوروم گزارش شد.

مجموع رتبه حاصل از میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها و رتبه حاصل از واریانس پایداری شوکلا، عدد مربوط به آماره‌ی مجموع رتبه‌ی کنگ (Kang, 2004) را فراهم می‌کند. نتایج بدست آمده از روش مجموع رتبه کنگ نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های ١٠، ٨ و ١٢ به ترتیب با مجموع رتبه‌ی ٣، ٧ و ٩ به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها و ژنوتیپ ٢ با بیش‌ترین مجموع رتبه به عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ در این روش شناخته شدند. این روش برای تعیین پایداری محصولات مختلف در پژوهش‌های زیادی به کار رفته است (Akcura and Kaya, 2008، Kilic *et al.*, 2001; Zali *et al.*, 2011, Mortazavian and Azizinia, 2014; Zarei Soltankohi and Farshadfar, 2016).

در حالتی که میزان عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد بررسی تفاوت زیادی نشان نمی‌دهد، استفاده از سایر صفات مهم موثر در تولید تحت تنش‌های خشکی و گرما در انتخاب ژنوتیپ‌های سازگار برای دیمزارهای گرمسیری راهگشا می‌باشد. محققین در جستجوی نشانه‌های ماهرانه‌ای هستندکه در شناخت لاین‌ها و چگونگی تظاهر آنها به خصوص در زمانی که تفاوت بین بهترین لاین‌ها کوچک است، به آنها کمک کنند(Baenziger *et al.*, 2008). در این بررسی نیز علاوه بر عملکرد دانه بالای پایدار در شرایط متفاوت آب و هوایی، زودرسی، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته مناسب از خصوصیات برجسته لاین‌های شماره ١٠ و ١٧ محسوب می‌شوند (جدول ٨) که در سازگاری گیاه با محیط هدف و پذیرش کشاورزان بسیار تاثیرگذار هستند. لاین پر محصول شماره ١٠ با پایداری بالا ، زودرسی، ارتفاع بوته و وزن هزار دانه مناسب از سازگار خوبی برخوردار بوده است و انتظار میرود کشت آن تحت نوسانات آب و هوایی اقلیم دیم گرمسیری تولید مطلوبی به همراه داشته باشد. علاوه بر این، لاین شماره ١٧ نیز با عملکرد دانه بالا و پایدار در ایستگاه‌های گچساران، گنبد و مغان، از زودرسی، ارتفاع بوته و وزن هزار دانه مطلوبی برخوردار است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٦- مقادیر آماره‌های ناپارامتری پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان

Table 6. Stability non-parametric statistics of for grain yield of wheat genotypes during 3 years

R-Sum	Low	Mid	Top	$S_i^{(6)}$	$S_i^{(3)}$	$S_i^{(2)}$	میانگین Mean	ژنوتیپ Genotype
23	47	7	47	11.45	82.55	53.12	2978	G1
33	67	13	20	5.41	31.84	31.40	2773	G2
27	40	33	27	6.58	39.77	35.40	2848	G3
18	33	47	20	5.51	29.58	22.69	2894	G4
28	20	47	33	7.06	44.66	32.21	2927	G5
26	40	27	33	8.06	50.19	34.10	2901	G6
33	40	40	20	5.68	30.84	32.92	2780	G7
7	27	40	33	6.65	36.21	25.57	3005	G8
16	27	27	47	7.45	38.35	21.70	2940	G9
3	7	40	53	6.77	32.44	17.84	3028	G10
13	40	20	40	8.90	58.27	33.52	2989	G11
9	33	40	27	5.49	25.92	16.38	2966	G12
19	27	27	47	7.21	41.44	28.69	2950	G13
18	27	33	40	7.44	43.80	26.70	2976	G14
16	33	33	33	7.09	41.76	27.00	2958	G15
18	33	53	13	4.50	26.45	18.74	2846	G16
12	13	40	47	7.62	33.78	34.55	3107	G17
23	53	27	20	5.67	31.71	21.84	2816	G18

جدول ٧- متوسط سه ساله رتبه و انحراف معیار رتبه برای ژنوتیپ‌های گندم نان تحت بررسی

Table 7. Three years rank average and its standard deviation for wheat genotypes during 3 years

انحراف معیار رتبه Rank Standard deviation						متوسط رتبه Rank average						ژنوتیپ Genotype
میانگین Average	ایلام Ilam	مغان Moghan	خرم‌آباد Khoram abad	گنبد Gonbad	گچساران Gachsaran	میانگین Average	ایلام Ilam	مغان Moghan	خرم‌آباد Khoram abad	گنبد Gonbad	گچساران Gachsaran	
7.20	8.72	8.66	9.24	8.08	5.86	8.8	11.0	11.0	6.3	8.3	7.3	1
5.27	7.00	4.93	6.43	6.93	3.46	12.2	13.0	14.7	12.3	10.0	11.0	2
5.44	4.62	6.51	5.20	2.89	4.62	10.4	10.3	10.7	11.0	4.7	15.3	3
4.63	3.06	4.00	5.57	5.13	2.52	10.1	10.7	11.0	8.0	6.3	14.7	4
5.34	3.79	5.13	4.51	3.61	8.00	8.9	3.7	12.3	9.7	9.0	10.0	5
5.80	3.79	5.69	4.00	6.51	7.23	9.4	15.3	6.7	7.0	7.7	10.3	6
5.04	1.53	5.13	7.02	5.20	4.73	11.5	7.3	10.7	11.3	15.0	13.3	7
4.76	7.21	6.66	4.73	2.52	4.36	8.7	9.0	6.3	10.7	8.7	9.0	8
4.85	6.03	6.66	7.23	3.61	3.21	8.4	9.7	7.3	9.3	7.0	8.7	9
4.01	1.53	1.15	7.23	4.04	3.06	6.9	10.3	6.7	7.7	5.7	4.3	10
6.03	6.56	6.66	6.08	7.55	4.36	8.7	12.0	9.7	10.0	8.0	4.0	11
4.27	5.69	3.46	6.51	5.00	2.52	9.9	10.3	11.0	8.3	11.0	8.7	12
5.19	5.51	2.65	6.56	4.93	6.93	9.1	12.3	8.0	11.0	6.3	8.0	13
5.35	3.06	9.29	2.89	5.69	5.03	9.3	5.3	11.7	9.3	8.7	11.3	14
5.26	6.08	4.62	1.53	1.00	6.66	9.3	7.0	7.3	7.3	16.0	8.7	15
4.62	0.58	7.51	6.00	4.93	1.73	11.3	11.3	9.7	12.0	14.7	9.0	16
4.03	3.21	4.58	4.16	2.52	3.46	6.9	3.3	7.0	8.7	10.3	5.0	17
5.01	5.57	2.52	7.81	1.15	7.23	11.1	9.0	9.3	11.0	13.7	12.3	18

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۸- متوسط سه ساله صفات مهم زراعی ژنوتیپ‌های گندم نان

Table 8. Three years average for agronomic traits of wheat genotypes

ژنوتیپ Genotype	تعداد روز تا ظهور سنبله Days to heading	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد روز تا رسیدن دانه Days to maturity	وزن هزاردانه(گرم) Thousand kernel weight (gram)
1	124	77	160	35
2	125	84	162	33
3	126	83	162	32
4	126	86	162	33
5	123	80	161	32
6	127	76	163	32
7	126	84	163	34
8	126	82	163	33
9	128	84	163	34
10	125	79	162	34
11	126	77	162	33
12	126	77	161	31
13	126	81	161	33
14	127	79	162	34
15	125	80	162	32
16	127	82	162	35
17	126	82	162	35
18	127	82	164	34

References

Akbarpour, O.A., Dehghani, H., Sorkheh Lalelu, B. and Kang, M.S. (2016). A SAS macro for computing statistical tests for two-way table and stability indices of nonparametric method from genotype-by-environment interaction. *Acta Scientiarum Agronomy*, **38**(1): 35–50.

Akcura, M. and Kaya, Y. (2008). Nonparametric stability methods for interpreting G × E interaction of bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.). *Genetic and Molecular Biology*, **31**(4): 906-913.

Annicchiarico, P. (2002). Genotype × environment interactions: challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations. *FAO* Plant Production and Protection Paper No. 174, *FAO, Rome*.

Baenziger, P.S., R.A. Graybosch, I., Dweikat, S.N., Wegulo, G.L. and Hein Eskridge, K.M. (2008). Outstanding in their field: the phenotype of the 21st century plant breeder. In: Appels R., Eastwood R., Lagudah E., Langridge P., Mackay M., and McIntyre L. (eds) .Proc. 11th International Wheat Genetics Symposium. August 24 -29, Brisbane, Australia. http://ses.library.usyd.edu.au/ bitstream/2123/ 3325/ 1O51. pdf.

Baenziger, P.S., Russell, W.K., Graef, G.L. and Campbell, B.T. (2006). Improving lives: 50 years of crop breeding, genetics and cytology (C-1). *Crop Science*, **46**: 2230-2244.

Barnabas, B., Jager, K. and Feher, A. (2008). The effect of drought and heat stress on reproductive process in cereals. *Plant Cell Environment*, **31**:11–38

Blum, A. (2011). Plant Breeding for Water-Limited Environments. Breeding Considerations and Strategies. *Springer*, New York Dordrecht Heidelberg, London U.K.

Chen, S. and M. Ravallion. (2007). Absolute poverty measures for the developing world, 1984–2004. *Proceeding of National Academic Science (USA)*, **104**:16757–16762.

Cullis, B.R., Smith, A., Hunt, C. and Gilmour A. (2000). An examination of the efficiency of Australian crop evaluation programmes. Journal of Agricutural Science, 135:213-222.

Farshadfar, E., Sabaghpour, S.H. and Zali, S.H. (2012). Comparison of parametric and non-parametric stability statistics for selecting stable chickpea (Cicer arietinum L.) genotypes under diverse environments. *Australian Journal of Crop Science*, **6**(3): 514–524.

Flores, F., Moreno, M.T. and Cubero, J.I. (1998). A comparison of univariate and multivariate methods to analyze G × E interaction. *Field Crop research*, **56**: 271–286.

Fox, D. N. and Rosielle, A. (1982). Reducing the influence of environmental main effects of plant breeding environments. *Euphytica*, **31**: 645-656.

Fox, P.N., Skovmand, B., Thompson, B.K. and Braun, H.J. (1990). Yield and adaptation of hexaploid spring triticale. *Euphytica*, **47**(1): 57–64.

Archive of SID

www.SID.ir

Francis, T.R. and Kannenberg, L.W. (1978). Yield stability studies in short season maize. descriptive method for grouping genotypes. *Canadian Journal of Plant Science*, **58**:1026-1034.

Guo, T.C., Feng, W. and Zhao, H.J. (2004). Photosynthetic characteristics of flag leaves and nitrogen effects in two winter wheat cultivars with different spike type. *Acta Agronomica Sinica*, **30**: 115-121.

Hernandez, C.M., Crossa, J. and Castillo, A. (1993). The area under the function: an index for selecting desirable genotypes. *Theoretical and Applied Genetics*, 87: 409–415.

Hernandez, J.A., Escobar C. and Creissen G. (2004). Role of hydrogen peroxide and the redox state of ascorbate in the induction of antioxidant enzymes in pea leaves under excess light stress. *Functional Plant Biology*, **31**: 359-368.

Huehn, M. (1990). Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: Theory. *Euphytica*, **47:** 189-194.

Kang, M.S. (2004). Breeding: Genotype by Environment Interaction. In: Encyclopedia of Plant and Crop Science, Goodman, R.M. (Ed.). Marcel Dekker, New York, pp: 218-221.

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

Kaya, Y. and Ozer, E. (2014). Parametric stability analyses of multi-environment yield trials in triticale (*Triticosecale Wittmack*). *Genetika*, **46**(3): 705–718.

Kaya, Y. and Taner, S. (2003). Estimating genotypic ranks by nonparametric stability analysis in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Central European Agricultural*, **4**: 47–53.

Kaya, Y. and Turkoz, M. (2016). Evaluation of genotype by environment interaction for grain yield in durum wheat using non-parametric stability statistics. *Turkish Journal of Field Crops*, **21**(1): 51–59.

Ketata, H. (1988). Genotype by environment interaction. ICARDA. Proceeding of biometrical techniques for cereal breeders. ICARDA, Aleppo, Syria.

Kilic, H., Akcura, M. and Aktas, H. (2010). Assessment of parametric and non-parametric methods for selecting stable and adapted durum wheat genotypes in multi-environments. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, **38** (3): 271–279.

Kosina, P., Reynolds, M.P., Dixon, J. and Joshi, A. (2007). Stakeholder perception of wheat production constraints, capacity building needs and research partnerships in the developing countries. *Euphytica*. **157**: 475-483.

Lantican M.A., Dubin, M.J. and Morris M.L. (2005). Impacts of International Wheat Breeding Research in the developing world, 1988–2002. CIMMYT, Mexico.

Lin, C.S. and Binns, M.R. (1988). A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian Journal of Plant Science*, **68**: 193-198.

Martin, J. and Alberts, A. (2004). A comparison of statistical methods to describe x environment interction and yield stability in multlocation Maize trials. Thesis presented in accordance with the requirements for the degree *Magister Scientiae Agriculturae* in the Faculty of Agriculture, Department of Plant Sciences (Plant Breeding) at the University of the Free State.

Mohammadi M., karimizadeh R., Hosseinpour, T., Falahi H.A., Khanzadeh H., Sabaghnia N., Mohammadi P., Armion M. and Hosni, M.H. (2012). Genotype × Environment Interaction and Stability Analysis of Seed Yield of Durum Wheat Genotypes in Dryland Conditions. *Notulae Scientia Biologicae*, **4** (3), 57-64.

Mohammadi M., Sharifi, P. and Karimizadeh, R. (2014). Stability Analysis of Durum Wheat Genotypes by regression parameters in Dryland Conditions. *ACTA Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendeliane Brunensis*, **62**(5): 1049-1056.

Mohammadi M., Karimizadeh, R., Sabaghnia N. and Shefazadeh, M.K. (2013). Estimating genotypic ranks by several nonparametric stability statistics in Barley (*Hordeum vulgare* L.). Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences, **23**(2): 57–65.

Mortazavian, S.M.M. and Azizzinia, S.H. (2014). Nonparametric stability analysis in multi-environment trial of canola. *Turkish Journal of Field Crops*, **19**(1): 108–117.

Nassar, R. and Huhn, M. (1987). Studies on estimation of phenotypic stability: Test of significance for non- parametric measures of phenotypic stability. *Biometrics*, **43**: 45–53.

Archive of SID

www.SID.ir

Neil C. Turner A,B,D, Feng-Min Li C., You-Cai Xiong C., Kadambot, H.M., and Siddique, B. (2011). Climate change and agricultural ecosystem management in dry areas. *Crop and Pasture Science*, **62**: 1-11.

Ortiz, R., Braun, H.J., Crossa, J., Crouch, J.H., Davenport, G., Dixon, J., Dreisigacker, S., Duveiller, E., He, Z., Huerta, J., Joshi, A.K., Kishii, M., Kosina, P., Manes, Y., Mezzalama, M., Morgounov, A.I., Murakami, J., Nicol J., Ortiz Ferrara, G., Iva´n Ortiz-Monasterio J., Payne, T.S., Javier, Pen˜a R., Reynolds, M.P., Sayre ,K.D., Sharma, R.C., Singh, R.P., Wang J., Warburton M, Wu, H. and Iwana, M. (2008). Wheat genetic resources enhancement by the International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT). *Genetic Resource and Crop Evolution*, 55:1095–1140.

Passioura, J.B. (2007). The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives. *Journal of Experimental Botany*, **58**: 113-117.

Plaisted, R.L. (1960). A shorter method for evaluating the ability of selections to yield consistently over locations. *American Potato Journal*, **37**: 166–172.

Plaisted, R.L. and Peterson, L.C. (1959). A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. *American Potato Journal*, **36**: 381–385.

Roemer, T. (1917). Sind die Ertragsreichen Sorten Erteragssichers? Mitt.DLG. **32**: 87-89.

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**:317-330.

SAS Institute. (2000). The SAS system for windows. Released 8.01, SAS Inst. Inc., Cary, NC.

Shukla, G.K. (1972). Some statistical aspects of partitioning genotype-environment components of variability. *Heredity*, **29** (2): 237-245.

Thennarasu, K. (1995). On certain non–parametric procedures for studying genotype –environment interactions and yield stability. New Dehli, IN: PJ School; Iari. Akcura, M., Kaya, Y. (2008). Nonparametric stability methods for interpreting G × E interaction of bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.). *Genetic and Molecular Biology*, **31**(4): 906-913.

Tester M. and Langridge, P. (2010). Breeding Technologies to Increase Crop Production in a Changing World. Science, **327**: 818-822.

Von Braun, J. (2007). The world food situation: new driving forces and required actions. International Food Policy Research Institute, IFPRI's Bi-Annual Overview of the World Food Situation presented to the CGIAR Annual General Meeting, Beijing, December 3, 2007, China.

Wricke, G. (1962). Uber eine methode zur erfassung der ökologischen streubreite in feldversuchen. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*, **47**: 92–96.

Yang, J., Sears, R.G., Gill, B.S. and Paulsen, G.M. (2002). Genotypic differences in utilization of assimilate sources during maturation of wheat under chronic heat and heat shock stresses. *Euphytica*, **125**: 179-188.

Zali, H., Farshadfar, E. and Sabaghpour, S.H. (2011). Non-parametric analysis of phenotypic stabilityin chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in Iran. *Crop Breeding Journal*, **1**(1): 89–100.

Zarei Soltankohi, M. and Farshadfar, M. (2015). Evaluation of genotype × environment interaction in landraces of common wheat using non-parametric stability indicators. *Biological Forum–An International Journal*, **7**(1): 945–950.

Archive of SID

www.SID.ir

Use of Parametric and Non-Parametric Methods for Genotype × Environment Interaction Analysis in Bread Wheat Genotypes

Mohtasham Mohammadi[1,*], Rahmatollah Karimizadeh[2], Tahmaseb Hosseinpour[3], Hasan Ghojogh[4], Kamal Shahbazi[5] and Peyman Sharifi[6]

1- Professor, Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, (AREEO), Gachsaran, Iran
2- Assistant Professor, Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, (AREEO), Gachsaran, Iran
3- Assistant Professor, Seed and Plant Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources, Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Khoramabad, Iran
4- Lecture, Seed and Plant Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources, Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Gonbad, Iran
5- Lecture, Seed and Plant Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources, Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Moghan, Iran
6- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

(Received: September 4, 2016 – Accepted: August 21, 2017)

Abstract

Breeding of adapted and variation germplasm can be a main element for strength of research political in stable agricultture system. This is achived by targeting variety selection onto different growing environments under natural heat and drought stresses. To realize this, breeding programs usually undertake a rigorous genotypes performance evaluation across locations and years mostly at the final stage of variety development process. More accurate selection of wheat genotypes requires reducing environmental effects for explaining of their genetic potential with appropriate analysis of genotype × environment. In this research, 18 improved bread wheat genotypes were planted in randomized compelet block design with 4 replications in Gachsaran, Khoramabad, Gonbad, Moghan and Ilam stations during three years (2011-2014). Simple and combined analysis variance were done on grain yield data. Due to significant interaction effects for Year × locatin and genotype × year × locatin, yield stability of considered genotypes were analysed using some parameteric and nonparametric methods. Obtained results showed genotypes no. 10 and 17 with 3107 and 3028 kg/ha had the highest grain yield. Based on parametric statistics: CV_i, W_i^2, σ_i^2, θ_i‘, $MS_{Y/L}$ and MSPI and non-paramertric statistics: $S_i^{(2)}$, $S_i^{(3)}$, $S_i^{(6)}$, Top, Mid, Low‘, R-Sum, and SDR, G10 had more yield stability. More over, G12 and G17 showed suitable yiled stability among high production genotypes. Earliness Genotypes 10 and 17 lines had optimum plant height and partially high thousand kernel weight.

Keywords: Adaptaion, Breeding, Drought, Dryland, Heat, Stability

* **Corresponding Author, E-mail: m-mohammadi@areeo.ac.ir**

Archive of SID

www.SID.ir