



مقایسه روش‌های مختلف ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط تنش خشکی

*لیلا زارعی^۱، عزت‌اله فرشادفر^۲، رضا حق پرست^۳، رحمان رجبی^۴

مریم محمدی سراب‌بادیه^۴ و حسن زالی^۴

^۱ دانشجوی دکتری گروه اصلاح نباتات، دانشگاه رازی کرمانشاه، ^۲ استاد گروه اصلاح نباتات، دانشگاه رازی کرمانشاه،
^۳ معاونت مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم ایستگاه سرارود، ^۴ کارشناس ارشد گروه اصلاح نباتات، دانشگاه رازی کرمانشاه
تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۲/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۴/۲۴

چکیده

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید عملکرد گیاهان زراعی در دنیا است. برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط (G×E) تحت تنش خشکی بسیار معمول بوده و پیشرفت کارهای اصلاحی را مشکل می‌سازد. برای ارزیابی این برهم‌کنش، ۲۰ ژنوتیپ گندم نان در یک طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار و ۲ مکان (مکان تنش و مکان غیرتنش) در دو سال زراعی مورد بررسی قرار گرفتند. پایداری ژنوتیپ‌ها با استفاده از چندین روش پایداری از جمله انحراف از خط رگرسیون و ضریب خط رگرسیون در روش ابرهارت و راسل، واریانس پایداری شوکلا، انتخاب هم‌زمان برای عملکرد و پایداری، اکووالانس ریک و روش ناپارامتری رتبه مورد ارزیابی قرار گرفت. هدف از این مطالعه مقایسه نتایج روش‌های بالا و انتخاب ساده‌ترین روش برای تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها بود. در بیش‌تر روش‌ها ژنوتیپ‌های شماره ۹ و ۱۲ به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها انتخاب گردیدند. ضرایب همبستگی روش‌های مختلف تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها با استفاده از ضریب همبستگی اسپیرمن تعیین گردید. به‌دلیل همبستگی قوی معنی‌دار بین میانگین عملکرد و میانگین رتبه و همبستگی‌های قوی و معنی‌دار بین انحراف از رگرسیون و سایر روش‌های مورد استفاده و همبستگی قوی بین این روش با روش انحراف معیار رتبه می‌توان نتیجه گرفت که روش ساده رتبه‌بندی برای تعیین پایدارترین ژنوتیپ‌ها کافی بوده است.

واژه‌های کلیدی: تجزیه پایداری، گندم نان، روش ناپارامتری رتبه، مقاومت به خشکی

* مسئول مکاتبه: lzarei1360@yahoo.com

مقدمه

مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان تقریباً ۴۰ درصد اراضی جهان را شامل گردیده و بالغ بر ۷۰۰ میلیون نفر از جمعیت دنیا در این مناطق سکونت دارند که حدود ۶۰ درصد از این اراضی در کشورهای در حال توسعه واقع شده‌اند (هاشمی‌نیا، ۱۹۹۹). خشک‌سالی و تنش ناشی از آن مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را در جهان با محدودیت روبرو ساخته است (سیانی و اسپینال، ۱۹۸۱). مسئله انتخاب محیط‌های مناسب، پیشرفت اصلاحی را برای تحمل تنش‌های غیرزیستی در محیط‌های هدف که تغییرپذیری بالایی دارند، مشکل کرده است (بنزیگر و همکاران، ۲۰۰۶). برخی از محققان تنها به انتخاب تحت شرایط مطلوب معتقدند (ریچاردز، ۱۹۹۶؛ وان‌جینکل و همکاران، ۱۹۹۸؛ رجرام و وان‌جینکل، ۲۰۰۱؛ بتران و همکاران، ۲۰۰۳). انتخاب در شرایط تنش موردنظر نیز بسیار توصیه شده است (سکارلی، ۱۹۸۷؛ سکارلی و گراندو، ۱۹۹۱).

برخی محققان راه‌حل میانه‌ای را انتخاب کرده‌اند و به انتخاب تحت هر دو شرایط مطلوب و تنش معتقدند (کلاول و همکاران، ۲۰۰۴؛ کلاول و همکاران، ۲۰۰۶؛ سی‌وسه‌مرده و همکاران، ۲۰۰۶). گسترده‌ترین شاخص کاربردی مقاومت به خشکی از طریق ارزیابی برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط می‌باشد (کافی و مهدوی‌دامغانی، ۲۰۰۲).

سازگاری قابلیت یک ژنوتیپ برای تولید دامنه مفیدی از فنوتیپ‌ها در محیط‌های متفاوت (ترکیبی از سال‌ها و مکان‌های مختلف) است (فرشادفر، ۱۹۹۹). مطالعه و بررسی میزان سازگاری و پایداری ارقام در شرایط محیطی مختلف در برنامه‌های اصلاحی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به‌علت واکنش متفاوت ارقام در برابر تغییرات محیطی، عملکرد ارقام از محیطی به محیط دیگر تغییر می‌کند. معمولاً یک رقم در محیط‌های مختلف حداکثر پتانسیل محصول را تولید می‌کند اما می‌توان با مطالعه سازگاری و پایداری عملکرد آن‌ها در محیط‌های مختلف، رقمی را که در همه مناطق اقلیمی عملکرد قابل‌قبولی داشته و سازگاری عمومی وسیعی با محیط‌های مختلف دارا باشد، انتخاب و توصیه نمود (دشتکی و همکاران، ۲۰۰۴).

توجه به اهمیت انعطاف‌پذیری موجودات زنده سبب افزایش فعالیت به نژادگران گیاهی در تهیه ارقام دارای سازگاری وسیع شده و قابلیت برخی از ارقام زراعی که بتوانند به‌خوبی در شرایط متفاوت محیطی رشد و نمو نمایند، سالیان درازی است که مورد توجه قرار گرفته است. این امر موجب شده است که در برنامه‌های اصلاحی بر پایداری فنوتیپی تأکید بیش‌تری صورت گیرد (امیری‌گنج‌چین،

۱۹۹۶). معمولاً اصلاح‌گران سعی می‌کنند ژنوتیپ‌های را انتخاب کنند که قدرت پایداری و عملکرد بالا در همه سال‌ها و مکان‌ها داشته باشند. در مجموع یک ژنوتیپ زمانی پایدار است که عملکرد آن از میانگین عملکرد یک گروه از ژنوتیپ‌های استاندارد در محیط‌های مختلف انحراف نداشته باشد (گانکیلز و همکاران، ۲۰۰۳).

روش اکووالانس توسط ریک (۱۹۶۲) پیشنهاد شد، او از برهم‌کنش رقم و محیط برای هر ژنوتیپ به‌عنوان پارامتر پایداری استفاده کرد. در تجزیه واریانس این روش، سهم هر کدام از ژنوتیپ‌ها در برهم‌کنش رقم و محیط محاسبه گردیده و از بزرگی سهم هر ژنوتیپ به‌عنوان معیاری برای سنجش میزان سازگاری استفاده می‌گردد به طوری که هرچه سهم یک ژنوتیپ بیش‌تر باشد، پایداری آن ژنوتیپ کم‌تر خواهد بود (روی، ۲۰۰۰).

شوکل (۱۹۷۲) برآورد واریانس هر ژنوتیپ در محیط‌های مختلف را براساس باقی‌مانده به‌دست آمده از طبقه‌بندی دوطرفه محیط و رقم پیشنهاد نمود. طبق واریانس پایداری شوکلا، ژنوتیپی پایدار است که مقدار واریانس پایداری آن حداقل باشد. ابرهات و راسل (۱۹۶۶) سه معیار ضریب رگرسیون (b_i) ، انحراف از رگرسیون (Sd_i^2) و میانگین هر ژنوتیپ به‌عنوان معیار جدیدی در ارزیابی پایداری ارقام به‌کار گرفتند. طبق نظر ابرهات و راسل (۱۹۹۶)، ژنوتیپ‌هایی پایدار و مناسب هستند که دارای شاخص انحراف از رگرسیون کوچک، میانگین عملکرد بیش‌تر از میانگین عملکرد کل آزمایش و ضریب رگرسیون معادل ۱ باشند. مدلی که توسط ابرهات و راسل ارائه گردید، اگرچه بهترین نبود ولی هم‌اکنون معمول‌ترین روشی است که در مقیاس وسیع به‌کار می‌رود (گانکیلز و همکاران، ۲۰۰۳).

کنگ (۱۹۹۳) روش‌گزینش هم‌زمان برای عملکرد و پایداری را برای تعیین پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها در مکان‌های مختلف ارائه نمود. او با ادغام دو روش غیرپارامتریک (روش رتبه‌ای) و پارامتریک، روش‌گزینش هم‌زمان برای عملکرد و پایداری را معرفی نمود. در این روش ابتدا ژنوتیپ‌ها براساس عملکرد رتبه‌بندی شده و سپس به کمک آماره پایداری شوکلا، عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌ها تعیین می‌گردد.

روش ناپارامتری رتبه، ژنوتیپ‌ها را براساس عملکرد دانه در همه محیط‌ها رتبه‌بندی می‌کند (کم‌ترین رتبه به بهترین ژنوتیپ و بیش‌ترین رتبه به بدترین ژنوتیپ تعلق می‌گیرد) و سپس میانگین رتبه و انحراف معیار رتبه‌ها برای هر ژنوتیپ محاسبه شده و ژنوتیپ‌های دارای میانگین و انحراف معیار کم به‌عنوان ژنوتیپ‌های پتانسیل در نظر گرفته می‌شوند (فرشادفر، ۱۹۹۹).

با توجه به پیچیده بودن و گستردگی روش‌های تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها اصلاح‌گران در استفاده از روشی ساده و مناسب دچار سردرگمی هستند. اهداف اصلی این پژوهش دستیابی به ارقام گندم با عملکرد بالا و پایدار در مناطق تحت تنش و معرفی ساده‌ترین روش برای تعیین ژنوتیپ‌های پایدار می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این بررسی با استفاده از ۲۰ ژنوتیپ پیشرفته گندم نان در دو سال زراعی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار و در ۲ سطح تنش و بدون تنش (آبیاری تکمیلی) در مؤسسه تحقیقات دیم سرارود در کرمانشاه به طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۲۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۰ دقیقه به اجرا در آمد. میزان متوسط بارندگی سالیانه آن ۴۷۸ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۳/۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

در مزرعه هر کرت شامل ۵ خط ۳ متری به فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر و تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع بود. ارقام مورد استفاده شامل ۱۷ ژنوتیپ پیشرفته گندم نان، ارقام آذر ۲ و سرداری به‌عنوان شاهد دیم و رقم مرودشت به‌عنوان شاهد آبی بود. اولین بارندگی پس از کاشت به‌عنوان تاریخ کشت در نظر گرفته شد. از این تاریخ به بعد طرح آزمایشی تنش آبی تا موقع برداشت تحت‌تأثیر تیمار آبی قرار نگرفت و با توجه به این‌که تنش خشکی در فصل بهار بعد از مرحله گل‌دهی شروع شد، بنابراین تیمار بدون تنش از زمان گل‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیکی در سه نوبت (گل‌دهی، اواسط دانه بستن و اواخر تشکیل دانه تحت‌تأثیر تیمار آبی قرار گرفت. در طول دوره اجرای طرح از هیچ نوع کودی استفاده نشد و مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد. برداشت در اواخر تیرماه صورت گرفت. برای انجام یادداشت‌برداری‌ها از هر ژنوتیپ در هر تکرار ۵ بوته به تصادف انتخاب شد. تجزیه‌های ساده و مرکب داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام و سپس با استفاده از روش‌های اکووالانس ریک (۱۹۶۲)، واریانس پایداری شوکلا (۱۹۷۲)، روش رگرسیون ابرهات و راسل (۱۹۶۶) (ضریب رگرسیون (b_i) و انحراف از رگرسیون (Sd_i^2))، روش ناپارامتری رتبه (میانگین رتبه و انحراف معیار رتبه) و روش گزینش هم‌زمان برای عملکرد و پایداری کنگ (۱۹۹۳) روی داده‌ها تجزیه پایداری انجام گرفت. در روش گزینش هم‌زمان برای عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌های از کم‌ترین تا بیش‌تر مقدار عملکرد رتبه‌بندی شدند، اگر میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ کم‌تر از میانگین کل با

اختلاف کم‌تر از یک LSD بود، با ۱- نشان داده شدند و در صورتی که میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ بیش‌تر از میانگین کل با اختلاف کم‌تر از یک LSD، حداقل یک LSD و حداقل دو LSD بود به‌ترتیب با ۱، ۲ و ۳ نشان داده شدند (تصحیح نسبت به رتبه). سپس رتبه تصحیح شده برای هر ژنوتیپ از جمع جبری رتبه عملکرد و میزان تصحیح نسبت به رتبه هر ژنوتیپ محاسبه شد. از وایانس پایداری شوکلا برای پایداری ژنوتیپ‌ها استفاده شد. به این صورت که براساس روش کنگ (۱۹۹۳) اعداد ۸-، ۴-، ۲- و ۰ به‌ترتیب به واریانس‌های معنی‌دار در سطح احتمال ۱، ۵ و ۱۰ درصد و واریانس غیرمعنی‌دار اختصاص داده شدند. در نهایت با جمع جبری هر ستون میزان پایداری و رتبه تصحیح شده عملکرد، آماره عملکرد و پایداری (Ysi) برای هر ژنوتیپ مشخص شد. با استفاده از روش ناپارامتری رتبه، ژنوتیپ‌ها براساس عملکرد دانه در همه محیط‌ها رتبه‌بندی شدند (کم‌ترین رتبه به بهترین ژنوتیپ و بیش‌ترین رتبه به بدترین ژنوتیپ تعلق گرفت) و سپس میانگین رتبه و انحراف معیار رتبه‌ها برای هر ژنوتیپ محاسبه شد و ژنوتیپ‌های دارای میانگین و انحراف معیار کم به‌عنوان ژنوتیپ‌های پر پتانسیل در نظر گرفته شدند. سال اول مکان غیرتنش به‌عنوان محیط ۱، سال اول مکان تنش به‌عنوان محیط ۲، سال دوم مکان غیرتنش به‌عنوان محیط ۳، سال دوم مکان تنش به‌عنوان محیط ۴ نام‌گذاری شده است. انحراف معیار رتبه برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر با میانگین‌های رتبه برابر استفاده می‌شود.

نتایج و بحث

با جمع‌آوری داده‌ها از مناطق مورد آزمایش، ابتدا تجزیه واریانس ساده بر روی عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در هر محیط انجام شد که در همه محیط‌ها به‌جز محیط غیرتنش سال اول، اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد مشاهده شد. میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در همه محیط‌ها در جدول (۱) نشان داده شده است. نتایج نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بود. برای بررسی یکنواختی واریانس خطا در محیط‌های مختلف از آزمون بارتلت استفاده گردید. آزمون بارتلت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد که نشان می‌دهد واریانس اشتباه آزمایش‌های جداگانه، غیریکنواخت هستند. تبدیل داده‌ها منجر به از دست رفتن قسمتی از اطلاعات و تصمیم‌گیری نادرست در تجزیه پایداری می‌شود، در ضمن برخی از محققان آن را توصیه نمی‌کنند (هیوگ و گاج، ۱۹۸۸؛ بردلی، ۱۹۸۲؛ حیدر شاه و همکاران، ۲۰۰۹)، بنابراین از تبدیل داده استفاده نگردید.

جدول ۱- میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها بر حسب کیلوگرم بر هکتار (\pm میانگین خطای استاندارد) در محیط‌های مختلف.

ژنوتیپ	شرایط تنش سال اول	شرایط غیرتنش سال اول	شرایط تنش سال دوم	شرایط غیرتنش سال دوم
۱	۴۴/۶۰±۸۱۶	۵۸۵/۰۴±۳۸۴۹	۸۶/۳۷±۲۷۴۵	۱۸۴/۰±۳۷۶۵
۲	۱۳۲/۵۵±۹۰۹	۱۹۰/۸۷±۳۱۴۴	۹۱/۳۲±۲۸۲۸	۲۷۷/۴۶±۳۸۹۱
۳	۱۰۷/۴۰±۱۶۶۰	۱۷۴/۳۵±۳۶۰۸	۵۶/۳۳±۲۵۷۳	۷۲/۸۹±۳۴۹۰
۴	۴۸۰/۷±۱۳۳۹	۱۰۴/۷۲±۳۵۰۱	۲۱۲/۴۰±۲۶۳۷	۶۶/۱۱±۴۲۲۲
۵	۳۱۴/۰±۸۶۰	۳۷۹/۴۱±۲۶۴۷	۱۸۰/۸۳±۲۴۳۸	۲۰۵/۲۶±۳۸۱۴
۶	۱۹۶/۶۶±۱۲۵۲	۲۶۹/۴۴±۳۱۰۱	۱۴۶/۶۷±۲۰۷۳	۲۱۷/۷۸±۳۱۴۱
۷	۱۱۵/۵۳±۱۰۴۴	۴۷۷/۳۷±۲۷۹۳	۱۲۵/۳۸±۲۴۴۶	۱۷۹/۵۲±۳۶۹۳
۸	۱۸۶/۶۰±۱۳۹۲	۶۴۵/۸۱±۲۶۰۷	۱/۷۶±۳۲۳۰	۵۹/۵۳±۴۰۹۱
۹	۱۲۷/۵۸±۱۵۴۱	۳۰۵/۴۹±۳۴۸۰	۳۶/۴۵±۳۰۱۹	۵۲/۸۸±۳۹۷۶
۱۰	۱۴۰/۸۹±۱۸۱۱	۲۱۱/۳۷±۲۹۱۶	۶۷/۱۹±۲۹۷۳	۱۴۴/۱۴±۴۰۷۹
۱۱	۳۱/۴۳±۱۶۵۹	۵۶۹/۶۵±۲۸۷۱	۵۵/۸۶±۲۹۳۰	۲۳۱/۸۱±۳۶۹۵
۱۲	۲۷۴/۹۷±۱۶۹۱	۱۴۱/۰۳±۳۲۲۳	۸۶/۳۳±۲۶۵۷	۲/۳۳±۴۳۱۶
۱۳	۱۹۲/۸۴±۱۲۱۶	۳۲۵/۶۳±۲۸۴۳	۳۰۵/۸۴±۲۵۳۶	۱۰۵/۶۰±۳۶۹۳
۱۴	۳۱۴/۷۹±۱۱۸۳	۴۱۳/۴۵±۲۷۷۴	۸۱/۶۶±۲۷۲۵	۵۶/۱۲±۳۹۱۲
۱۵	۲۷۳/۶۵±۱۳۹۶	۲۱۴/۹۷±۲۷۸۹	۱۸۸/۸۳±۲۱۲۱	۳۳۶/۷۷±۳۸۰۵
۱۶	۲۲/۰۳±۱۰۶۸	۴۶۶/۱۹±۳۱۷۵	۱۱۹/۳۷±۲۵۴۶	۸۹/۴۰±۳۹۶۵
۱۷	۴۳۰/۲۰±۱۲۳۵	۴۲۲/۹۹±۳۲۹۲	۹۸/۴۱±۲۴۱۳	۱۱۱/۴۳±۴۱۷۱
۱۸	۱۸۳/۴±۱۱۶۱	۱۹۶/۳۱±۳۴۶۱	۱۳۰/۶۶±۲۵۹۵	۱۷۰/۱۷±۴۲۲۲
۱۹	۱۸۰/۴۰±۱۰۷۸	۷۹/۶۹±۳۴۶۴	۱۲۹/۷۴±۲۹۳۹	۱۳/۵۷±۴۳۵۰
۲۰	۹۵/۴۳±۱۰۲۲	۲۹۸/۰۵±۳۱۸۷	۴۵/۴۳±۳۰۴۳	۷۱/۴۶±۴۰۲۸
LSD ۵ درصد	۴۵۷/۲	۱۰۶۱/۰	۳۷۰/۷	۴۳۶/۴

تجزیه مرکب داده‌ها براساس تجزیه محیط انجام گرفت. همان‌طورکه در جدول (۲) ملاحظه می‌گردد، برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید. وجود برهم‌کنش ژنوتیپ و محیط معنی‌دار نشان می‌دهد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف عملکرد متفاوتی دارند و بیانگر این است که ارقام در محیط‌ها (مناطق) مورد مطالعه داری سازگاری خصوصی می‌باشند و گزینش ارقام براساس عملکرد تنها مناسب نبوده و علاوه بر عملکرد آن، بررسی پایداری برای ارزیابی پتانسیل

ژنوتیپ‌ها لازم می‌باشد بنابراین لازم است با استفاده از روش‌های آماری برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط تجزیه شود تا بتوان ژنوتیپ‌های خاص را به محیط‌های ویژه نسبت داد. بنابراین برای تعیین درجه سازگاری و گروه‌بندی ارقام از روش‌های مختلف تجزیه پایداری استفاده گردید.

جدول ۲- تجزیه واریانس محیط ژنوتیپ‌ها.

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات
محیط	۳	۲۲۲۴۷۱۱۳۲/۴۳۳	۷۴۱۵۷۰۴۴/۱۴۴**
خطای ۱	۸	۲۱۶۸۸۴۱/۹۰۰	۲۷۱۱۰۵/۲۳۸
ژنوتیپ	۱۹	۷۸۶۸۷۵۶/۵۰۰	۴۱۴۱۴۵/۰۷۹**
ژنوتیپ × محیط	۵۷	۱۴۱۵۰۳۰/۰۶۶	۲۴۸۲۵۰/۹۶۶**
خطای ۲	۱۵۲	۲۳۰۶۹۸۶۷/۰۰۰	۱۵۱۷۷۵/۰۰۰
کل	۲۳۹	۲۶۹۷۲۹۴۵۷/۳۳۰	
آزمون بارتلت	۳		۶۰/۹۵**

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد؛ ns غیرمعنی‌دار.

با توجه به جدول تجزیه رگرسیون (جدول ۳) که بر مبنای روش تجزیه‌ای ابره‌ارت و راسل می‌باشد ملاحظه می‌شود که بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. با استفاده از روش ابره‌ارت و راسل (۱۹۹۶) مجموع انحرافات از رگرسیون معنی‌دار نشد که نزدیکی نقاط مربوط به عملکرد ژنوتیپ‌ها را در اطراف خط رگرسیون نشان می‌دهد و همه ژنوتیپ‌ها حول محور $b=1$ قرار گرفتند. به‌علت معنی‌دار نبودن مجذور انحرافات از خط رگرسیون (Sd_i^2) برای بیش‌تر ژنوتیپ‌ها، به‌خوبی نمی‌توان از این پارامتر برای گزینش ژنوتیپ‌های پایدار استفاده نمود. دشتکی و همکاران (۲۰۰۴) در بررسی پایداری عملکرد و شاخص برداشت در ژنوتیپ‌های گندم نان، با توجه به معنی‌دار نبودن مجموع انحرافات از رگرسیون در روش ابره‌ارت و راسل (۱۹۹۶)، پارامتر (Sd_i^2) را پارامتر نامناسبی برای تعیین ژنوتیپ‌های پایدار معرفی کردند. برای تفسیر بهتر نتایج موقعیت همه ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر عملکرد دانه، ضریب خط رگرسیون (b_i) و میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون (Sd_i^2) نقطه‌یابی شده‌اند (شکل ۱). در شکل (۱) دو خط افقی به اندازه یک انحراف معیار بالاتر و پایین‌تر از ضریب خط رگرسیون واقع شده‌اند. بر این اساس ژنوتیپ‌هایی پایدار و سازگار در

نظر گرفته می‌شوند که اولاً از نظر عملکرد دانه در سمت راست خطوط عمودی (عملکرد بالاتر از میانگین کل) و بین دو خط افقی (ضریب رگرسیون نزدیک به ۱) قرار گیرند و ثانیاً انحراف از خط رگرسیونی پایین‌تر داشته باشند. براساس موارد بالا ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر عملکرد دانه به شرح زیر گروه‌بندی شدند:

۱- ژنوتیپ‌های ۹ و ۱۲ با سازگاری عمومی خیلی خوب در تمام محیط‌ها با عملکرد بالا. در ضمن دارای انحراف از خط رگرسیون پایین و غیرمعنی دار می‌باشد.

۲- ژنوتیپ ۸ دارای سازگاری عمومی ضعیف در تمام محیط‌ها و عملکرد بالا و انحراف از خط رگرسیون بزرگ می‌باشد.

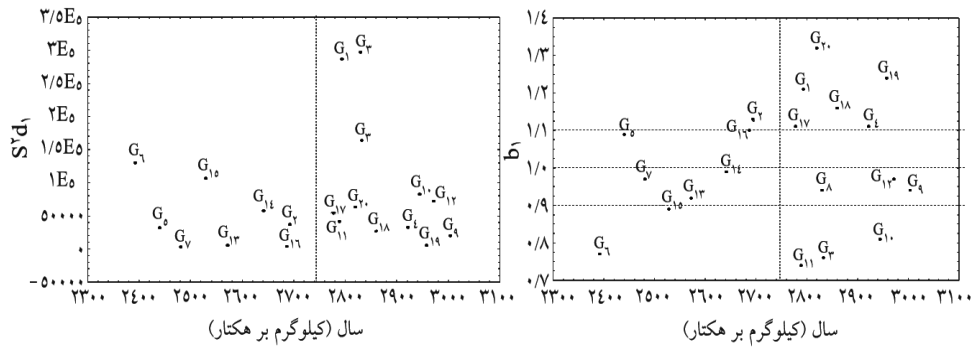
۳- ژنوتیپ‌های ۱۴، ۱۳، ۷، ۵ و ۱۶ با سازگاری عمومی ضعیف در تمام محیط‌ها و عملکرد پایین.

۴- ژنوتیپ‌های ۶، ۱۱، ۳ و ۱۰ دارای سازگاری خوب در محیط‌های نامساعد و عملکرد پایین (به جز ژنوتیپ ۶).

۵- ژنوتیپ‌های ۴، ۱۹، ۱۸، ۲۰، ۱ و ۱۷ دارای سازگاری خوب به محیط‌های مساعد و عملکرد بالا. طبق واریانس پایداری شوکلا ژنوتیپی پایدار است که مقدار واریانس پایداری آن حداقل باشد، با توجه به جدول ۴ ژنوتیپ‌های شماره ۹، ۱۳، ۱۶، ۴، ۱۴، ۱۲ و ۱۷ با داشتن حداقل مقدار واریانس پایداری جزو پایدارترین ژنوتیپ‌ها محسوب می‌شوند.

ژنوتیپ‌های شماره ۷، ۱۳، ۱۶، ۹، ۵ و ۴ دارای مقادیر اکووالانس کم‌تری هستند. هر ژنوتیپی که W_i^2 کم‌تری داشته باشد نوسانات کم‌تری در محیط‌ها دارد و بنابراین پایدارتر است (جدول ۴).

مراحل و نتایج محاسبه آماره عملکرد- پایداری (Y_{Si}) و گزینش هم‌زمان برای عملکرد دانه و پایداری در جدول ۵ درج گردیده است. در این روش ژنوتیپ‌هایی که Y_{Si} بالاتر از میانگین (Y_{Si}/n) دارند انتخاب می‌شوند. بر همین اساس ژنوتیپ‌های ۳، ۴، ۹، ۱۰، ۱۲، ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۰ به ترتیب با $Y_{S_3}=11$ ، $Y_{S_4}=17$ ، $Y_{S_9}=21$ ، $Y_{S_{10}}=16$ ، $Y_{S_{11}}=20$ ، $Y_{S_{12}}=10$ ، $Y_{S_{17}}=10$ ، $Y_{S_{18}}=16$ ، $Y_{S_{19}}=19$ و $Y_{S_{20}}=13$ و میانگین $2900/972$ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناخته شدند. از طرفی ژنوتیپ ۹ با $Y_{S_9}=21$ برترین ژنوتیپ نسبت به سایر ارقام شناخته شد و رقم ۶ با $Y_{S_6}=-4$ به‌عنوان ضعیف‌ترین ژنوتیپ معرفی شد. چوگان (۱۹۹۹) نیز با استفاده از این روش در کنار روش‌های دیگر پایداری، تعدادی از هیبریدهای ذرت دانه‌ای دارای عملکرد و پایداری بالا را معرفی کرده است.



شکل ۱- پراکنش ژنوتیپ‌ها بر حسب عملکرد دانه و انحراف از خط رگرسیون (سمت راست) و پراکنش ژنوتیپ‌ها بر حسب عملکرد دانه و ضریب رگرسیون (سمت چپ).

با استفاده از روش ناپارامتری رتبه و جدول (۶) می‌توان ژنوتیپ‌هایی با سازگاری خصوصی بالا در هر محیط را مشخص نمود. ژنوتیپ‌هایی که دارای رتبه کم‌تری در هر محیط می‌باشند در آن محیط سازگاری خصوصی بالاتری دارند. مثلاً در محیط ۱، ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۳ و ۴ دارای سازگاری خصوصی هستند. در محیط ۲ ژنوتیپ‌های شماره ۱۰، ۱۲ و ۳ دارای سازگاری خصوصی بیش‌تری هستند. در محیط شماره ۳، ژنوتیپ‌های ۱۹، ۱۲ و ۴ و در محیط ۴، ژنوتیپ‌های ۲۰، ۸ و ۹ سازگاری خصوصی بیش‌تری دارند. با توجه به جدول (۶)، ژنوتیپ‌های شماره ۹، ۱۲ و ۴ با داشتن مقدار میانگین و انحراف معیار رتبه کم‌تر به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار و دارای سازگاری عمومی معرفی شدند. براساس بررسی‌های روستایی و همکاران (۲۰۰۱)، روش رتبه در شرایط دیم بهتر از سایر روش‌های ناپارامتری در گزینش ارقام پایدار و پرمحصول اصلاح‌گران را یاری می‌نماید. همچنین به‌منظور شناسایی ژنوتیپ‌های مناسب برای شرایط تنش و شرایط غیرتنش، رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های تنش هر دو سال و نیز محیط‌های غیرتنش هر دو سال محاسبه گردید و میانگین رتبه برای آن‌ها محاسبه گردید. با توجه به جدول (۶) ژنوتیپ‌های شماره ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱ دارای میانگین رتبه کم‌تری در شرایط تنش هستند و برای این مناطق توصیه می‌شوند. ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۱۲، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ دارای میانگین رتبه کم‌تری در شرایط غیرتنش بوده و برای این شرایط توصیه می‌شوند.

جدول ۳- تجزیه واریانس پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها براساس مدل ابرهارت و راسل (۱۹۹۶).

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات
کل	۷۹	۸۱۴۹۴۷۰۰/۰۰	
ژنوتیپ	۱۹	۲۶۲۲۴۹۰/۰۰	۱۳۸۰۲۶/۰۰ ^{ns}
محیط + (محیط در ژنوتیپ)	۶۰	۷۸۸۷۲۱۸۳/۰۰	
محیط (خطی)	۱	۷۴۱۵۶۶۰۹/۹۳	
محیط در ژنوتیپ (خطی)	۱۹	۱۶۷۲۷۹۹/۲۶	۸۸۰۴۲/۰۶ ^{ns}
انحراف مرکب	۴۰	۳۹۲۹۷۳۶/۵۱	۹۸۲۴۳/۴
ژنوتیپ ۱	۲		۲۸۱۳۲۶/۶۲ ^{**}
ژنوتیپ ۲	۲		۸۶۵۱۴/۲۵ ^{ns}
ژنوتیپ ۳	۲		۱۶۵۲۷۰/۴۱ [*]
ژنوتیپ ۴	۲		۳۵۴۱۳/۴۰ ^{ns}
ژنوتیپ ۵	۲		۴۱۶۸۵/۱۸ ^{ns}
ژنوتیپ ۶	۲		۱۳۱۴۸۸/۵۴ ^{ns}
ژنوتیپ ۷	۲		۵۴۸۳/۱۹ ^{ns}
ژنوتیپ ۸	۲		۲۹۶۵۲۷/۷۹ ^{**}
ژنوتیپ ۹	۲		۱۸۸۷۴/۷۸ ^{ns}
ژنوتیپ ۱۰	۲		۷۶۶۲۳/۰۳ ^{ns}
ژنوتیپ ۱۱	۲		۴۴۲۸۴/۹۷ ^{ns}
ژنوتیپ ۱۲	۲		۶۶۳۶۳/۲۸ ^{ns}
ژنوتیپ ۱۳	۲		۱۰۶۲۸/۳۱ ^{ns}
ژنوتیپ ۱۴	۲		۶۰۲۴۲/۸۹ ^{ns}
ژنوتیپ ۱۵	۲		۱۰۵۰۳۱/۰۴ ^{ns}
ژنوتیپ ۱۶	۲		۲۶۶۵/۱۰ ^{ns}
ژنوتیپ ۱۷	۲		۴۳۶۹۳/۳۴ ^{ns}
ژنوتیپ ۱۸	۲		۱۶۲۶۵/۰۸ ^{ns}
ژنوتیپ ۱۹	۲		۹۴۵۷/۴۰ ^{ns}
ژنوتیپ ۲۰	۲		۶۷۰۲۹/۵۳ ^{ns}
خطای ادغام شده	۱۶۰	۸۰۹۴۸۸۳/۳۸	۵۰۵۹۳/۰۲

* معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns} غیر معنی دار.

لیلا زارعی و همکاران

جدول ۴- مقادیر آماره‌های مختلف پایداری محاسبه شده.

ژنوتیپ	میانگین عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	اکووالانس ریک (W_i^2)	واریانس پایداری شوکل (δ_i^2)	ضریب رگرسیون (b_i)	انحراف از خط رگرسیون (Sd_i^2)
۱	۲۷۹۳/۷۵	۷۳۱۱۹۱/۵۰	۲۶۸۸۳۹/۹۰**	۱/۲۱	۲۸۶۶۲۹/۸۰**
۲	۲۶۹۳/۰۷	۱۴۰۲۸۰/۴۰	۵۱۹۰۳/۷۵ ^{ns}	۱/۳۳	۳۷۱۳۵/۰۳ ^{ns}
۳	۲۸۳۲/۷۵	۵۳۸۷۷۹/۰۰	۱۹۹۳۴۸/۲۰*	۰/۷۶	۱۶۳۶۴۲/۱*
۴	۲۹۲۲/۲۵	۱۱۱۸۷۲/۷۰	۴۱۳۹۲/۹۰ ^{ns}	۱/۱۱	۳۳۰۲۴/۷۵ ^{ns}
۵	۲۴۳۹/۷۵	۹۱۲۱۱/۳۴	۳۳۷۴۸/۲۰ ^{ns}	۱/۰۹	۳۲۲۷۴/۲۴ ^{ns}
۶	۲۳۹۱/۷۵	۴۵۳۹۷۵/۷	۱۶۷۹۷۱/۰۰*	۰/۷۷	۱۲۹۹۴۹/۱۰ ⁺
۷	۲۴۸۰/۵۰	۹۱۷۳/۴۳	۳۳۹۴/۱۶ ^{ns}	۰/۹۷	۳۰۵۵/۹۸ ^{ns}
۸	۲۸۳۰/۰۰	۶۰۸۳۰۸/۵۰	۲۲۵۰۷۴/۱۰**	۰/۹۴	۲۹۷۳۷/۰۵**
۹	۳۰۰۴/۰۰	۵۳۵۳۲/۷۵	۱۹۸۰۷/۱۲ ^{ns}	۰/۹۴	۱۹۹۲۷/۶۸ ^{ns}
۱۰	۲۹۴۴/۷۵	۳۰۵۰۷۶/۸۰	۱۱۲۸۷۸/۴۰ ⁺	۰/۸۷	۸۲۸۳۶/۷۱ ^{ns}
۱۱	۲۷۸۸/۷۵	۳۳۰۱۳۸/۰۰	۱۲۲۱۵۱/۱۰ ⁺	۰/۷۴	۴۱۶۱۳/۲۴ ^{ns}
۱۲	۲۹۷۱/۷۵	۱۴۸۴۶۵/۱۰	۵۴۹۳۲/۰۹ ^{ns}	۰/۹۷	۷۲۱۷۲/۲۳ ^{ns}
۱۳	۲۵۷۲/۰۰	۳۲۷۳۰/۶۶	۱۲۱۱۰/۳۴ ^{ns}	۰/۹۲	۵۴۱۵/۱۳ ^{ns}
۱۴	۲۶۴۱/۷۵	۱۱۶۱۰۷/۹۰	۴۲۹۵۹/۹۲ ^{ns}	۰/۹۹	۵۷۹۱۷/۹۶ ^{ns}
۱۵	۲۵۲۸/۷۵	۲۵۸۸۳۴/۰۰	۹۵۷۶۷/۵۸ ^{ns}	۰/۸۹	۱۰۶۵۰۴/۳۰ ^{ns}
۱۶	۲۶۸۶/۲۵	۴۴۳۲۵/۰۶	۱۶۴۰۰/۲۷ ^{ns}	۱/۱۰	۳۸۰۶/۸۵ ^{ns}
۱۷	۲۷۷۷/۷۵	۱۵۶۳۹۷/۹۰	۵۷۸۶۷/۲۲ ^{ns}	۱/۱۲	۵۳۴۸۶/۱۲ ^{ns}
۱۸	۲۸۵۹/۷۵	۱۶۸۷۴۶/۸۰	۶۲۴۳۶/۳۲ ^{ns}	۱/۱۸	۲۷۴۷۹/۲۱ ^{ns}
۱۹	۲۹۵۷/۷۵	۲۲۷۱۷۱/۹۰	۸۴۰۵۳/۶ ^{ns}	۱/۲۴*	۵۳۰۶/۲۷ ^{ns}
۲۰	۲۸۲۰/۰۰	۱۹۰۴۴۸/۴۰	۷۰۴۶۵/۹۱ ^{ns}	۱/۳۲	۶۳۱۱۴/۷۷ ^{ns}

* معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد، + معنی دار در سطح احتمال ۱۰ درصد و ^{ns} غیر معنی دار.

جدول ۵- تجزیه پایداری عملکرد دانه به روش گزینش هم‌زمان برای عملکرد و پایداری.

ژنوتیپ	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	رتبه عملکرد	رتبه تصحیح	رتبه تصحیح شده	واریانس پایداری	میزان پایداری	اثر هم‌زمان عملکرد و پایداری
۱	۲۷۹۳/۷۵	۱۱	+۱	۱۲	۲۶۸۸۳۹/۹۰ ^{**}	-۸	+۴
۲	۲۶۹۳/۰۷	۸	-۱	۷	۵۱۹۰۳/۷۵ ^{NS}	۰	+۷
۳	۲۸۳۲/۷۵	۱۴	+۱	۱۵	۱۹۹۳۴۸/۲۰ [*]	-۴	+۱۱ [†]
۴	۲۹۲۲/۲۵	۱۶	+۱	۱۷	۴۱۳۹۲/۹۰ ^{NS}	۰	+۱۷ [†]
۵	۲۴۳۹/۷۵	۲	-۱	۱	۳۳۷۴۸/۲۰ ^{NS}	۰	+۱
۶	۲۳۹۱/۷۵	۱	-۱	۰	۱۶۷۹۷۱۰ [*]	-۴	-۴
۷	۲۴۸۰/۵۰	۳	-۱	۲	۳۳۹۴/۱۶ ^{NS}	۰	+۲
۸	۲۸۳۰/۰۰	۱۳	+۱	۱۴	۲۲۵۰۷۴/۱۰ ^{**}	-۸	+۶
۹	۳۰۰۴/۰۰	۲۰	+۱	۲۱	۱۹۸۰۷/۱۲ ^{NS}	۰	+۲۱ [†]
۱۰	۲۹۴۴/۷۵	۱۷	+۱	۱۸	۱۱۲۸۷۸/۴۰ ⁺	-۲	+۱۶ [†]
۱۱	۲۷۸۸/۷۵	۱۰	+۱	۱۱	۱۲۲۱۵۱/۱۰ ⁺	-۲	+۹
۱۲	۲۹۷۱/۷۵	۱۹	+۱	۲۰	۵۴۹۳۲/۰۹ ^{NS}	۰	+۲۰ [†]
۱۳	۲۵۷۲/۰۰	۵	-۱	۴	۱۲۱۱۰/۳۴ ^{NS}	۰	+۴
۱۴	۲۶۴۱/۷۵	۶	-۱	۵	۴۲۹۵۹/۹۲ ^{NS}	۰	+۵
۱۵	۲۵۲۸/۷۵	۴	-۱	۳	۹۵۷۶۸/۵۸ ^{NS}	۰	+۳
۱۶	۲۶۸۶/۲۵	۷	-۱	۶	۱۶۴۰۰/۲۷ ^{NS}	۰	+۶
۱۷	۲۷۷۷/۷۵	۹	+۱	۱۰	۵۷۸۶۷/۲۲ ^{NS}	۰	+۱۰ [†]
۱۸	۲۸۵۹/۷۵	۱۵	+۱	۱۶	۶۲۴۳۶/۳۲ ^{NS}	۰	+۱۶ [†]
۱۹	۲۹۵۷/۷۵	۱۸	+۱	۱۹	۸۴۰۵۳/۶۰ ^{NS}	۰	+۱۹ [†]
۲۰	۲۸۲۰/۰۰	۱۲	+۱	۱۳	۷۰۴۶۵/۹۱ ^{NS}	۰	+۱۳ [†]

LSD_{1%} = ۴۰۸/۷۵

میانگین ۲۷۴۷/۷۵

^{*} معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ^{**} معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ⁺ معنی‌دار در سطح احتمال ۱۰ درصد، ^{NS} غیرمعنی‌دار و [†] ژنوتیپ‌های برتر.

جدول ۶- دسته‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس روش ناپارامتری رتبه.

ژنوتیپ	محیط ۱	محیط ۲	محیط ۳	محیط ۴	میانگین رتبه	انحراف معیاررتبه	میانگین رتبه در شرایط تنش	میانگین رتبه در شرایط غیرتنش
۱	۱	۲۰	۱۵	۸	۱۱/۰۰	۸/۲۸	۱۴/۰۰	۸/۰۰
۲	۱۱	۱۸	۱۲	۷	۱۲/۰۰	۴/۵۴	۱۲/۵۰	۱۱/۵۰
۳	۲	۳	۱۹	۱۳	۹/۲۵	۸/۱۸	۸/۰۰	۱۰/۵۰
۴	۳	۸	۳	۱۱	۶/۲۵	۳/۹۷	۹/۵۰	۳/۰۰
۵	۱۹	۱۹	۱۳	۱۷	۱۷/۰۰	۲/۸۲	۱۸/۰۰	۱۶/۰۰
۶	۱۲	۹	۲۰	۲۰	۱۵/۲۵	۵/۶۱	۱۴/۵۰	۱۶/۰۰
۷	۱۶	۱۶	۱۸	۱۶	۱۶/۵۰	۱	۱۶/۰۰	۱۷/۰۰
۸	۲۰	۷	۶	۱	۸/۵۰	۸/۱	۴/۰۰	۱۳/۰۰
۹	۴	۵	۹	۳	۵/۲۵	۲/۶۲	۴/۰۰	۶/۵۰
۱۰	۱۳	۱	۷	۴	۶/۲۵	۵/۱۲	۲/۵۰	۱۰/۰۰
۱۱	۱۴	۴	۱۶	۶	۱۰/۰۰	۵/۸۸	۵/۰۰	۱۵/۰۰
۱۲	۸	۲	۲	۱۰	۵/۵۰	۴/۱۲	۶/۰۰	۵/۰۰
۱۳	۱۵	۱۱	۱۷	۱۵	۱۴/۵۰	۲/۵۱	۱۳/۰۰	۱۶/۰۰
۱۴	۱۸	۱۲	۱۱	۹	۱۲/۵۰	۳/۸۷	۱۰/۵۰	۱۴/۵۰
۱۵	۱۷	۶	۱۴	۱۹	۱۴/۰۰	۵/۷۱	۱۲/۵۰	۱۵/۵۰
۱۶	۱۰	۱۵	۱۰	۱۴	۱۲/۲۵	۲/۶۲	۱۴/۵۰	۱۰/۰۰
۱۷	۷	۱۰	۵	۱۸	۱۰/۰۰	۵/۷۱	۱۴/۰۰	۶/۰۰
۱۸	۶	۱۳	۴	۱۲	۸/۷۵	۴/۴۲	۱۲/۵۰	۵/۰۰
۱۹	۵	۱۴	۱	۵	۶/۲۵	۵/۵	۹/۵۰	۳/۰۰
۲۰	۹	۱۷	۸	۲	۹/۰۰	۶/۱۶	۹/۵۰	۸/۵۰

در جدول (۷) ضرایب همبستگی روش‌های مختلف تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها با استفاده از ضریب همبستگی اسپیرمن آورده شده است. با توجه به برخی ضرایب همبستگی بسیار معنی‌دار و قوی بین روش‌های مختلف می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از برخی روش‌های آماری ساده برای تجزیه پایداری، نیاز به استفاده از روش‌های پیچیده برای این منظور را مرتفع می‌سازد. مثلاً همبستگی بسیار قوی بین اثر هم‌زمان عملکرد و پایداری در آماره هم‌زمان عملکرد و پایداری با میانگین رتبه در روش

ناپارامتری ($^{**}0/920$ -) و میانگین رتبه با عملکرد ($^{**}0/978$ -) بیانگر این مطلب است که استفاده از روش رتبه برای تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها کافی بوده است و نتایج این دو روش مشابه بوده‌اند. همچنین همبستگی قوی و معنی‌داری بین روش انحراف معیار رتبه با روش‌های اکووالانس ریک ($^{**}0/899$)، واریانس پایداری شوکلا ($^{**}0/900$) و انحراف از رگرسیون ($^{**}0/803$) دیده شد. به این معنی که تمامی این روش‌ها تقریباً نتایج مشابهی با روش ساده انحراف از معیار رتبه ایجاد نموده‌اند. همبستگی بین روش اکووالانس ریک با واریانس شوکلا ($^{**}1/00$) و انحراف از رگرسیون ($^{**}0/919$) می‌باشد و بیانگر ایجاد نتایج مشابه توسط این روش‌ها می‌باشد. با افزایش روش‌های آماری مشکل انتخاب بهترین آن‌ها به‌منظور تجزیه پایداری ارقام نمایان می‌شود.

انتخاب یک مدل آماری صحیح برای یک آزمایش خاص، مانند تجزیه پایداری باید براساس مهارت در آمار و بیومتری، آسانی انجام و موضوع آزمایش انجام گیرد. همبستگی بسیار قوی بین بیش‌تر روش‌های تعیین پایداری در این پژوهش بیانگر این مطلب است که این روش‌ها اکثراً نتایج مشابهی ایجاد نموده و در نتیجه می‌توان برای تعیین پایداری از روش‌های آماری ساده‌تر مانند روش ساده رتبه‌بندی به‌دلیل بالا بودن درستی نتایج و همچنین سادگی محاسبه آن استفاده نمود.

جدول ۷- ضرایب همبستگی روش‌های مختلف پایداری.

انحراف از رگرسیون	ضریب رگرسیون	میانگین عملکرد	واریانس شوکلا	اکووالانس ریک	میانگین رتبه	انحراف معیار رتبه	اثر هم‌زمان عملکرد و پایداری
۱/۰۰۰	۰/۰۵۷	۰/۹۱۹ ^{**}	۱/۰۰۰ ^{**}	۰/۹۱۹ ^{**}	-۰/۰۶۹	۰/۸۰۳ ^{**}	۱/۰۰۰
۱/۰۰۰	۰/۱۹۸	-۰/۳۹۲	۱/۰۰۰	-۰/۳۹۱	-۰/۱۲۸	-۰/۲۱۶	۰/۲۷۹
۱/۰۰۰	۰/۱۱۳	۰/۱۱۳	۱/۰۰۰ ^{**}	۰/۱۱۳	-۰/۹۷۸ ^{**}	۰/۲۸۲	۰/۹۲۶ ^{**}
۱/۰۰۰	۰/۱۲۴	-۰/۱۲۴	۱/۰۰۰ ^{**}	-۰/۱۲۴	-۰/۱۲۴	۰/۹۰۰ ^{**}	-۰/۱۹۹
۱/۰۰۰	۰/۱۲۳	-۰/۱۲۳	۱/۰۰۰	-۰/۱۲۳	-۰/۲۹۶	۱/۰۰۰	۰/۰۰۲
۱/۰۰۰	۰/۲۹۶	-۰/۲۹۶	۱/۰۰۰	-۰/۲۹۶	-۰/۲۹۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲
۱/۰۰۰	۰/۲۵۹	-۰/۲۵۹	۱/۰۰۰	-۰/۲۵۹	-۰/۲۵۹	۰/۲۵۹	۰/۲۵۹

^{**} معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

منابع

1. Amiri-Gangchin, A. 1996. Study of adaptability and stability of durum wheat varieties in tropical and sub-tropical dry land areas. Seed and Plant J. 12: 42-48. (In Persian)
2. Banziger, M., Setimela, P.S., Hodson, D., and Vivek, B. 2006. Breeding for improved abiotic stress tolerance in maize adapted to southern Africa. Agric. Water. Manage. 80: 212-224.
3. Betran, F., Beck, G.D., Banziger, M., and Edmeas, G.O. 2003. Genetic analysis of inbred and hybrid grain yield under stress and non stress environments in tropical maize. Crop Sci. 43: 807-817.
4. Bradley, J.V. 1982. The insidious L-Shaped distance. Bull. Psychonomic Soc. 20: 85-88.
5. Ceccarelli, S. 1987. Yield potential and drought tolerance of segregating populations of barley in contrasting environment. Euphytica. 47: 197-205.
6. Ceccarelli, S., and Grandu, S. 1991. Selection environment and environmental sensitivity in barley. Euphytica. 57: 157-167.
7. Chogan, R. 1999. Study of stability of yield in corn hybrids using different criteria of stability. Plant and Seed J. 16: 170-183. (In Persian)
8. Clavel, D., Diouf, O.J., Khalfaoui, L., and Braconier, S. 2006. Genotypes variations parameters among closely related groundnut (*Arachis hypogea* L.) lines and their potential for drought screening programs. Field Crops Res. 96: 296-306.
9. Clavel, D., Sarr, B., Marone, E., and Oritz, R. 2004. Potential agronomic and physiological traits of Spanish groundnut varieties (*Arachis hypogea* L.) as selection criteria under end of cycle drought conditions. Agronomy, 24: 1-8.
10. Dashtaki, M., Yazdan Sepas, A., Najafi Mirak, T., Ghanadha, M., Jokar, R., Eslampor, M., Moaiedi, A., Kochaki, A., Nazeri, M., Abedi Oskoie, M., and Aminzadeh, Gh. 2004. Stability of grain yield and harvest index in winter and facultative bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Plant and Seed J. 20: 263-279. (In Persian)
11. Eberhart, S.A., and Russell, W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6: 36-40.
12. Farshadfar, E. 1999. Application of quantitative genetics in plant breeding. Volume 2. Razi University of Kermanshah Press, 381p.
13. Ganciales, P.S., Bortoletto, N.A., Mellomartins, L., Costa, R.B., and Gallo, P.B. 2003. Genotype-environment interaction and phenotypic stability for girth growth and rubber yield hevea clones in saopaulo state, Brazil. Gen. and Mol. Biol. 26: 441-448.
14. Hasheminia, S.M. 1999. Dryland Farming, New Strategies for sustainability. Jahade Daneshgahi of Mashhad Press, 223p. (In Persian)

15. Haider Shah, S., Munavar Shah, S., Inayat Khan, M., Ahmed, M., Hussain, I., and Eskridge. 2009. Non parametric methods in combined heteroscedastic experiments for assessing stability of wheat genotypes in Pakistan. *Pak. J. Bot.* 41: 711-730.
16. Hugh, G., and Gauch, G.H. 1988. Model selection and validation for yield trials with interaction. *Biometrics*, 44: 705-715.
17. Kafi, M., and Mahdavi Damghani, A. 2002. Mechanisms of resistance to environmental stresses in plants. Ferdowsi University of Mashhad Press, 268p. (In Persian)
18. Kang, M.S. 1993. Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for growers. *Agron. J.* 85: 754-757.
19. Rajaram, S., and Van Ginkle, M. 2001. Mexico. 50 years of international wheat breedings. In: Bonjean, A.P., Angus, W.J. (Eds.), the world wheat book: A history of wheat breeding. Lavoisier publishing. Paris, France, Pp: 579-604.
20. Richards, R.A. 1996. Defining selection criteria to improve yield under drought. *Plant growth regul.* 20: 157-166.
21. Rostaie, M., Hosini, K., Hoseinpor, T., Kalateh, M., and Khalilzadeh, Gh. 2001. Study of adaptation and stability of grain yield of advanced genotypes bread wheat in tropical and sub-tropical drylands. *Iran. Agric. Sci. J.* 35: 428-436. (In Persian)
22. Roy, D. 2000. Plant breeding (analysis and exploitation of variation). Alpha science international ltd, U.K.
23. Shukla, G.K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity*, 29: 237-245.
24. Siani, H.S., and Aspinall, D. 1981. Effects of water deficit on sporogenesis in wheat. *Ann. Bot.* 43: 623-633.
25. Sio-Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., and Mohammadi, V. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Res.* 98: 222-229.
26. Van Ginkle, M., Calhoun, D.S., Gebeyehu, G., Miranda, A., Tian-you, C., Pagras Lara, R.M., Trethowan, R., Sayre, K., Crossa, L., and Rajaram, S. 1998. Plant traits related to yield of wheat in early, late, or continuous drought conditions. *Euphytica*. 100: 109-121.
27. Wricke, G. 1962. Über eine methode zur erfassung der ökologischen streubreite in feldversuchen. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*, 47: 92-96.



Comparison of different methods of stability evaluation in bread wheat genotypes under drought stress conditions

*L. Zarei¹, E. Farshadfar², R. Haghparast³, R. Rajabi³,
M. Mohammadi Sarab Badieh⁴ and H. Zali⁴

¹Ph.D. Student, Dept. of Plant Breeding, Razi University of Kermanshah, ²Professor, Dept. of Plant Breeding, Razi University of Kermanshah, ³Dryland Agricultural Research Institution Sararood, ⁴M.Sc., Dept. of Plant Breeding, Razi University of Kermanshah

Received: 2011-05-14; Accepted: 2012-07-14

Abstract

Drought stress is one of the most important factors limiting the productivity of crop plants around the world. Genotype-by environment (G×E) interactions are common under drought and make breeding progress difficult. For this reason twenty genotypes of bread wheat were evaluated in a randomized complete block design with 3 replications at 2 locations (stress and non-stress environments) in two growing seasons. Stability of genotypes were evaluated by using of several methods such as coefficient of regression and deviation from regression in method of Eberhart and Russell, stability variance of Shukla, simultaneous selection for yield and stability, Rick ecovalance and ranking method. The object of this study was to compare the results of above methods and to introduce the simplest method for determining stable genotypes. In the most methods genotypes 9 and 12 selected as stable genotypes. Coefficients of correlation between different methods were calculated using Spearman's coefficient. Regard to strength significant correlation between mean yield and mean of ranks in ranking method, strength significant correlations between deviation from regression and most of used methods and its highly significant correlation with standard deviation in ranking method, it's concluded that the simple method of ranking was enough for determining stable genotypes.

Keywords: Stability analysis; Bread wheat; Non-parametric method of ranking; Drought tolerance

* Corresponding author; Email: lzarei1360@yahoo.com

