

تجزیه پایداری عملکرد لاین‌های امید بخش گندم دوروم در مناطق گرم و خشک با استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارامتری

توحید نجفی میرک^۱، منوچهر دستفال^۲، بهرام اندرزیان^۳، حسین فرزادی^۴، محمد بهاری^۵ و حسن زالی^{۲*}

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۱۹)

چکیده

پایداری عملکرد یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های یک ژنوتیپ برای معرفی شدن به‌عنوان یک رقم است که باعث می‌شود ارقام اصلاح شده در مناطق وسیعی سازگار باشند. به‌منظور دستیابی به ژنوتیپ‌های پرمحصول و سازگار گندم دوروم برای مناطق گرم و خشک کشور، آزمایشی با ۱۸ لاین امیدبخش به‌همراه دو شاهد، شامل یک رقم شاهد گندم دوروم به‌رنگ و یک رقم شاهد گندم نان چمران در ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی داراب، اهواز، خرم‌آباد و دزفول در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و به‌مدت دو سال صورت گرفت. در هر منطقه عملکرد دانه و صفات زراعی لاین‌ها اندازه‌گیری شدند. با توجه به آماره شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده آل (SIIG)، که بر مبنای تمام روش‌های پارامتری محاسبه شده است، به‌ترتیب لاین‌های DW-93-10، DW-93-7، DW-93-15، DW-93-16، DW-93-4 و DW-93-18 با بیشترین مقدار SIIG نزدیک به یک، جزء پایدارترین لاین‌ها از نظر عملکرد دانه بودند. همچنین این لاین‌ها کمترین فاصله را از ژنوتیپ ایده‌آل (d^+) و بیشترین فاصله را از ژنوتیپ غیر ایده‌آل (d^-) داشتند. روش SIIG بر مبنای همه روش‌های ناپارامتری نیز محاسبه شد. نتایج نشان داد لاین‌های DW-93-18، DW-93-15، DW-93-10، DW-93-16، DW-93-7، DW-93-14، DW-93-2، DW-93-4 و DW-93-5 به‌ترتیب با بیشترین مقدار، جزء پایدارترین لاین‌ها از نظر عملکرد دانه بودند. در مجموع بر مبنای روش‌های پارامتری و ناپارامتری، لاین‌های DW-93-10، DW-93-7، DW-93-15، DW-93-4 و DW-93-18 جزء پایدارترین لاین‌ها از نظر عملکرد دانه بودند و در کل، با توجه به عملکرد دانه، شاخص‌های کیفیت و تحمل بیماری‌های مهم گندم، لاین‌های DW-93-4 و DW-93-5 که برتر از شاهد بودند و همچنین لاین DW-93-19 که زودرس‌تر از شاهد بود، نیز انتخاب شدند. این لاین‌ها پس از تکثیر بذر، برای انتخاب برترین آنها در شرایط زارعین، وارد آزمایشات تحقیقی - ترویجی می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: برهمکنش ژنوتیپ × محیط، روش‌های تک‌متغیره، شاخص SIIG، گندم دوروم

۱. دانشیار پژوهشی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
 ۲. به‌ترتیب مربی و استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، داراب، ایران
 ۳. استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران
 ۴. مربی پژوهشی، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران
 ۵. محقق، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران
- *. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Hzali90@yahoo.com

مقدمه

گندم دوروم (*Triticum turgidum* L. var. durum) یکی از گیاهان زراعی مهم و صنعتی است. خصوصیات گلوتن سنگین، خمیر غیر چسبنده و سنگین، این نوع گندم را برای تهیه محصولات پاستا از جمله ماکارونی و اسپاگتی ایده آل کرده است (۵). با توجه به اهمیتی که گندم دوروم در صنعت و تغذیه دارد، تولید و اصلاح ارقام جدید و پرمحصول با ویژگی‌های مهمی مانند پایداری عملکرد ضروری است. در همین راستا تولید ارقام پرمحصول که دارای ویژگی‌های مناسبی برای کشت در مناطق مختلف کشور هستند از اهداف مهم برنامه‌های به‌نژادی مؤسسات تحقیقاتی است (۳).

به‌علت وجود برهمکنش بین ژنوتیپ و محیط، ارزیابی ارقام جدید در محیط‌های مختلف ضروری محسوب می‌شود. محققین معیارهای متفاوتی را جهت تشخیص پایداری ارقام و معرفی آنها به‌کار برده‌اند (۳۴). کلیه روش‌های تک‌متغیره‌ای که در تجزیه پایداری به‌کار می‌روند، از نظر کارایی تشخیص واریته‌های پایدار توسط محققین مختلف مورد مقایسه و مطالعه قرار گرفته‌اند. به‌طوری‌که، هر گروه از محققین نسبت به برخی از روش‌ها ایرادتی وارد و برخی دیگر را مورد تأیید قرار داده‌اند. ولی در بین روش‌های تک‌متغیره، روش کاملاً قابل قبول و قطعی وجود ندارد. بنابراین، محققین از چندین روش تجزیه پایداری به‌طور هم‌زمان استفاده می‌کنند (۹).

روش‌های آماری برای بررسی برهمکنش ژنوتیپ \times محیط به دو گروه پارامتری و ناپارامتری تقسیم می‌شوند. روش‌های آماری پارامتری خود به دو گروه تک‌متغیره و چندمتغیره تقسیم می‌شوند. همچنین، روش‌های تک‌متغیره شامل روش‌های مبتنی بر تجزیه واریانس و روش‌های مبتنی بر رگرسیون هستند. از روش‌های مبتنی بر تجزیه واریانس می‌توان به واریانس محیطی (۲۷)، ضریب تغییرات محیطی (۱۱)، اکووالانس ریک (۳۲) و واریانس پایداری شوکلا (۲۹) اشاره کرد. ضریب رگرسیون فینلی و ویلکینسون (۱۰) و انحرافات از خط رگرسیون (۸) و ضریب تشخیص پیتوس (۲۶) از

روش‌های مبتنی بر تجزیه رگرسیون هستند. از مهم‌ترین روش‌های چندمتغیره می‌توان به مدل AMMI (The additive main effect and multiplicative interaction) (۱۲) و $GGE (Genotype + Genotype \times Environment)$ بای‌پلات (۳۳) اشاره کرد.

روش‌های ناپارامتری متعددی نیز به‌منظور تعیین پایداری ارقام پیشنهاد شده است که در بیشتر آنها ارقام در محیط‌های مختلف رتبه‌بندی شده و ژنوتیپی پایدار محسوب می‌شود که در کلیه محیط‌ها رتبه مشابهی داشته باشد. معیارهای ناپارامتری دارای محاسنی در مقایسه با روش‌های پارامتری هستند. آماره‌های میانگین تفاوت قدرمطلق ($S_i^{(1)}$) و واریانس یا انحراف استاندارد ($S_i^{(2)}$) جزء آماره‌های ناپارامتری هستند که توسط ناسار و هیون (۲۵) برای برآورد اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط و پایداری فنوتیپی (پایداری ژنوتیپ‌ها در همه محیط‌ها) به‌کار برده شده است. یکی دیگر از روش‌های ناپارامتری، روش ناپارامتری رتبه است که در این روش، ژنوتیپ‌ها در کلیه محیط‌ها براساس عملکرد دانه رتبه‌بندی می‌شوند. سپس، میانگین رتبه (\bar{R}) و انحراف معیار رتبه‌ها (SDR) برای هر رقم محاسبه می‌شود. تنارازو (۳۰) چهار روش ناپارامتری $NP_1^{(1)}$ ، $NP_1^{(2)}$ ، $NP_1^{(3)}$ و $NP_1^{(4)}$ را بر مبنای رتبه‌های تصحیح شده، پیشنهاد کرد. کاربرد این آماره‌ها در گزینش ارقام مناسب برای گیاهان نخود (۳۴)، گلرنگ (۲۲)، گندم دوروم (۱۷ و ۲۳)، گندم نان (۳۷) و لوبیا (۳۰) نیز گزارش شده است. مقدم و پورداد (۲۲) چندین معیار پارامتری و ناپارامتری را در ژنوتیپ‌های گلرنگ مورد مطالعه قرار دادند. در این تحقیق بیشتر روش‌های ناپارامتری هیون (۱۵) و تنارازو (۳۱)، واریانس شوکلا (۲۹) و روش انحراف از رگرسیون (۸) که از مفهوم پایداری ایستا بهره می‌برند، استفاده و منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پایین شدند. در مقابل مفهوم پویا، برای ضریب رگرسیون (۱۰) و شاخص برتری (۲۱) برای گزینش هم‌زمان برای عملکرد و پایداری مشاهده شد.

تمزگن و همکاران (۳۰) در بررسی پایداری ارقام لوبیا بیان

مختلف تجزیه پایداری معرفی شد. شاخص SIIG برگرفته از مدل TOPSIS (The technique for order of preference by similarity to ideal solution) یا اولویت‌بندی براساس شباهت به راه‌حل ایده‌آل است که نخستین بار به‌وسیله ونگ و یون (۱۶) به‌عنوان یک روش تصمیم‌گیری چند معیاره، معرفی شد. از روش SIIG می‌توان برای رتبه‌بندی و مقایسه بهتر ژنوتیپ‌های مختلف و انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها و تعیین فواصل بین ژنوتیپ‌ها و گروه‌بندی آنها استفاده کرد. از ویژگی‌های روش SIIG این است که برای محاسبه آن از سایر روش‌های تجزیه پایداری به‌طور هم‌زمان (۳۵) یا شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی به‌طور هم‌زمان (۳۶) استفاده کرد و کارایی انتخاب را افزایش داد. از آنجایی که ممکن است هر ژنوتیپی از نظر یک شاخص یا صفتی ژنوتیپ برتر باشد و در نهایت با افزایش تعداد صفات یا شاخص‌ها، ممکن است انتخاب ژنوتیپ مناسب برای محقق دشوار شود، ولی به کمک روش SIIG تمام شاخص‌ها و صفات به‌صورت یک شاخص درآمده، رتبه‌بندی و تعیین ژنوتیپ‌های برتر بسیار راحت‌تر می‌شود. از جمله مزیت‌های این روش آن است که معیارها یا شاخص‌های به‌کار رفته برای مقایسه می‌توانند دارای واحدهای سنجش متفاوتی بوده و طبیعت منفی و مثبت داشته باشند. هدف از این تحقیق، بررسی اثر تجزیه پایداری عملکرد لاین‌های امید بخش گندم دوروم و شناسایی و معرفی لاین‌های دارای عملکرد اقتصادی و پایدار جهت معرفی و کشت در مناطق مختلف اقلیم‌های گرم و خشک از طریق آماره‌های مختلف و استفاده از شاخص SIIG برای ادغام روش‌های مختلف پارامتری و ناپارامتری بود.

مواد و روش‌ها

تعداد ۱۸ لاین امیدبخش گندم دوروم، که از آزمایشات مقایسه عملکرد لاین‌های پیشرفته گندم دوروم اقلیم گرم و خشک جنوب کشور در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ انتخاب شده بودند (جدول ۱)، به‌همراه رقم شاهد گندم دوروم به‌رنگ و یک رقم

داشتند که آماره‌های پارامتری CV_i ، S^2d_i ، b_i ، S_i^2 ، W_i^2 و σ_i^2 روش‌های مناسبی برای بررسی عملکرد و پایداری هستند و این آماره‌ها می‌توانند به‌عنوان یک ابزار کمکی در انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد متوسط و پایداری بالا به‌کار روند. جهرمی و همکاران (۱۷) به‌منظور تعیین پایداری لاین‌های امید بخش گندم دوروم در اقلیم گرم و خشک جنوب ایران از هشت روش پایداری از جمله CV_i ، S_i^2 ، W_i^2 و σ_i^2 استفاده کردند و در نهایت دو لاین امیدبخش گندم دوروم را به‌عنوان لاین‌هایی با عملکرد پایدار و برای اقلیم گرم و خشک معرفی کردند. محمدی و امیری (۲۴) در تحقیقی که به‌منظور مقایسه روش‌های مختلف تجزیه پایداری پارامتری و ناپارامتری انجام دادند بیان کردند که آماره‌های پایداری در سه گروه قرار گرفتند. آماره‌های TOP و شاخص برتری (PI) در گروه اول قرار گرفتند. در گروه دوم که منعکس‌کننده مفهوم استاتیکی (پایداری زراعی) بود، آماره‌های اکوالانس ریک، انحراف از خط رگرسیون، ارزش پایداری AMMI، آماره‌های هیون $(S_i^{(1)})$ و $(S_i^{(2)})$ و آماره $NP_i^{(1)}$ ترازو قرار گرفتند که هیچ‌کدام با عملکرد، همبستگی معنی‌داری نداشتند. در کل این پارامترها ژنوتیپ‌هایی با سازگاری به محیط‌هایی با شرایط نامناسب رشد را معرفی می‌کنند. آماره‌های $S_i^{(3)}$ ، $S_i^{(6)}$ ، $NP_i^{(1)}$ ، $NP_i^{(3)}$ ، S_i^2 و CV_i در گروه سوم بودند و دارای مفهوم پایداری دینامیکی بودند. بنابراین ژنوتیپ‌های معرفی شده توسط این پارامترها مناسب شرایط رشد مطلوب هستند.

برای انتخاب ارقام پرمحصول با عملکرد پایدار استفاده از یک روش به‌تنهایی ممکن است منجر به نتایج مطلوبی نباشد، ولی با ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش‌های مختلف تجزیه پایداری، احتمال پیدا کردن ژنوتیپ‌های ایده‌آل افزایش می‌یابد. بر همین اساس در این مقاله از روش شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) به‌منظور ادغام روش‌های مختلف تجزیه پایداری، برای ارزیابی بهتر ژنوتیپ‌ها استفاده شد (۳۵ و ۳۶). روش SIIG (Selection index of ideal genotype)، برای اولین بار توسط زالی و همکاران (۳۵) برای ادغام روش‌های

جدول ۱. اسامی / شجره ارقام و لاین‌های امیدبخش گندم دوروم مورد استفاده در آزمایش

کد لاین‌ها	نام لاین‌ها	شجره لاین‌ها
G1	DW-93-1	Behrang (<i>T. durum</i>)
G2	DW-93-2	Chamran (<i>T. aestivum</i>)
G3	DW-93-3	JUPARE C 2001
G4	DW-93-4	CIRNO C 2008
G5	DW-93-5	CBC 509 CHILE/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3/ALTAR 84/4/AJAIA_2/5/KJOVE_1/7/AJAIA_12/F3LOCAL (SEL.ETHIO.135.85) //PLATA_13/8/SOITY_9/RASCON_37//WODUCK/CHAM_3
G6	DW-93-6	GUAYACAN INIA/POMA_2//SNITAN/4/D86135/ACO89//PORRON_4/3/SNITAN
G7	DW-93-7	NUS/SULA//5*NUS/4/SULA/RBCE_2/3/HUI//CIT71/CII*2/5/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/C ANELO_9.1
G8	DW-93-8	JUPARE C 2001
G9	DW-93-9	TADIZ/9/USDA595/3/D67.3/RABI//CRA/4/ALO/5/HUI/YAV_1/6/ARDENTE/7/HUI/YAV79/8/ POD_9
G10	DW-93-10	ALBIA_1/ALTAR
G11	DW-93-11	84//YAZI_1/4/CREX//BOY/YAV_1/3/PLATA_6/5/SOMAT_4/INTER_8/6/LIRO_2/CANELO_9 1A.1D 5+10-6/3*MOJO//RCOL/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1
G12	DW-93-12	USDA595/3/D67.3/RABI//CRA/4/ALO/5/HUI/YAV_1/6/ARDENTE/7/HUI/YAV79/8/POD_9/9/ YAZI_1/AKAKI_4//SOMAT_3/3/AUK/GUIL//GREEN
G13	DW-93-13	ARMENT//2*SOITY_9/RASCON_37/4/CNDO/PRIMADUR//HAI-OU_17/3/SNITAN
G14	DW-93-14	DUKEM_1//SORA/2*PLATA_12/3/SOMAT_4/INTER_8 STOT//ALTAR
G15	DW-93-15	84/ALD/3/PATKA_7/YAZI_1/4/SOMAT_3/PHAX_1//TILO_1/LOTUS_4/5/SOITY_9/RASCON _37//WODUCK/CHAM_3
G16	DW-93-16	GODRIN/GUTROS//DUKEM/3/THKNEE_11/4/DUKEM_1//PATKA_7/YAZI_1/3/PATKA_7/Y AZI_1/5/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_13/3/ADAMAR
G17	DW-93-17	SOITY_9/RASCON_37//STORLOM
G18	DW-93-18	CMH77.774/CORM//SOITY_9/RASCON_37/3/SOMAT_4/INTER_8
G19	DW-93-19	PLATA_7//ILBOR_1//SOMAT_3/3/CABECA_2/PATKA_4//ZHONG ZUO/2*GREEN_3 SOMAT_4/INTER_8/5/NUS/SULA//5*NUS/4/SULA/RBCE_2/3/HUI//CIT71/CII/10/USDA595/3
G20	DW-93-20	/D67.3/RABI//CRA/4/ALO/5/HUI/YAV_1/6/ARDENTE/7/HUI/YAV79/8/POD_9/9/NUS/SULA// 5*NUS/4/SULA/RBCE_2/3/HUI//CIT71/CII

مترمربع) به فاصله ۲۰ سانتی متر از همدیگر به صورت جوی و پشته کاشته و به صورت نشتی آبیاری شدند. همچنین قبل از برداشت، نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت حذف و بقیه (۶ مترمربع) برداشت شد. فرمول کودی مورد استفاده براساس تجزیه خاک هر منطقه مورد استفاده قرار گرفت. برای مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ و نازک برگ به صورت مکانیکی و با استفاده از علف‌کش‌های برومایدام‌آ و آتلاتیس هر کدام به مقدار یک و نیم لیتر در هکتار در مرحله پنجه‌زنی گندم استفاده شد. در طول فصل زراعی، یادداشت برداری از کرت‌های آزمایشی به عمل آمد که مهم‌ترین آنها تعداد روز تا ۵۰ درصد ظهور سنبله، گل‌دهی و رسیدن فیزیولوژیکی، ارتفاع بوته، واکنش به بیماری زنگ زرد و پس از برداشت آزمایش، عملکرد دانه، رنگ دانه و وزن هزار دانه ثبت شد. همچنین پس از برداشت و توزین دانه،

شاهد گندم نان تجاری چمران در ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی داراب، اهواز، خرم‌آباد و دزفول در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و به مدت دو سال (۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴) در آزمایش بررسی سازگاری و مقایسه عملکرد لاین‌های دوروم مورد ارزیابی قرار گرفتند. زمین مورد کشت تحت تناوب دو ساله غلات- آیش بوده و عملیات تهیه زمین شامل شخم بعد از برداشت محصول قبل، یک نوبت شخم بهاره، یک نوبت دیسک، دو بار لولر عمود بر هم، کودپاشی و ایجاد فارو بود. بذور آزمایشی قبل از کاشت به منظور جلوگیری از سیاهک پنهان با قارچ‌کش کاربوکسین تیرام به نسبت دو در هزار ضد عفونی شد. میزان بذر مصرفی ۴۵۰ دانه در مترمربع و با در نظر گرفتن وزن هزار دانه برای هر لاین تعیین شد. ارقام و لاین‌های مورد بررسی در شش خط به طول شش متر (۷/۲)

از رابطه زیر برای نرمال کردن داده‌ها استفاده می‌شود:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}} \quad (2)$$

ماتریس R به صورت رابطه (۳) تعریف می‌شود:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & & r_{2m} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (3)$$

پیدا کردن ژنوتیپ ایده‌ال و ژنوتیپ ضعیف

در این مرحله برای هر شاخص یا صفت به‌طور جداگانه،

بهترین و ضعیف‌ترین ژنوتیپ انتخاب می‌شود.

محاسبه فاصله از ژنوتیپ ایده‌ال و ژنوتیپ ضعیف

در این مرحله برای هر آماره یا شاخص، فاصله از ژنوتیپ

ایده‌ال و فاصله از ژنوتیپ ضعیف به‌ترتیب از روابط (۴ و ۵)

محاسبه می‌شوند:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - r_j^+)^2} \quad (4)$$

$$i = 1, \dots, n$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - r_j^-)^2} \quad (5)$$

$$i = 1, \dots, n$$

در این روابط r_{ij} مقدار نرمال شده شاخص (صفت) i ام

($i = 1, 2, \dots, n$) در رابطه با ژنوتیپ j ام ($j = 1, 2, \dots, m$) است. r_i^+

و r_i^- به ترتیب مقدار نرمال شده ژنوتیپ ایده‌ال و ژنوتیپ ضعیف

برای هر شاخص (صفت) i ام ($i = 1, 2, \dots, n$) است. همچنین d_i^+

فاصله از ژنوتیپ ایده‌ال و d_i^- فاصله از ژنوتیپ ضعیف است.

محاسبه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌ال (SIIG)

در آخرین مرحله شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌ال از رابطه (۶)

محاسبه می‌شود:

$$SIIG = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad 0 \leq SIIG \leq 1 \quad (6)$$

مقدار SIIG بین صفر و یک تغییر می‌کند و هرچه گزینه مورد

نظر به ژنوتیپ ایده‌ال نزدیک‌تر باشد، مقدار SIIG آن به یک

جهت تعیین خصوصیات کیفی لاین‌ها، مقدار ۵۰۰ گرم از هر لاین به آزمایشگاه شیمی و تکنولوژی غلات کرج ارسال و خصوصیات کیفی از قبیل سختی دانه، درصد پروتئین، حجم رسوب، عدد زلنی، درصد گلوتن مرطوب و درصد استخراج سمولینا اندازه‌گیری شد.

در این تحقیق در ابتدا تجزیه واریانس ساده به‌طور جداگانه

برای هر محیط (سال × مکان) صورت گرفت. سپس آزمون

بارتلت به‌منظور بررسی یکنواختی خطاهای آزمایش محیط‌های

مختلف انجام و سپس تجزیه واریانس مرکب انجام شد.

همچنین به‌منظور تجزیه پایداری عملکرد لاین‌ها، از روش‌های

پارامتری واریانس محیطی (۲۷)، ضریب تغییرات محیطی (۱۱)،

اکووالانس ریک (۳۲)، واریانس پایداری شوکلا (۲۹) و

شاخص برتری (۲۱)، ضریب رگرسیون فینلی و ویلکینسون

(۱۰) و انحرافات از خط رگرسیون (۸) و ضریب تشخیص

پیتوس (۲۶) استفاده شد. همچنین از روش‌های ناپارامتری

$S_i^{(1)}$, $S_i^{(2)}$, $S_i^{(3)}$ و $S_i^{(4)}$ معرفی شده توسط ناسار و هیون (۲۵)

و هیون (۹) و چهار روش ناپارامتری $NP_i^{(1)}$, $NP_i^{(2)}$, $NP_i^{(3)}$ و

$NP_i^{(4)}$ معرفی شده توسط تنارازو (۳۱) و روش میانگین رتبه

(\bar{R}) و انحراف معیار رتبه (SDR) استفاده شد.

نحوه محاسبه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌ال (SIIG) به

شرح زیر است:

تشکیل ماتریس داده‌ها

با توجه به تعداد ژنوتیپ‌ها و تعداد شاخص‌ها یا صفات

مختلف مورد بررسی، ماتریس داده‌ها به‌صورت رابطه (۱)

تشکیل می‌شود.

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & & x_{2m} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

در این ماتریس x_{ij} مقدار شاخص (صفت) i ام ($i = 1, 2, \dots, n$)

در رابطه با ژنوتیپ j ام ($j = 1, 2, \dots, m$) است.

تبدیل ماتریس داده‌ها به یک ماتریس نرمال

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ارقام و لاین‌های امیدبخش گندم دوروم در ایستگاه‌های اهواز،

داراب، دزفول و خرم‌آباد طی دو سال زراعی (۹۵-۱۳۹۳)

میانگین مربعات	درجه آزادی	منابع تغییرات
۲۲۶۲۱۲/۴ ^{ns}	۱	سال
۵۲۶۶۰۰۰۰۰ ^{**}	۳	مکان
۶۸۹۹۰۰۰۰ [*]	۳	سال × مکان
۱۳۹۰۶۰۳	۱۶	خطای ۱
۱۳۷۰۲۲۸/۸ ^{**}	۱۹	ژنوتیپ
۵۲۰۵۷۸/۴ ^{ns}	۱۹	ژنوتیپ × سال
۶۹۴۳۵۸/۹ [*]	۵۷	ژنوتیپ × مکان
۶۲۹۲۱۷/۳ ^{ns}	۵۷	ژنوتیپ × سال × مکان
۴۶۶۶۹۰	۳۰۴	خطای ۲
۱۰۴/۵ ^{**}		آزمون بارتلت

ns و ** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیرمعنی‌دار

نتایج و بحث

به‌منظور انجام آزمون بارتلت، در ابتدا تجزیه واریانس ساده بر روی عملکرد دانه ارقام و لاین‌ها در هر محیط (سال × مکان) انجام شد (نتایج نشان داده نشده است). برای بررسی یکنواختی واریانس خطا در محیط‌های مختلف از آزمون بارتلت استفاده شد. آزمون بارتلت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲) که نشان داد واریانس اشتباه آزمایش‌های جداگانه، غیریکنواخت است. از طرفی تبدیل داده‌ها منجر به از دست رفتن قسمتی از اطلاعات و تصمیم‌گیری نادرست در تجزیه پایداری می‌شود و برخی از محققان آن را توصیه نمی‌کنند (۴)، ۱۳ و ۱۴). بنابراین از تبدیل داده‌ها استفاده نشد. ولی به‌منظور تصمیم‌گیری درست در کنار روش‌های مبتنی بر تجزیه واریانس و تجزیه رگرسیون از روش‌های ناپارامتری نیز استفاده شد. زارعی و همکاران (۳۷) در بررسی تجزیه پایداری ارقام گندم نان مشاهده نمودند که آزمون بارتلت در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است اما بیان کردند چون تبدیل داده‌ها منجر به از دست رفتن بخشی از اطلاعات می‌شود، از تبدیل داده‌ها استفاده نکردند. برای بررسی بیشتر عملکرد دانه، تجزیه واریانس مرکب در

نزدیک‌تر خواهد بود (۳۵ و ۳۶). به‌عبارت دیگر می‌توان از شاخص‌های منفی و مثبت به شکل ترکیبی در این روش استفاده کرد. براساس این روش، بهترین ژنوتیپ، نزدیک‌ترین ژنوتیپ به ژنوتیپ‌های ایده‌ال و دورترین از ژنوتیپ‌های ضعیف است. در اینجا منظور از ژنوتیپ ایده‌ال، ژنوتیپی فرضی است که بیشترین پایداری عملکرد را داشته باشد، درحالی‌که ژنوتیپ ضعیف، ژنوتیپی فرضی است که کمترین پایداری عملکرد را داشته باشد (۳۵ و ۳۶). به‌طور خلاصه، ژنوتیپ ایده‌ال از مجموع مقادیر ایده‌ال هر یک از آماره‌های پایداری به‌دست می‌آید، درحالی‌که ژنوتیپ ضعیف از مجموع مقادیر ضعیف هر یک از آماره‌های پایداری حاصل می‌شود. به‌عنوان مثال در مورد عملکرد، حداکثر عملکرد یک ژنوتیپ، مقدار ایده‌ال و عملکرد پایین، به‌عنوان مقدار ضعیف در نظر گرفته می‌شود. همچنین در مورد واریانس محیطی، مقدار ایده‌ال برابر کمترین مقدار واریانس محیطی برای ژنوتیپ‌ها و مقدار ضعیف برابر با بیشترین مقدار واریانس محیطی برای ژنوتیپ‌ها است.

در این تحقیق، برای انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین تیمارها از نرم‌افزار SPSS، برای روش‌های مختلف تجزیه پایداری و شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌ال (SIIG) از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش گندم

دوروم در مناطق داراب، دزفول، اهواز و خرم‌آباد		
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تیمار	۱۵۹	۱۱۹۴۰۱۲۷
ژنوتیپ	۱۹	۱۳۷۰۲۴۵**
محیط	۷	۲۵۵۳۰۱۵۴۸**
ژنوتیپ × محیط	۱۳۳	۶۴۱۶۱۵*
خطای ادغام شده	۳۲۰	۵۱۲۸۸۵

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

داشته‌اند. لذا لازم است با استفاده از روش‌های آماری اثر متقابل ژنوتیپ × محیط تجزیه شود تا بتوان لاین‌های پایدار را معرفی کرد. براساس عملکرد دانه در هشت محیط (چهار ایستگاه و طی دو سال) اغلب لاین‌ها عملکرد بالاتری از عملکرد شاهد دوروم با میانگین عملکرد ۵۷۱۴ نشان دادند، ولی عملکرد بیشتر لاین‌ها نسبت به گندم نان شاهد (چمران) کمتر بود. در بین لاین‌ها بیشترین میزان افزایش عملکرد نسبت به شاهد دوروم مربوط به لاین‌های DW-93-5 و DW-93-6 بود (جدول ۴).

در انتخاب ارقام و لاین‌های پرمحصول، علاوه بر عملکرد بالا، ثبات و پایداری عملکرد در طیفی از محیط‌های مورد بررسی یک ضرورت محسوب می‌شود. در جدول ۵، روش‌های مختلف تجزیه پایداری پارامتری آورده شده است. براساس آماره‌های واریانس محیطی (S_i^2)، ضریب تغییرات (CV_i)، اکووالانس ریک (W_i^2)، واریانس شوکلا (σ_i^2)، انحراف از خط رگرسیون (S^2d_i) و شاخص برتری (PI)، ژنوتیپ‌هایی که مقدار کمتری از نظر این آماره‌ها داشته باشند، از ثبات عملکرد بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار هستند. همچنین در روش ضریب تشخیص (R_i^2)، ژنوتیپ‌هایی با بالاترین مقدار به‌عنوان ژنوتیپ پایدار انتخاب می‌شوند. نتایج واریانس محیطی (S_i^2) و ضریب تغییرات (CV_i) نشان داد که لاین‌های DW-93-17، DW-93-18، DW-93-9، DW-93-16، DW-93-14 و DW-93-14 با کمترین مقدار CV_i و S_i^2 جزء لاین‌های پایدار بودند و لاین‌های DW-93-6، DW-93-8، DW-93-3، DW-93-2 و DW-93-15

دو سال و چهار مکان (اهواز، داراب، دزفول و خرم‌آباد) با در نظر گرفتن ژنوتیپ به‌عنوان فاکتور ثابت و سال و مکان به‌عنوان فاکتور تصادفی انجام گرفت و نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین مکان‌ها برای عملکرد دانه وجود دارد (جدول ۲). مقایسه میانگین عملکرد دانه در داراب نشان داد که بیشتر لاین‌های مورد بررسی به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه بالاتر از شاهد دوروم با میانگین عملکرد ۵۶۷۰ کیلوگرم در هکتار، برخوردار هستند. این لاین‌ها شامل DW-93-5، DW-93-6، DW-93-7، DW-93-9، DW-93-10، DW-93-12، DW-93-13، DW-93-16، DW-93-17 و DW-93-18 بود. در خرم‌آباد فقط لاین DW-93-6 تفاوت معنی‌داری با شاهد دوروم داشت. در دزفول لاین DW-93-5 و در اهواز لاین DW-93-9 افزایش عملکرد معنی‌داری را نسبت به شاهد دوروم نشان دادند (جدول ۴). در بین مناطق بیشترین عملکرد مربوط به ایستگاه خرم‌آباد (۸۷۸۹ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد دانه مربوط به ایستگاه اهواز (۳۹۲۳ کیلوگرم در هکتار) بود. داراب و دزفول هم به ترتیب با میانگین عملکرد ۶۲۴۶ و ۴۹۹۳ کیلوگرم در هکتار در حد واسط این دو ایستگاه قرار گرفتند (جدول ۴).

تجزیه واریانس عملکرد دانه در هشت محیط (مکان × سال) انجام شد (جدول ۳). نتایج اختلاف معنی‌داری را برای اثر ژنوتیپ، محیط و برهمکنش ژنوتیپ × محیط نشان داد. معنی‌دار شدن برهمکنش ژنوتیپ × محیط در سطح پنج درصد نشان داد که ارقام و لاین‌ها در محیط‌های مختلف عملکرد متفاوتی

جدول ۴. نتایج مقایسه میانگین لاین‌های گندم دوروم از نظر عملکرد دانه در ایستگاه‌های اهواز، داراب، دزفول و خرم‌آباد (۹۵-۱۳۹۳)

YIR	Ch2%	Ch1%	عملکرد کل	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)				نام لاین‌ها
				اهواز	دزفول	خرم‌آباد	داراب	
۹۵	۹۳	۱۰۰	۵۷۱۴	۳۸۲۶	۵۱۰۳	۸۲۵۸	۵۶۷۰	DW-93-1
۱۰۲	۱۰۰	۱۰۷	۶۱۳۲	۳۹۱۷	۵۱۰۷	۹۳۱۳	۶۱۹۳	DW-93-2
۹۳	۹۱	۹۸	۵۵۹۴	۳۴۹۳	۴۱۷۱	۸۹۱۹	۵۷۹۴	DW-93-3
۱۰۴	۱۰۱	۱۰۹	۶۲۰۹	۳۹۴۶	۵۴۹۲	۹۲۹۰	۶۱۱۰	DW-93-4
۱۰۷	۱۰۴	۱۱۲	۶۳۸۱	۳۷۷۶	۵۹۰۰	۹۱۲۶	۶۷۲۳	DW-93-5
۱۰۷	۱۰۴	۱۱۲	۶۴۰۲	۴۲۵۳	۵۴۰۳	۹۷۲۱	۶۲۳۳	DW-93-6
۱۰۱	۹۹	۱۰۶	۶۰۵۳	۴۰۶۷	۴۷۳۵	۸۷۳۹	۶۶۷۳	DW-93-7
۹۶	۹۴	۱۰۱	۵۷۶۱	۳۷۱۶	۴۳۹۳	۸۹۴۰	۵۹۹۴	DW-93-8
۱۰۱	۹۹	۱۰۶	۶۰۵۸	۴۵۹۸	۴۸۶۳	۸۱۷۸	۶۵۹۳	DW-93-9
۱۰۳	۱۰۰	۱۰۸	۶۱۶۰	۴۱۴۷	۵۲۴۷	۸۹۶۸	۶۲۷۶	DW-93-10
۹۹	۹۶	۱۰۳	۵۹۰۲	۳۵۶۴	۵۰۹۷	۸۷۰۳	۶۲۴۲	DW-93-11
۱۰۱	۹۸	۱۰۶	۶۰۳۸	۳۶۲۰	۵۱۷۸	۸۹۶۸	۶۳۸۸	DW-93-12
۹۹	۹۷	۱۰۴	۵۹۵۲	۳۶۸۰	۵۰۳۲	۸۳۳۳	۶۷۶۳	DW-93-13
۹۸	۹۶	۱۰۳	۵۸۷۲	۳۹۱۹	۵۰۴۷	۸۵۶۳	۵۹۶۱	DW-93-14
۱۰۳	۱۰۰	۱۰۸	۶۱۴۶	۴۰۹۴	۵۰۷۴	۹۴۰۰	۶۰۱۴	DW-93-15
۱۰۰	۹۸	۱۰۵	۵۹۹۵	۳۸۳۴	۵۳۲۴	۸۳۸۸	۶۴۳۳	DW-93-16
۱۰۳	۱۰۰	۱۰۸	۶۱۴۵	۴۲۸۹	۵۱۶۷	۸۵۱۳	۶۶۱۲	DW-93-17
۱۰۱	۹۸	۱۰۵	۶۰۲۵	۴۲۲۶	۴۸۷۴	۸۵۴۷	۶۴۵۳	DW-93-18
۹۳	۹۱	۹۷	۵۵۶۹	۳۸۲۲	۳۹۰۰	۸۶۲۶	۵۹۲۸	DW-93-19
۹۴	۹۲	۹۹	۵۶۴۵	۳۶۷۱	۴۷۶۴	۸۲۸۶	۵۸۶۱	DW-93-20
			۵۹۸۸	۳۹۲۳	۴۹۹۳	۸۷۸۹	۶۲۴۶	میانگین
			۱۲۶۰۰	۵۹۱۷	۷۲۲۵	۱۲۶۰۰	۸۷۲۷	Max
			۲۱۲۳	۲۱۲۳	۳۰۶۷	۶۲۲۵	۳۶۶۳	Min
			۱۰۴۷۷	۳۷۹۳	۴۱۵۸	۶۳۵۸	۵۰۶۳	دامنه

Ch1%: درصد افزایش عملکرد نسبت به گندم شاهد دوروم (بهرنگ)، Ch2%: درصد افزایش عملکرد نسبت به گندم نان شاهد

(چمران)، YIR: درصد افزایش عملکرد نسبت به میانگین کل

DW-93-19، DW-93-8، DW-93-17 و DW-93-6 با توجه به داشتن بالاترین مقدار σ_i^2 و W_i^2 به‌عنوان ناپایدارترین لاین‌ها شناخته شدند (جدول ۵). بر مبنای شاخص برتری (PI)، لاین‌های DW-93-6، DW-93-5، DW-93-4، DW-93-10 و DW-93-15 جزء لاین‌های پایدار معرفی شدند. به‌منظور تجزیه پایداری

با بیشترین مقدار S_i^2 و CV_i جزء لاین‌های ناپایدار از نظر عملکرد نسبت به سایر لاین‌ها شناخته شدند (جدول ۵). بر اساس مقادیر پایین واریانس شوکلا (σ_i^2) و اکووالانس ریک (W_i^2)، لاین‌های DW-93-7، DW-93-10، DW-93-15، DW-93-16 و DW-93-4 جزء ژنوتیپ‌های پایدار بودند. از طرفی لاین‌های DW-93-9،

جدول ۵. نتایج تجزیه پایداری عملکرد دانه ارقام و لاین‌های گندم دوروم براساس روش پارامتری در هشت محیط (۹۵-۱۳۹۳)

PI	روش‌های مبتنی بر تجزیه رگرسیون			روش‌های مبتنی بر تجزیه واریانس				نام لاین‌ها
	R_i^2	b_i	S^2d_i	σ_i^2	W_i^2	CV_i	S_i^2	
۸۰۷۳۴۵	۹۵/۳	۰/۹۴۶	۲۱۸۵۴۵	۲۰۹۸۰۵	۱۳۹۶۶۲۸	۳۵/۰	۳۹۹۸۹۴۰	DW-93-1
۳۷۵۶۴۳	۹۷/۱	۱/۰۷۸	۱۷۳۳۹۴	۱۸۱۶۰۴	۱۲۱۸۹۶۰	۳۶/۸	۵۰۸۸۰۸۸	DW-93-2
۹۴۰۲۴۰	۹۷/۴	۱/۱۰۳	۱۶۱۹۸۵	۱۹۲۹۰۵	۱۲۹۰۱۶۰	۴۱/۲	۵۳۱۸۹۵۱	DW-93-3
۲۹۳۱۶۷	۹۷/۳	۱/۰۳۵	۱۴۹۷۰۵	۱۳۶۴۸۲	۹۳۴۶۹۶	۳۴/۹	۴۶۸۶۲۷۸	DW-93-4
۲۰۹۰۳۶	۹۵/۲	۱/۰۶۲	۲۸۰۲۸۷	۲۷۳۳۳۰	۱۷۹۶۸۳۳	۳۵/۲	۵۰۴۰۷۰۸	DW-93-5
۲۰۶۰۳۲	۹۶/۸	۱/۱۳۹	۲۱۳۱۱۶	۲۸۲۸۴۶	۱۸۵۶۷۸۷	۳۷/۳	۵۷۰۵۸۱۳	DW-93-6
۴۱۷۶۶۵	۹۸/۲	۱/۰۰۲	۹۰۴۳۶	۷۴۲۷۷	۵۴۲۸۰۴	۳۴/۵	۴۳۵۳۷۱۶	DW-93-7
۸۱۲۱۱۶	۹۵/۴	۱/۱۰۷	۲۹۶۱۳۳	۳۲۴۳۶۹	۲۱۱۸۳۸۳	۴۰/۶	۵۴۶۸۹۵۱	DW-93-8
۶۵۱۴۶۲	۸۹/۳	۰/۸۶۳	۴۴۴۵۰۴	۵۰۰۳۶۲	۳۲۲۷۱۳۵	۳۱/۱	۳۵۴۹۰۱۷	DW-93-9
۳۱۳۶۰۰	۹۷/۸	۰/۹۸۲	۱۰۸۱۰۲	۹۲۵۸۴	۶۵۸۱۳۶	۳۳/۳	۴۱۹۶۸۴۹	DW-93-10
۵۶۵۲۸۶	۹۵/۹	۱/۰۴۹	۲۳۲۹۸۸	۲۲۱۱۵۶	۱۴۶۸۱۳۶	۳۷/۴	۴۸۱۷۸۸۵	DW-93-11
۴۶۴۶۵۴	۹۷/۳	۱/۰۶۲	۱۵۴۵۸۲	۱۵۳۴۱۳	۱۰۴۱۳۵۷	۳۶/۸	۴۹۲۹۹۲۳	DW-93-12
۵۳۹۹۲۶	۹۴/۸	۰/۹۶۶	۲۵۳۳۵۶	۲۳۴۸۳۲	۱۵۵۴۲۹۹	۳۴/۴	۴۱۸۸۸۳۲	DW-93-13
۶۷۳۵۷۲	۹۵/۵	۰/۹۳۳	۲۰۴۹۹۴	۲۰۴۶۶۵	۱۳۶۴۲۴۹	۳۳/۵	۳۸۷۸۴۷۳	DW-93-14
۳۵۸۶۶۷	۹۸/۲	۱/۰۷۹	۱۰۸۸۱۶	۱۲۱۴۴۳	۸۳۹۹۴۹	۳۶/۶	۵۰۴۹۳۷۴	DW-93-15
۵۰۲۱۳۴	۹۷/۵	۰/۹۱۱	۱۰۴۲۷۹	۱۲۵۰۹۲	۸۶۲۹۳۸	۳۱/۷	۳۶۱۸۷۳۰	DW-93-16
۴۳۲۶۹۰	۹۵/۱	۰/۸۲۴	۱۷۲۶۱۳	۲۹۸۳۵۰	۱۹۵۴۴۶۳	۲۸/۴	۳۰۳۹۵۵۳	DW-93-17
۴۹۷۸۶۲	۹۷/۷	۰/۸۸۴	۹۲۷۱۶	۱۴۰۳۰۴	۹۵۸۱۷۴	۳۰/۶	۳۴۰۲۷۱۲	DW-93-18
۱۰۹۹۱۶۹	۹۳/۴	۱/۰۳۱	۳۷۴۵۹۷	۳۴۹۵۰۴	۲۲۷۶۷۳۲	۳۹/۵	۴۸۴۶۴۶۷	DW-93-19
۸۹۴۱۰۴	۹۶/۴	۰/۹۴۳	۱۶۴۵۰۹	۱۶۰۱۹۷	۱۰۸۴۰۹۷	۳۵/۱	۳۹۲۴۱۰۸	DW-93-20

S_i^2 : واریانس محیطی، CV_i : ضریب تغییرات، W_i^2 : اکووالانس ریک، σ_i^2 : واریانس شوکلا، S^2d_i : انحراف از رگرسیون، b_i : ضریب رگرسیون، R_i^2 : ضریب تشخیص، PI: شاخص برتری

ضریب رگرسیون نزدیک به یک، به‌عنوان لاین‌های پایدار معرفی شدند و لاین‌های DW-93-9 و DW-93-19 با داشتن بیشترین مقدار انحراف از خط رگرسیون و ضریب تشخیص پایین جزء ناپایدارترین لاین‌ها از نظر عملکرد دانه بودند (جدول ۵). زارعی و همکاران (۳۷) در مقایسه روش‌های مختلف ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌های گندم نان بیان کردند بین آماره‌های اکوالانس ریک، واریانس شوکلا و انحراف از خط رگرسیون، همبستگی معنی‌داری وجود دارد. تمزگن و همکاران (۳۰) آماره‌های

به‌وسیله مدل ابرهات و راسل (۸)، معادلات رگرسیون برای کلیه لاین‌ها به‌طور جداگانه، به‌وسیله رگرسیون عملکرد دانه بر روی شاخص محیطی محاسبه شد و ضریب رگرسیون خطی (b_i)، واریانس انحراف از خط رگرسیون (S^2d_i) و ضریب تشخیص (R_i^2) به‌دست آمد. با توجه به مدل ابرهات و راسل (۸)، لاین‌های DW-93-1، DW-93-16، DW-93-18، DW-93-7، DW-93-15 و DW-93-10 به‌علت داشتن کمترین میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون و ضریب تشخیص بالا و

پارامتری $CV_i, S^2d_i, b_i, S_i^2, W_i^2$ و σ_i^2 را روش‌های مناسبی در انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد متوسط و پایداری بالا معرفی کردند.

به‌منظور انتخاب نهایی لاین‌ها با عملکرد پایدار، براساس روش‌های تجزیه پایداری پارامتری به‌طور هم‌زمان (جدول ۵)، از شاخص SIIG (۳۵) استفاده شد. در واقع با استفاده از شاخص SIIG تمام روش‌های موجود در جدول ۵، به یک شاخص واحد تبدیل شدند و انتخاب راحت‌تر و مؤثرتر انجام شد (جدول ۷). با توجه به آماره SIIG، به‌ترتیب لاین‌های DW-93-10، DW-93-7، DW-93-15، DW-93-16، DW-93-4، DW-93-18، DW-93-7، DW-93-2 و DW-93-15 با بیشترین مقدار SIIG نزدیک به یک (به‌ترتیب $0/888, 0/864, 0/824, 0/820, 0/819, 0/810, 0/758$) جزء پایدارترین لاین‌ها از نظر عملکرد دانه بر مبنای روش‌های آماری پارامتری مورد استفاده در این تحقیق بودند. از طرفی لاین‌های DW-93-9، DW-93-19، DW-93-8 و DW-93-8 به‌ترتیب با کمترین مقدار SIIG (به‌ترتیب $0/232, 0/275, 0/391$) جزء ضعیف‌ترین لاین‌ها از نظر پایداری عملکرد بر مبنای روش‌های پارامتری (جدول ۵ و ۷) شدند.

آماره‌های ناپارامتری پایداری مورد مطالعه برای گزینش لاین‌های پایدار گندم دوروم براساس معیارهای پیشنهادی هیون (۱۵)، تناز و (۳۱)، میانگین رتبه و انحراف معیار رتبه به‌ترتیب در جدول ۶ ارائه شده است. در همه روش‌های تجزیه پایداری ناپارامتری، ژنوتیپی از نظر تولید عملکرد دانه، پایدار محسوب می‌شود که کمترین مقدار این آماره‌ها را داشته باشد. روش‌های ناپارامتری به‌منظور انتخاب ارقام و لاین‌های پایدار از نظر عملکرد در گندم دوروم (۲۳)، گلرنگ (۱، ۲۲)، عدس (۲۸)، نخود زراعی (۷، ۳۴) و گندم نان (۳۷) مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

نصار و هیون (۲۵) برای آزمون پایداری بین ژنوتیپ‌ها، مقادیر $Z_i^{(1)}$ و $Z_i^{(2)}$ را به‌صورت انفرادی برای هر ژنوتیپ پیشنهاد دادند. در این تحقیق نیز مقادیر $Z_i^{(1)}$ و $Z_i^{(2)}$ برای تمام لاین‌ها محاسبه شد، سپس این مقادیر برای آزمون χ^2 روی تمام

ارقام و لاین‌ها جمع زده شدند که نتایج در جدول ۶ ذکر شده است. ارزش مجموع Z ها برای کلیه لاین‌ها در هر دو آماره $Z_i^{(1)}$ و $Z_i^{(2)}$ کمتر از ارزش χ^2 جدول با درجه آزادی ۲۰ بود. آزمون معنی‌دار برای دو معیار ناپارامتری $S_i^{(1)}$ و $S_i^{(2)}$ غیر معنی‌دار شد. تنها ارزش Z_i به‌طور مجزا برای لاین DW-93-9 در مقایسه با ارزش χ^2 جدول، با یک درجه آزادی در هر دو معیار در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. بنابراین اختلاف معنی‌دار در سازگاری لاین DW-93-9 براساس دو آماره $S_i^{(1)}$ و $S_i^{(2)}$ وجود داشت. عدم اختلاف معنی‌دار در بین لاین‌ها براساس دو آماره $S_i^{(1)}$ و $S_i^{(2)}$ در گندم نان (۲۰)، عدس (۱۹) و گلرنگ (۲۲) گزارش شده است. وجود اختلاف معنی‌دار در بین برخی از لاین‌ها براساس دو آماره $S_i^{(1)}$ و $S_i^{(2)}$ موافق با نتایج حاصله در برزک (۲) و گندم دوروم (۲۳) بود. براساس دو معیار $S_i^{(3)}$ و $S_i^{(4)}$ لاین‌های DW-93-10، DW-93-15، DW-93-4 و DW-93-5 جزء پایدارترین لاین‌ها بودند و لاین‌های DW-93-1، DW-93-8، DW-93-9 و DW-93-9 حساس‌ترین لاین‌ها با توجه به دو معیار فوق بودند. عدم اختلاف معنی‌دار در بین دو معیار $S_i^{(3)}$ و $S_i^{(4)}$ مطابق با نتایج جمشیدی مقدم و پورداد (۱۸) در گلرنگ و کریمی زاده و همکاران (۱۹) در عدس بود. معیارهای ناپارامتری $NP_i^{(1)}$ ، $NP_i^{(2)}$ ، $NP_i^{(3)}$ لاین‌های DW-93-15، DW-93-10، DW-93-18 را به‌عنوان پایدارترین لاین‌ها معرفی نمودند و لاین‌های DW-93-5، DW-93-6، DW-93-3 و DW-93-3 جزء ناپایدارترین لاین‌ها براساس این معیارها بودند. هر چند لاین‌های DW-93-9، DW-93-5 و DW-93-6 دارای عملکرد بالاتر از متوسط کل بودند. در نهایت نتایج نشان داد که آماره‌های تناز و (۳۱) جزء مفهوم پایداری ایستایی هستند و ژنوتیپ‌های پایدار معرفی شده براساس این روش‌ها ممکن است از عملکرد بالایی برخوردار نباشند. نتایج مشابهی در گندم دوروم (۲۴)، گلرنگ (۱، ۲۲)، عدس (۲۸) و گندم نان (۲۰) گزارش شده است. لاین‌های DW-93-8، DW-93-16 و DW-93-1 با اختصاص کمترین مقدار آماره $NP_i^{(2)}$ به‌عنوان لاین‌هایی با سازگاری عمومی شناخته شدند.

جدول ۶. نتایج تجزیه پایداری عملکرد دانه ارقام و لاین‌های گندم دوروم براساس روش‌های ناپارامتری در هشت محیط (۹۵-۱۳۹۳)

آماره‌های رتبه		آماره‌های تنارازو (۳۲)				آماره‌های هیون (۱۵)						کد لاین‌ها
SDR	\bar{R}	$NP_i^{(4)}$	$NP_i^{(3)}$	$NP_i^{(2)}$	$NP_i^{(1)}$	$S_i^{(6)}$	$S_i^{(3)}$	$Z_i^{(2)}$	$S_i^{(2)}$	$Z_i^{(1)}$	$S_i^{(1)}$	
۶/۲۷	۱۳/۱۳	۱/۰۰۷	۰/۵۳۶	۰/۰۱۴	۵/۲۵	۵/۲۴	۳۴/۹۰	۰/۲۴۳	۳۹/۲۷	۰/۳۱۸	۷/۳۹	G1
۵/۲۵	۸/۸۸	۰/۵۱۰	۰/۴۹۲	۰/۰۸۲	۳/۶۳	۲/۳۷	۱۵/۹۱	۰/۲۱۷	۲۷/۵۵	۰/۲۷۱	۵/۹۶	G2
۴/۵۹	۱۵/۷۵	۱/۴۵۶	۰/۶۳۴	۰/۲۵۰	۵/۷۵	۶/۱۹	۲۸/۱۰	۰/۹۹۴	۲۱/۰۷	۱/۱۸۷	۵/۲۱	G3
۴/۷۹	۷/۸۸	۰/۴۹۵	۰/۵۵۸	۰/۰۸۹	۴/۵۰	۲/۰۴	۱۲/۲۶	۰/۷۰۷	۲۲/۹۸	۱/۰۱۷	۵/۳۲	G4
۴/۸۹	۶/۷۵	۰/۶۰۹	۰/۶۶۹	۰/۰۶۰	۶/۳۸	۲/۳۹	۱۱/۷۵	۰/۵۸۲	۲۳/۹۳	۰/۳۶۲	۵/۸۶	G5
۶/۰۹	۶/۳۸	۰/۵۹۳	۰/۶۸۵	۰/۰۱۸	۶/۳۸	۲/۵۸	۱۷/۷۷	۰/۱۰۱	۳۷/۱۳	۰/۰۱۷	۶/۸۲	G6
۴/۹۶	۹/۵۰	۰/۵۶۲	۰/۴۴۸	۰/۰۷۱	۴/۳۸	۲/۷۸	۱۴/۹۶	۰/۵۰۵	۲۴/۵۷	۰/۳۰۰	۵/۹۳	G7
۵/۶۸	۱۴/۲۵	۰/۹۷۴	۰/۵۴۹	۰/۰۰۱	۴/۰۰	۴/۳۰	۳۳/۴۱	۰/۰۰۷	۳۲/۲۱	۰/۵۸۴	۵/۶۴	G8
۷/۶۹	۹/۷۵	۰/۸۷۹	۰/۷۳۶	۰/۱۰۷	۷/۸۸	۴/۹۸	۳۶/۷۶	۴/۴۶۹	۵۹/۰۷	۲/۹۹۱	۸/۹۳	G9
۴/۱۲	۸/۱۳	۰/۴۲۴	۰/۴۰۲	۰/۰۵۴	۳/۸۸	۲/۱۲	۹/۲۳	۱/۷۷۴	۱۶/۹۸	۱/۶۳۷	۴/۹۶	G10
۶/۱۱	۱۲/۲۵	۰/۸۶۹	۰/۵۹۶	۰/۰۸۳	۵/۱۳	۵/۰۳	۲۹/۸۹	۰/۱۱۳	۳۷/۳۶	۰/۱۴۰	۷/۱۴	G11
۵/۵۰	۹/۶۳	۰/۵۹۰	۰/۵۳۲	۰/۰۹۵	۴/۲۵	۳/۰۸	۱۸/۶۳	۰/۰۶۰	۳۰/۲۷	۰/۰۰۸	۶/۵۴	G12
۵/۵۲	۱۱/۷۵	۰/۷۱۰	۰/۴۹۴	۰/۱۵۸	۴/۲۵	۳/۹۵	۲۳/۰۸	۰/۰۵۱	۳۰/۵۰	۰/۰۱۳	۶/۵۰	G13
۵/۳۹	۱۱/۷۵	۰/۷۸۸	۰/۵۰۸	۰/۰۳۷	۵/۲۵	۳/۸۹	۲۲/۰۰	۰/۱۱۷	۲۹/۰۷	۰/۰۲۸	۶/۴۳	G14
۴/۲۹	۸/۱۳	۰/۴۲۲	۰/۴۳۰	۰/۰۴۲	۳/۲۵	۲/۱۲	۱۰/۰۱	۱/۴۷۶	۱۸/۴۱	۱/۲۴۷	۵/۱۸	G15
۵/۸۱	۱۰/۰۰	۰/۶۳۳	۰/۴۷۷	۰/۰۰۶	۴/۶۳	۳/۲۷	۲۱/۴۵	۰/۰۰۱	۳۳/۷۱	۰/۰۷۱	۷/۰۰	G16
۵/۵۴	۷/۸۸	۰/۵۹۰	۰/۵۶۳	۰/۰۶۵	۴/۸۸	۲/۶۵	۱۶/۳۷	۰/۰۴۴	۳۰/۷۰	۰/۰۰۱	۶/۶۱	G17
۵/۰۹	۹/۲۵	۰/۵۲۰	۰/۴۵۹	۰/۰۱۹	۳/۸۸	۲/۶۸	۱۵/۴۵	۰/۳۵۹	۲۵/۹۳	۰/۴۳۰	۵/۷۹	G18
۴/۳۶	۱۴/۸۸	۱/۳۳۵	۰/۵۵۲	۰/۰۲۱	۵/۳۸	۴/۰۸	۲۱/۶۹	۱/۳۶۴	۱۸/۹۸	۱/۶۳۷	۴/۹۶	G19
۵/۳۸	۱۴/۱۳	۰/۹۸۲	۰/۴۹۶	۰/۰۳۸	۴/۶۳	۵/۰۹	۲۹/۵۱	۰/۱۲۲	۲۸/۹۸	۰/۰۲۰	۶/۴۶	G20

تست آماری

$$\sum Z_i^{(2)} = 13/306 \quad \sum Z_i^{(1)} = 12/278$$

$$E(S_i^{(2)}) = 33/25 \quad E(S_i^{(1)}) = 6/65$$

$$V(S_i^{(2)}) = 491/2 \quad V(S_i^{(1)}) = 1/736$$

$$\chi^2 Z1, Z2 = 3/84 \quad \chi^2 \text{ sum} = 28/59$$

$S_i^{(1)}$: میانگین تفاوت قدر مطلق ژنوتیپ در محیط‌ها؛ $S_i^{(2)}$: واریانس مشترک انحراف از رتبه‌ها؛ $S_i^{(3)}$: واریانس بین رتبه‌ها در محیط‌ها؛ $S_i^{(6)}$: مجموع انحراف مطلق‌ها؛ $NP_i^{(1)}$ ، $NP_i^{(2)}$ ، $NP_i^{(3)}$ و $NP_i^{(4)}$: آماره‌های ناپارامتری تنارازو؛ \bar{R} : میانگین رتبه و SDR: انحراف معیار رتبه‌ها

لاین‌های DW-93-6، DW-93-5، DW-93-4، DW-93-10 و DW-93-15 با اختصاص کمترین مقدار میانگین رتبه به‌عنوان برترین لاین‌ها شناخته شدند. با توجه به شاخص انحراف معیار رتبه (SDR)، لاین‌های DW-93-10، DW-93-15، DW-93-19،

در مجموع جمشیدی مقدم و پورداد (۱۸) نشان دادند که آماره‌های ناپارامتری هیون (۱۵) و تنارازو (۳۱) جزء مفهوم ایستایی پایداری هستند و ژنوتیپ‌های پایدار براساس این روش‌ها از عملکرد بالایی برخوردار نیستند.

میانگین برخی از خصوصیات زراعی لاین‌های مورد بررسی در جدول ۸ نشان داده شده است. از نظر صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد سنبله‌دهی، ارقام و لاین‌ها در محدود ۱۰۹-۱۱۵ روز قرار داشتند که کمترین آن مربوط به لاین DW-93-5 و بیشترین آن مربوط به لاین DW-93-11 بود. از نظر تعداد روز تا ۵۰ درصد رسیدگی نیز تفاوت پنج روزه در محدوده ۱۵۷-۱۵۲ بین ارقام و لاین‌ها مشاهده شد و لاین DW-93-19 با کمترین زمان رسیدن (۱۵۲ روز)، زودرس‌ترین لاین شناخته شد. تغییرات ارتفاع بوته ارقام و لاین‌ها نیز در محدوده بین ۸۲ تا ۹۳ سانتی‌متر بود. کمترین ارتفاع بوته مربوط به گندم دوروم به‌رنگ و لاین DW-93-4 و بیشترین آن مربوط به لاین DW-93-3 بود. وزن هزار دانه ارقام و لاین‌ها با میانگین ۴۵ گرم بین ۴۰ تا ۵۰ گرم متغیر بود. بیشترین وزن هزار دانه مربوط به شاهد دوروم (به‌رنگ) و لاین DW-93-14 و کمترین آن مربوط به لاین DW-93-10 بود. از نظر رنگ دانه هیچ تنوعی بین ارقام و لاین‌ها دیده نشد و همه آنها دارای رنگ دانه زرد کهربائی بودند. از نظر واکنش به بیماری‌های زنگ زرد و قهوه‌ای نیز هیچ‌کدام از ارقام و لاین‌ها به‌جز گندم نان چمران در شرایط مزرعه، حساسیت به این بیماری‌ها را نشان ندادند (جدول ۸).

معیارهای ارزیابی کیفی لاین‌های مورد مطالعه در جدول ۹ آورده شده‌اند. نتایج آزمون‌های کیفیت انجام شده بر روی نمونه‌ها نشان داد که درجه سختی لاین‌های مختلف در محدوده ۶۲-۵۷ قرار دارد. لاین‌های DW-93-3 و DW-93-14 دارای بالاترین درجه سختی و لاین DW-93-16 کمترین درجه سختی را داشت. شاخص سختی دانه یک عامل مهم در ارزیابی مطلوبیت گندم است. گندم‌های نرم بسیار شکستنی هستند، درحالی‌که در گندم‌های سخت، شبکه پروتئین و نشاسته در داخل آندوسپرم کاملاً محکم به هم متصل شده‌اند (۶). درصد پروتئین لاین‌ها در محدوده ۱۲/۵-۱۱/۵ متغیر بود. لاین DW-93-11 کمترین درصد پروتئین و لاین DW-93-7 بیشترین درصد پروتئین (۱۲/۵) را به‌خود اختصاص دادند.

DW-93-4، DW-93-5 و DW-93-6 به‌عنوان پایدارترین لاین‌ها معرفی شدند (جدول ۶). زارعی و همکاران (۳۷) در بررسی روش‌های مختلف تجزیه پایداری بیان نمودند که روش ناپارامتری رتبه به‌دلیل بالا بودن درستی نتایج و همچنین سادگی محاسبه آن از جمله روش‌های مناسب در تجزیه پایداری است.

در این تحقیق علاوه بر استفاده از تک‌تک آماره‌های تجزیه پایداری ناپارامتری، به‌منظور انتخاب بهترین لاین‌ها از نظر ثبات عملکرد در محیط‌های مختلف، از شاخص SIIG نیز استفاده شد و همه آماره‌های تجزیه پایداری ناپارامتری ادغام شده و تبدیل به یک شاخص واحد یعنی SIIG شدند (جدول ۷). براساس روش‌های تجزیه پایداری ناپارامتری در جدول ۶، به ازای هر روش آماری یک لاین از همه برتر و یک لاین از همه ضعیف‌تر است. در جدول ۷، شاخص SIIG که بر مبنای تمام روش‌های ناپارامتری (جدول ۶) محاسبه شده است، نشان داده شده است. بر این اساس مشاهده شد لاین‌های DW-93-18، DW-93-15، DW-93-10، DW-93-16، DW-93-7، DW-93-14، DW-93-2، DW-93-4 و DW-93-5 به ترتیب با بیشترین مقدار SIIG (به ترتیب ۰/۸۱۲، ۰/۷۹۴، ۰/۷۴۶، ۰/۷۳۴، ۰/۷۱۲، ۰/۷۰۸، ۰/۷۰۰ و ۰/۶۹۳) جزء پایدارترین لاین‌ها از نظر بیشتر روش‌های ناپارامتری بودند. همچنین مشاهده شد که این لاین‌ها به ترتیب کمترین مقدار d^+ و بیشترین مقدار d^- را به‌خود اختصاص داده‌اند. از طرفی لاین‌های DW-93-3، DW-93-9 و DW-93-13 به ترتیب با کمترین مقدار SIIG (به ترتیب ۰/۳۴۱، ۰/۳۹۳ و ۰/۵۰۶) جزء ناپایدارترین لاین‌ها بودند. زالی و همکاران (۳۵)، بیان داشتند که در انتخاب برترین ژنوتیپ‌ها، چون ممکن است هر ژنوتیپی از نظر یک شاخص یا صفتی ژنوتیپ برتر باشد و در نهایت با افزایش تعداد صفات یا شاخص‌ها، ممکن است انتخاب ژنوتیپ‌های ایده‌آل برای محقق دشوار شود، بنابراین به کمک روش SIIG می‌توان تمام شاخص‌ها و صفات را به‌صورت یک شاخص واحد درآورده و رتبه‌بندی و تعیین ژنوتیپ‌های برتر را آسان‌تر کرد.

جدول ۷. شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل بر مبنای روش‌های تجزیه پایداری پارامتری و روش‌های تجزیه پایداری ناپارامتری و فواصل از ژنوتیپ مطلوب (d^+) و ژنوتیپ نامطلوب (d^-)

شاخص SIIG بر مبنای روش‌های تجزیه پایداری ناپارامتری				شاخص SIIG بر مبنای روش‌های تجزیه پایداری پارامتری				نام لاین‌ها
Rank	SIIG	d^-	d^+	Rank	SIIG	d^-	d^+	
۱۶	۰/۶۱۱	۰/۶۷۴	۰/۴۲۹	۱۵	۰/۵۹۲	۰/۳۲۲	۰/۴۶۸	DW-93-1
۷	۰/۷۰۸	۰/۶۸۸	۰/۲۸۴	۸	۰/۷۳۱	۰/۲۱۰	۰/۵۷۲	DW-93-2
۲۰	۰/۳۴۱	۰/۴۰۶	۰/۷۸۵	۱۶	۰/۵۹۰	۰/۳۵۰	۰/۵۰۳	DW-93-3
۸	۰/۷۰۰	۰/۷۰۱	۰/۳۰۱	۵	۰/۸۱۹	۰/۱۴۲	۰/۶۴۳	DW-93-4
۹	۰/۶۹۳	۰/۷۰۸	۰/۳۱۴	۷	۰/۵۸۴	۰/۳۴۳	۰/۴۸۰	DW-93-5
۱۳	۰/۶۸۳	۰/۷۳۱	۰/۳۳۹	۱۲	۰/۶۰۱	۰/۳۳۳	۰/۵۰۲	DW-93-6
۵	۰/۷۳۴	۰/۷۰۱	۰/۲۵۴	۲	۰/۸۶۴	۰/۱۱۳	۰/۷۱۶	DW-93-7
۱۲	۰/۶۸۳	۰/۷۵۲	۰/۳۴۸	۱۸	۰/۳۹۱	۰/۴۷۱	۰/۳۰۳	DW-93-8
۱۹	۰/۳۹۳	۰/۴۱۴	۰/۶۳۹	۲۰	۰/۲۳۲	۰/۶۸۸	۰/۲۰۷	DW-93-9
۳	۰/۷۹۴	۰/۸۱۱	۰/۲۱۱	۱	۰/۸۸۸	۰/۰۸۹	۰/۷۰۵	DW-93-10
۱۷	۰/۵۵۲	۰/۵۳۵	۰/۴۳۳	۱۱	۰/۶۱۵	۰/۲۹۶	۰/۴۷۳	DW-93-11
۱۵	۰/۶۴۹	۰/۶۱۷	۰/۳۳۳	۷	۰/۷۵۸	۰/۱۹۰	۰/۵۹۵	DW-93-12
۱۸	۰/۵۰۶	۰/۴۹۲	۰/۴۸۰	۱۳	۰/۶۰۰	۰/۳۰۵	۰/۴۵۹	DW-93-13
۶	۰/۷۱۲	۰/۶۸۹	۰/۲۷۸	۱۰	۰/۶۴۰	۰/۲۷۹	۰/۴۹۶	DW-93-14
۲	۰/۸۱۲	۰/۸۲۷	۰/۱۹۱	۳	۰/۸۲۴	۰/۱۴۲	۰/۶۶۶	DW-93-15
۴	۰/۷۴۶	۰/۷۶۳	۰/۲۵۹	۴	۰/۸۲۰	۰/۱۴۳	۰/۶۵۲	DW-93-16
۱۰	۰/۶۹۳	۰/۶۷۲	۰/۲۹۸	۱۴	۰/۵۹۷	۰/۳۲۴	۰/۴۸۱	DW-93-17
۱	۰/۸۱۲	۰/۸۰۰	۰/۱۸۵	۶	۰/۸۱۰	۰/۱۵۱	۰/۶۴۷	DW-93-18
۱۱	۰/۶۹۱	۰/۷۴۷	۰/۳۳۴	۱۹	۰/۲۷۵	۰/۵۸۰	۰/۲۲۰	DW-93-19
۱۴	۰/۶۵۱	۰/۶۶۶	۰/۳۵۶	۹	۰/۶۴۶	۰/۲۹۸	۰/۵۴۴	DW-93-20

بود و درصد آن قابل اندازه‌گیری نبود و لاین‌های DW-93-11 و DW-93-5 دارای گلوتن مرطوب زیر ۲۰ درصد بودند و لاین‌های DW-93-17 و DW-93-8 بالاترین میزان گلوتن مرطوب (۲۸ درصد) را نشان دادند. از نظر میزان سمولینا لاین‌های DW-93-4 و DW-93-5 دارای بالاترین درصد سمولینا یعنی ۵۴ درصد بودند (جدول ۹).

در مجموع، براساس میانگین عملکرد دانه در ایستگاه‌های تحقیقاتی، در داراب لاین DW-93-13 با عملکرد ۶۷۶۳

لاین‌های DW-93-4، DW-93-5 و DW-93-6 که عملکرد خوبی داشتند، به ترتیب دارای ۱۲/۴، ۱۲/۲ و ۱۱/۷ درصد پروتئین بودند. حجم رسوب لاین‌های مختلف در محدوده‌ی ۵۷-۶۱ میلی‌لیتر قرار داشتند و بیشترین حجم رسوب در لاین DW-93-7 مشاهده شد. عدد زلنی در محدود ۳۲-۳۴ قرار داشت و تنها لاین DW-93-8 بالاترین عدد زلنی را نشان داد. نتایج آزمایش تنوع زیادی از نظر میزان گلوتن مرطوب را نشان داد، به طوری که در لاین DW-93-19 گلوتن بسیار پایین

جدول ۸. میانگین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه، درصد عملکرد نسبت به ارقام شاهد گندم دوروم و گندم نان و سایر خصوصیات زراعی ارقام و لاین‌ها (۹۵-۱۳۹۳)

KC	بیماری‌ها		TKW (gr)	PLH (cm)	DMA	DHE	کد لاین‌ها و ارقام
	YR	LR					
A	۵MR	۰	۵۰/۳۳	۸۱/۷	۱۵۳/۴	۱۱۰/۰	DW-93-1
A	۶۰S	۰	۴۱/۸۰	۹۱/۱	۱۵۳/۴	۱۱۳/۷	DW-93-2
A	۰	۰	۴۴/۵۵	۹۲/۵	۱۵۶/۰	۱۱۳/۳	DW-93-3
A	۰	۰	۴۵/۷۱	۸۲/۲	۱۵۵/۸	۱۱۳/۳	DW-93-4
A	۰	۰	۴۲/۹۹	۸۶/۵	۱۵۳/۵	۱۰۹/۳	DW-93-5
A	۰	۰	۴۶/۶۱	۸۸/۸	۱۵۵/۳	۱۱۲/۸	DW-93-6
A	۲۰MS	۱۰MR	۴۴/۱۴	۹۲/۱	۱۵۵/۵	۱۱۴/۱	DW-93-7
A	۰	۰	۴۴/۴۴	۹۱/۰	۱۵۵/۵	۱۱۲/۸	DW-93-8
A	۵MR	۰	۴۷/۱۹	۹۱/۴	۱۵۵/۳	۱۱۲/۷	DW-93-9
A	۰	۰	۴۰/۲۵	۸۷/۸	۱۵۵/۳	۱۱۴/۷	DW-93-10
A	۵MR	۰	۴۵/۳۳	۸۵/۹	۱۵۷/۰	۱۱۵/۴	DW-93-11
A	۵MR	۰	۴۴/۳۴	۸۷/۴	۱۵۵/۰	۱۱۳/۰	DW-93-12
A	۰	۰	۴۴/۰۳	۹۲/۱	۱۵۴/۵	۱۱۱/۷	DW-93-13
A	۰	۰	۵۰/۳۳	۸۹/۱	۱۵۶/۱	۱۱۰/۸	DW-93-14
A	۰	۰	۴۶/۶۰	۸۹/۷	۱۵۴/۸	۱۱۳/۵	DW-93-15
A	۵MR	۵MR	۴۱/۷۰	۸۳/۲	۱۵۴/۰	۱۱۲/۲	DW-93-16
A	۰	۰	۴۲/۰۴	۸۵/۹	۱۵۵/۲	۱۱۲/۸	DW-93-17
A	۰	۰	۴۳/۳۸	۸۳/۶	۱۵۳/۵	۱۱۱/۸	DW-93-18
A	۰	۰	۴۵/۰۸	۸۵/۹	۱۵۱/۵	۱۱۰/۶	DW-93-19
A	۰	۰	۴۱/۰۳	۸۷/۱	۱۵۳/۸	۱۱۲/۶	DW-93-20
			۴۴/۵۹	۸۷/۷	۱۵۴/۷	۱۱۲/۵	میانگین

DHE: تعداد روز تا ۵۰ درصد سنبله رفتن، DMA: تعداد روز تا ۵۰ درصد رسیدگی، PLH: ارتفاع بوته، DHE: وزن هزار دانه، LR: بیماری زنگ قهوه‌ای، YR: بیماری زنگ زرد، KC: رنگ دانه

با عملکرد ۴۵۹۸ کیلو گرم در هکتار، لاین‌های برتر در این مناطق بودند و برای کشت در این مناطق و انجام آزمایشات تکمیلی توصیه شدند، همچنین بر مبنای روش‌های پارامتری

کیلوگرم در هکتار، در خرم‌آباد لاین DW-93-6 با عملکرد ۹۷۲۱ کیلوگرم در هکتار، در دزفول لاین DW-93-5 با عملکرد ۵۹۰۰ کیلوگرم در هکتار و در اهواز لاین DW-93-9

جدول ۹. میانگین شاخص‌های کیفیت لاین‌های امیدبخش گندم دوروم

کد لاین‌ها و ارقام	سختی دانه	پروتئین (%)	حجم رسوب (ml)	عدد زنی (ml)	گلو تن مرطوب (%)	درصد استخراج سمولینا (%)
DW-93-1	-	-	-	-	-	-
DW-93-2	-	-	-	-	-	-
DW-93-3	۶۲	۱۲/۳	۶۰	۳۳	۲۴	۵۴
DW-93-4	۶۰	۱۲/۴	۶۰	۳۲	۲۲	۵۴
DW-93-5	۶۰	۱۲/۲	۵۷	۳۳	۱۷	۵۴
DW-93-6	۵۸	۱۱/۷	۵۸	۳۲	۲۱	۵۳
DW-93-7	۶۰	۱۲/۵	۶۱	۳۳	۲۶	۵۳
DW-93-8	۶۱	۱۲/۴	۶۰	۳۴	۲۸	۵۱
DW-93-9	۶۰	۱۲/۰	۵۸	۳۳	۲۰	۵۱
DW-93-10	۵۹	۱۲/۰	۵۸	۳۲	۲۴	۵۴
DW-93-11	۶۰	۱۱/۵	۵۷	۳۲	۱۶	۵۰
DW-93-12	۶۰	۱۲/۲	۵۹	۳۳	۲۴	۵۳
DW-93-13	۶۱	۱۲/۳	۶۰	۳۳	۲۲	۵۲
DW-93-14	۶۲	۱۲/۰	۶۰	۳۳	۲۶	۵۴
DW-93-15	۵۹	۱۲/۰	۵۸	۳۲	۲۰	۵۱
DW-93-16	۵۷	۱۱/۹	۵۷	۳۲	۲۶	۵۲
DW-93-17	۶۰	۱۲/۰	۵۹	۳۳	۲۸	۵۳
DW-93-18	۵۹	۱۲/۲	۶۰	۳۳	۲۵	۵۳
DW-93-19	۶۱	۱۲/۰	۵۹	۳۳	-	۵۳
DW-93-20	۵۹	۱۱/۹	۵۸	۳۲	۲۵	۵۴

برتر از گندم شاهد دوروم بودند و همچنین لاین DW-93-19 که زودرس‌تر از شاهد بود، نیز انتخاب شدند. این لاین‌های انتخاب شده پس از تکثیر بذر، برای بررسی بیشتر و انتخاب برترین آنها در شرایط زارعی، وارد آزمایشات تحقیقی-ترویجی خواهند شد.

و ناپارامتری لاین‌های DW-93-10، DW-93-7، DW-93-15، DW-93-4 و DW-93-18 جزء پایدارترین لاین‌ها از نظر سازگاری عمومی در همه مناطق بودند. از طرفی با توجه به عملکرد دانه، شاخص‌های کیفیت و تحمل به بیماری‌های مهم گندم، لاین‌های DW-93-4 و DW-93-5 که

منابع مورد استفاده

1. Abdulahi, A., R. Mohammadi and S. S. Pourdad. 2007. Evaluation of safflower (*Carthamus* spp.) genotypes in multi-environment trials by nonparametric methods. *Asian Journal of Plant Sciences* 6(5): 827-832.
2. Adugna, W. and M. T. Labuschange. 2003. Parametric and nonparametric measures of phenotypic stability in linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Euphytica* 129: 211-218.

3. Aghaee-Sarbarzeh, M., M. Bahari, H. F. Arzadi, B. Andarzian, M. Dastfal and T. NajafiMirak. 2014. Evaluation of grain yield and its stability in durum wheat genotypes in warm and dry areas of Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences* 16(1):1 -11. (In Farsi).
4. Bradley, J. V. 1982. The insidious L-Shaped distance. *Bull. Psychonomic Society* 20: 85-88.
5. Brennan, J. P., A. Aw-Hassan, K. J. Quade and T. L. Nordblom. 2002. Impact of ICARDA Research on Australian Agriculture, Economic Research Report No. 11, NSW Agriculture, Wagga. PP. 385-401.
6. Devanux, M. F., F. L. Deschault de Monredon, D. Guibert, B. Novales and J. Abecassis. 1998. Particle size distribution of break, sizing and middling wheat flours by laser diffraction. *Journal of Science of Food and Agriculture* 78: 237-244.
7. Ebadi Segherloo, A., S. H. Sabaghpour, H. Dehghani and M. Kamrani. 2008. Non-parametric measures of phenotypic stability in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). *Euphytica* 162: 221-229.
8. Eberhart, S. A. and W. A. Russel. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science* 6: 36-40.
9. Farshadfar, E., S. H. Sabaghpour and H. Zali. 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.
10. Finlay, K. W. and G. N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in plant-breeding programs. *Australian Journal of Agricultural Research* 14: 742-754.
11. Francis, T. R. and L. W. Kannenberg. 1978. Yield stability studies in short-season maize. 1. A descriptive method for grouping genotypes. *Canadian Journal of Plant Science* 58: 1029-1034.
12. Gauch, H. G. and R. W. Zobel. 1996. AMMI analysis of yield trials. PP. 85-122. In: M. S. Kang and H. G. Gauch Jr (Eds.), *Genotype by Environment Interaction*, CRC Press, Boca Raton, New York.
13. Haider Shah, S., S. Munavar Shah, M. Inayat Khan, M. Ahmed, I. Hussain and K. Eskridge. 2009. Non parametric methods in combined heteroscedastic experiments for assessing stability of wheat genotypes in Pakistan. *Pakistan Journal of Botany* 41: 711-730.
14. Hugh, G. and G. H. Gauch. 1988. Model selection and validation for yield trials with interaction. *Biometrics* 44: 705-715.
15. Huehn, V. M. 1990. Non-parametric measures of phenotypic stability. Part I: Theory. *Euphytica* 47: 189-194.
16. Hwang, C. L. and K. Yoon. 1981. *Multiple Attributes Decision Making Methods and Applications*, Springer, Berlin Heidelberg.
17. Jahromi, H. M. A., M. Khodarahmi, A. R. Mohammadi and A. Mohammadi. 2011. Stability analysis for grain yield of promising durum wheat genotypes in southern warm and dry agro-climatic zone of Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 13(3): 565-579. (In Farsi).
18. Jamshidimoghaddam, M. and S. S. Pourdard. 2013. Evaluation of seed yield adaptability of spring safflower genotypes using nonparametric parameters and GGE biplot method in rain-fed conditions. *Seed and Plant Improvement Journal* 19(1): 45-63.
19. Karimizadeh, R., M. Safikhani, M. Mohammadi, F. Seyyedi, A. Mahmoodi and B. Rostami. 2008. Determining rank and stability of lentil in rainfed condition by nonparametric statistics. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 43(1): 93-103. (In Farsi).
20. Kaya, Y. and S. Taner. 2003. Estimating genotypic ranks by nonparametric stability analysis in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Central European Agriculture* 4(1): 47-53.
21. Lin, C. S. and M. R. Binns. 1988. A superiority measure of cultivar performance for cultivar \times location data. *Canadian Journal of Plant Science* 68: 193-198.
22. Moghaddam, M. J. and S. S. Pourdard. 2009. Comparison of parametric and nonparametric methods for analyzing genotype \times environment interactions in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 147: 601-612.
23. Mohammadi, R., A. Abdulahi, R. Haghparast and M. Armion. 2007. Interpreting genotype \times environment interactions for durum wheat grain yields using nonparametric methods. *Euphytica* 157: 239-251.
24. Mohammadi, R. and A. Amri. 2008. Comparison of parametric and non-parametric methods for selecting stable and adapted durum wheat genotypes in variable environments. *Euphytica* 159(3): 419-432.
25. Nassar, R. and M. Huehn. 1987. Studies on estimation of phenotypic stability: Tests of significance for non-parametric measures of phenotypic stability. *Biometrics* 43: 45-53.
26. Pinthus, M. J. 1973. Estimate of genotypic value: A proposed method. *Euphytica* 22: 121- 123.
27. Roemer, J. 1917. Sinde die ertagdreichen Sorten ertagissicherer? *DLG-Mitteilungen* 32: 87-89.
28. Sabaghnia, N., H. Dehghani and S. H. Sabaghpour. 2006. Nonparametric methods for interpreting genotype \times environment interaction of lentil genotypes. *Crop Science* 46: 1100-1106.
29. Shukla, G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity* 29: 237-245.

30. Temesgen, T., G. Keneni, T. Sefera and M. Jarso. 2015. Yield stability and relationships among stability parameters in faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. *The Crop Journal* 3: 258-268.
31. Thennarasu, K. 1995. On certain non-parametric procedures for studying genotype-environment interactions and yield stability. PhD. Thesis. P. J. School, IARI, New Delhi.
32. Wrick, G. 1962. Über eine Methode zur Erfassung der Okologischen Streubreite in Feldresuchen. *Z. Pflanzenzuchtg* 47: 92-96.
33. Yan, W., L. A. Hunt, Q. Shen and Z. Szlavnic. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Science* 40: 597- 605.
34. Zali, H., E. Farshadfar and S. H. Sabaghpour. 2011. Non-parametric analysis of phenotypic stability in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in Iran. *Crop Breeding Journal* 1: 89-100.
35. Zali, H., O. Sofalian, T. Hasanloo, A. Asgharii and S. M. Hoseini. 2015. Appraising of drought tolerance relying on stability analysis indices in canola genotypes simultaneously, using selection index of ideal genotype (SIIG) technique: Introduction of new method. *Biological Forum – An International Journal* 7(2): 703-711.
36. Zali, H., T. Hasanloo, O. Sofalian A. Asghari and M. Zeinalabedini. 2016. Appropriate strategies for selection of drought tolerant genotypes in canola. *Journal of Crop Breeding* 8(20): 77-90. (In Farsi).
37. Zarei, L., E. Farshadfar, R. Haghparast, R. Rajabi, M. Mohammadi Sarab Badiéh and H. Zali. 2012. Comparison of different methods of stability evaluation in bread wheat genotypes under drought stress conditions. *Electronic Journal of Crop Breeding* 5(3): 81-97. (In Farsi).

Stability Analysis of Grain Yield of Durum Wheat Promising Lines in Warm and Dry Areas Using Parametric and Non-Parametric Methods

T. Najafi Mirak¹, M. Dastfal², B. Andarzian³, H. Farzadi⁴, M. Bahari⁵ and H. Zali^{2*}

(Received: April 30-2017; Accepted: December 10-2017)

Abstract

The stability of yield performance is one of the most desirable characters of a genotype to be released as a variety, which allows the developed varieties to be adopted in large areas. To obtain high yielding and stable durum wheat genotypes, 18 durum wheat lines and promising lines along with two commercial durum (Behrang) and bread wheat (Chamran) check cultivars were evaluated in four warm and dry locations of Iran including Darab, Ahvaz, Khoramabad and Dezfoul during two cropping seasons (2013-2015). The experiments were conducted in form of RCBD with three replications. Seed yield and some agronomic characteristics were recorded in each location. Results of SIIG criterion, calculated based on all parametric methods, indicated that lines DW-93-10, DW-93-7, DW-93-15, DW-93-16, DW-93-4 and DW-93-18, in comparison with the other lines, had the least deviation from the ideal genotype (d^+) and had the greatest deviation from the non-ideal (d^-) one; therefore these lines with maximum SIIG were the stable lines. Results of SIIG index, calculated based on all non-parametric methods, indicated that the lines DW-93-18, DW-93-15, DW-93-10, DW-93-16, DW-93-7, DW-93-14, DW-93-2, DW-93-4 and DW-93-5 were characterized with maximum SIIG and were introduced as stable genotypes. Based on parametric and non-parametric procedures, the lines DW-93-10, DW-93-7, DW-93-15, DW-93-4 and DW-93-18 were introduced as stable genotypes. Finally, by using average of yield, grain quality indices and resistance to diseases, lines DW-93-4 and DW-93-5 along with DW-93-19 as the earliest maturity lines were selected to be tested in on-farm yield trials of next cropping seasons.

Keywords: Durum wheat, Genotype \times environment interaction, SIIG index, Univariate methods

1. Research Associated Professor of Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Karaj, Iran.
 2. Research Instructor and Assistant Professor of Seed and Plant Improvement Department, Respectively, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Darab, Iran.
 3. Research Assistant Professor of Seed and Plant Improvement Department, Khoozestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahvaz, Iran.
 4. Research Instructor of Seed and Plant Improvement Department, Dezfoul Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Dezfoul, Iran.
 5. Researcher of Seed and Plant Improvement Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Khorramabad, Iran.
- *. Corresponding Author, Email: HZali90@yahoo.com