



## "مقاله پژوهشی"

# بررسی پایداری عملکرد دانه در ژنتیپ‌های پیشرفته گندم دوروم (*Triticum turgidum* var. *durum*) با استفاده روش‌های پارامتری و ناپارامتری تجزیه پایداری

## هوشنگ رحمتی<sup>۱</sup>، علی نخزدی مقدم<sup>۲</sup>، علی راحمی کاریزکی<sup>۳</sup> و زینب اورسجی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری زراعت دانشگاه گنبدکاووس، ایران، (تویسته مسؤول: Hoshang.rahamati@yahoo.com)

۲، ۳ و ۴- استادیاران گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران  
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۱۳  
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۲۰  
صفحه: ۶۳ تا ۷۴

### چکیده

گندم دوروم بانام علمی *Triticum turgidum* var. *durum* تراپلوبیود و دارای ۲۸ کروموزوم می‌باشد و یکی از مهم‌ترین غلات دنیا است که در مناطق نیمه‌خشک جهان کشت می‌شود. معرفی ژنتیپ‌هایی با عملکرد بیشتر، متحمل به کم‌آبی و دارای پایداری بالا یکی از ضرورت‌های توسعه کشت گندم دوروم است. اثر متقابل ژنتیپ در محیط یکی از موضوعات مهم در برنامه‌های اصلاحی می‌باشد و در صورت وجود اثر متقابل باشد پایداری و سازگاری ژنتیپ‌ها در محیط‌های مختلف برای تولید محصول مطمئن ارزیابی شود. در تحقیق حاضر به منظور بررسی پایداری ۱۰ ژنتیپ گندم دوروم، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در دو شرایط دیم و آبیاری انتهایی طی سال‌های زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ و ۱۳۹۷-۱۳۹۸ در شهرستان کوهدهشت استان لرستان انجام شد. نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه ژنتیپ‌ها برای اجرای آزمایش در طی دو سال و در دو محیط نشان داد که تنوع معنی داری ( $p < 0.01$ ) برای عملکرد در بین ژنتیپ‌ها وجود داشت، اثر سال معنی دار نشد و اثر دو محیط در سطح ۱% معنی دار بود، همچنین اثر متقابل ژنتیپ × محیط نیز در سطح ۱ درصد معنی دار شد. براساس میانگین عملکرد، Omrbi<sup>3</sup>، هانا، بهرنگ و آریا بیشترین پایداری را داشتند، اما در مقابل Dm-73-13-13، دهدشت، مراغه<sup>۱</sup> و مراغه<sup>۲</sup> کمترین پایداری را نشان دادند. پایداری ژنتیپ‌ها با روش‌های پارامتری و ناپارامتری براساس عملکرد دانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد، که هیچگدام از پارامترها با عملکرد همبستگی مثبت و معنی داری نداشتند، بنابراین ژنتیپ‌های دارای بیشترین عملکرد براساس این پارامترها دارای پایداری بالای نبودند. بر اساس روش‌های پارامتری دو ژنتیپ آریا و شبرنگ دارای پیشترین پایداری و عملکرد متوسط بودند. در روش‌های ناپارامتری نیز مشاهده شد که ژنتیپ‌های آریا، هانا و Omrbi<sup>3</sup> که پتانسیل بالایی برای عملکرد داشتند براساس RS kr نیز پایداری بالایی نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: پایداری، عملکرد دانه، گندم دوروم، محیط رطبی

### مقدمه

گندم دوروم بانام علمی *Triticum turgidum* var. *durum* از گروه گندمهای تراپلوبیود و دارای ۲۸ کروموزوم است و یکی از مهم‌ترین غلات دنیا است که در مناطق نیمه‌خشک جهان کشت می‌شود. این گندم در مقایسه با گندم نان سازگاری بهتری نسبت به شرایط اقلیمی نیمه‌خشک از خود نشان می‌دهد (۳۶). با توجه به وسعت مناطق کشاورزی دیم غرب کشور و سایر نقاط ایران، گندم دوروم با متحمل بودن به تنش‌های رطبی متعدد فصلی و سازگاری زیاد، می‌تواند گزینه مناسبی برای کشت دیم باشد. معرفی ژنتیپ‌هایی با عملکرد بیشتر، متحمل به کم‌آبی و دارای پایداری بالا یکی از ضرورت‌های توسعه کشت گندم دوروم جهت ایجاد رغبت بیشتر در کشاورزان دیم‌کار برای رو آوردن به این محصول ارزشمند است. اصولاً شناسایی ژنتیپ‌های برتر در برنامه‌های اصلاحی همواره به دلیل تغییرات محیطی در مناطق هدف و اثر متقابل این تغییرات با ژنتیپ‌های مورد بررسی مشکل می‌باشد. بنابراین لاینهای پیشرفته زراعی در برنامه‌های اصلاحی به منظور اطمینان از تولید محصول و پایداری عملکرد بایستی در محیط‌های با شرایط آب و هوایی مختلف و در سال‌های

برای ژنوتیپ‌ها وجود داشت (۳۴). همچنین در ارزیابی عملکرد و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های گندم دوروم در مناطق گرم و خشک ایران در بین ۱۸ ژنوتیپ مورد بررسی تنها ۲ ژنوتیپ دارای بیشترین پایداری عمومی بودند و به عنوان ژنوتیپ برتر برای مطالعات تکمیلی انتخاب شدند (۱). ارزیابی پارامتری پایداری ۱۵ ژنوتیپ گندم دوروم در ۸ محیط بر اساس ۹ روش پارامتری نشان داد که تعیین ژنوتیپ‌های پایدار بر اساس روش‌های مختلف پایداری متفاوت بود و در مجموع ۵ ژنوتیپ که بر اساس بیشتر پارامترها، پایداری مطلوب نشان دادند به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناسایی شدند (۴). علاوه بر این بررسی پایداری عملکرد ۱۸ ژنوتیپ گندم دوروم با ۸ روش پارامتری تنها ۲ ژنوتیپ براساس کلیه روش‌ها پایدار شناخته شدند و رتبه‌های مناسب پایداری عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (۱۸). صادق زاده‌اهری و همکاران (۴۴) نیز نشان دادند که سه روش پارامتری لین و بیز، ضریب تغییرات عملکرد و روش رتبه‌بندی در شناسایی پایداری ژنوتیپ‌ها نتایج متفاوتی دارند و در بین ۱۵ ژنوتیپ تنها یک ژنوتیپ به عنوان ژنوتیپ پایدار به نام رقم هما معرفی کردند. همچنین کبریایی و همکاران (۲۹) نیز در بررسی پارامتری پایداری نشان دادند که نتایج متفاوتی بر اساس هر کدام از روش‌های پارامتری وجود دارد اما در نهایت در بین ۲۰ لاین امید بخش، سه ژنوتیپ به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار معرفی شد که بر اساس طرح‌های تحقیقی- تطبیقی و تحقیقی- ترویجی ژنوتیپ‌ها مورد ارزیابی‌های بیشتر قرار گرفتند که براساس نتایج حاصله دو ژنوتیپ از سه ژنوتیپ معروف شده در مقایسه با ارقام غالب و رایج آن مناطق عملکرد بیشتری تولید نمودند. در هر حال امکان گزینش ژنتیکی در برنامه‌های اصلاحی گندم دوروم بالا بیانگر بهبود ژنتیکی در برآمدگاه ای اصلاحی و عملکرد برای شرایط متغیر محیطی دیم می‌باشد (۳۵). با توجه به آنچه بیان شد در این تحقیق پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های گندم دوروم در چهار محیط مورد (اجرا طرح طی دو سال و در دو محیط آبیاری تکمیلی و دیم) با استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارامتری مورد ارزیابی قرار گرفت.

### مواد و روش‌ها

بذر ۱۰ ژنوتیپ گندم دوروم که از معاونت مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی لرستان تهیه گردیدند، برای ارزیابی پایداری در مزرعه تحقیقاتی شهرستان کوهدشت با ارتفاع ۱۱۹۵ متر از سطح دریا و موقعیت جغرافیایی ۴۷ درجه و ۶۰ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۵۳ دقیقه عرض شمالی در سال‌های زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ و ۱۳۹۸-۱۳۹۷ مورد بررسی قرار گرفت. مشخصات ژنوتیپ‌های مورد بررسی در جدول ۱ آمده است. جهت سهولت ارجاع، ژنوتیپ‌ها به صورت G1 تا G10 به صورت اختصاری نامگذاری شده‌اند.

ناپارامتری که بر مبنای رتبه ژنوتیپ‌ها در محیط‌ها عمل می‌نمایند نسبت به روش‌های پارامتری دارای مزایایی هستند. این روش‌ها باعث کاهش میزان اربیی داده از طریق کاهش میزان داده‌های پرت می‌شوند. نیازمند هیچ فرضی در مورد توزیع فراوانی داده‌ها نمی‌باشند، استفاده و تفسیر آنها ساده‌تر است و حذف و یا اضافه شدن یک یا چند داده تاثیر زیادی بر روی نتایج ندارد (۲۰). روش‌های مختلف پارامتری و غیرپارامتری، ژنوتیپ‌های متفاوتی را به عنوان لاین‌های پایدار نشان می‌دهند، که انتخاب بر اساس واریانس پایداری شوکله، موجب انتخاب ژنوتیپ با بیشترین مقدار عملکرد و پایداری و کمترین تغییرات می‌گردد (۳). از روش‌های آماری پارامتری برای تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها می‌توان به ضریب رگرسیون (b) (۱۳)، اکووالانس ریک ( $W^2$ ) (۵۱)، انحراف از ضریب رگرسیون ( $S^2d_i$ ) (۱۱)، واریانس پایداری شوکلا ( $\delta_i^2$ ) (۴۷)، ضریب تشخیص ( $R^2$ ) (۴۱) و ضریب تغییرات ژنوتیپی (CV) (۴) اشاره کرد. در بررسی‌های پایداری، ژنوتیپ‌هایی که اکووالانس آنها کم می‌باشد ( $W_i^2$ )، نوسانات کمتری در سراسر محیط‌ها دارند و پایدارتر می‌باشند، همچنین واریانس پایداری ( $\delta_i^2$ ) بر اساس باقیمانده ماتریس ( $e_{ij}+e_{ij}$ ) (GE<sub>ij</sub>+e<sub>ij</sub>) می‌باشد، هر چه کمتر باشد، نشان‌دهنده اثر اصلی ژنوتیپ پایدار می‌باشد (۸) هر واریته‌ای که ضریب تغییرات ژنوتیپی (CV) کمتری داشته باشد، پایدارتر است. مشکل اصلی این روش‌ها در این است، که معمولاً واریته‌های پایدارتر، کم محصول تر هستند (۳۱). در روش فینلی و ویلکنسون عملکرد ژنوتیپ‌ها به صورت اثرات اصلی برای ژنوتیپ و محیط و حاصل ضرب اصلی محیط در ضرایب رگرسیونی ژنوتیپ بیان می‌شود، و ژنوتیپی پایدار است که میانگین مربعات انحراف از رگرسیون کم و ضریب رگرسیون نزدیک به ۱ داشته باشد (۸). پیتنوس (۴۱) پیشنهاد کرد که چون ضریب تشخیص به شدت وابسته به میانگین مربعات انحراف از رگرسیون ( $S^2d_i$ ) است به جای  $d_i^2$  بهتر است از ضریب تشخیص آن کم باشد. در هر حال عملکرد دانه و پایداری آن در مناطق و سالیان متعدد همیشه به عنوان معیار مهمی در گزینش و معرفی ارقام مورد استفاده قرار گرفته است (۴۹). بر همین اساس بررسی عملکرد دانه ۱۵ ژنوتیپ گندم نان در ۵ ایستگاه مناطق سردسیر دیم کشور (مراغه، ارومیه، قاملو، قیدار و اردبیل) طی سه سال زراعی نشان داد که اثرات ساده سال، مکان و ژنوتیپ معنی دار بود. اثرات متقابل مکان × ژنوتیپ و سال × مکان × ژنوتیپ نیز معنی دار شد (۴۴). همچنین ارزیابی پایداری عملکرد دانه با استفاده از روش‌های آماری تک متغیره و چندمتغیره نشان داد که برای عملکرد دانه اختلاف معنی داری بین اثرات اصلی محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط وجود داشت و با توجه به اینکه بزرگی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط ۱۵ برابر اثر ژنوتیپ بود احتمالاً گروه‌های مختلف محیطی

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های مورد آزمایش

Table 1. Characteristics of the tested genotypes

منشا	شجرنامه	نام ژنوتیپ	شماره ژنوتیپ
ICARDA	Omrab3	Omrab3	G1
CIMMYT	Hana	Hana	G2
ICARDA	Aria	MEXICALI 75	G3
ICARDA	Saji	MRB11//SNIPE/MAGH/3/RUFOM-7	G4
CIMMYT	Behrang	ZHONG ZUO/2*GREEN-3	G5
CIMMYT	Shabrang	Dw-81-18	G6
ICARDA	Maragheh1	15/A/Maragheh	G7
ICARDA	Maragheh2	18/A/maragheh	G8
ICARDA	Dw-73-13	SHWA/MALD/Aaz	G9
IRAN	Dehdast	Dehdast	G10

شامل آماره‌های ناپارامتری معرفی شده توسط تنازارو (۵۰) بود که شامل چهار آماره  $NP_i^{(1)}$ ,  $NP_i^{(2)}$  و  $NP_i^{(3)}$  و  $NP_i^{(4)}$  بود. آماره مجموع رتبه کنگ (۲۳)، سومین سری بود. روش توضیح داده شده توسط Fox و همکاران (۱۹۹۰) برای بررسی پایداری بهروش ناپارامتری چهارمین سری از آماره‌های استفاده شده بود. آخرین سری روش ناپارامتری گزارش شده توسط کتانا و همکاران (۲۶) بود. پس از محاسبه پارامترهای پایداری و آماره‌های ناپارامتری با استفاده از نرمافزار Excel، تجزیه همبستگی پارامترها و آماره‌های پایداری با عملکرد با استفاده از SPSS انجام شد و تجزیه خوش‌های و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نیز با نرم‌افزار Minitab انجام شد.

## نتایج و بحث

### ارزیابی پارامتری پایداری ژنوتیپ‌ها

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها برای اجرای آزمایش در طی دوسال و در دو محیط نشان داد که تنوع معنی داری ( $p < 0.01$ ) برای عملکرد در بین ژنوتیپ‌ها وجود داشت، اثر سال معنی دار نشد و اثر دو محیط در سطح ۱٪ معنی دار بود، همچنین اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نیز در سطح ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۲). با توجه به پارامترهای پایداری مشاهده شد که ژنوتیپ‌ها و اکنش‌های متفاوتی براساس هر پارامتر پایداری نشان دادند و برخی از ژنوتیپ‌ها براساس بعضی از پارامترها، پایداری بالا و براساس بعضی دیگر از پارامترها، پایداری ضعیفی داشتند (جدول ۴). کربیزاده و همکاران (۲۵) تعداد ۱۹ لاین گندم دوروم برگزیده از آزمون مقدماتی عملکرد به همراه رقم شاهد دهدشت در پنج منطقه گچساران، گنبد، مغان، خرم آباد و ایلام طی سه سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۴ بررسی نمودند و گزارش دادند که تجزیه اثر ژنوتیپ، سال و مکان و برهم‌کنش سال × مکان، سال × ژنوتیپ و ژنوتیپ × سال × مکان بر عملکرد دانه معنی دار بود.

ارقام مورد بررسی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار به صورت دو آزمایش جداگانه تحت دو شرایط دیدم و آبی طی دوسال ارزیابی شدند، بنابراین از داده‌های چهار محیط برای تجزیه پایداری استفاده شد. هر کرت دارای شش خط کاشت به طول ۳ متر و فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر (به ابعاد  $1/2 \times 3$  متر) بود. ابتدا در زمین محل آزمایش شخم به عمق ۲۵ سانتی‌متر انجام گرفت. مطابق آزمایشات خاکشناسی، نیاز زمین کودهای پیش‌کاشتی شامل فسفات آمونیوم (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار)، سولفات پتاسیم (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و اوره (۷۰ کیلوگرم در هکتار) با خاک مخلوط گردید. بعد از تسطیح و آماده‌سازی بستر بدز، کشت در تاریخ ۱۰ آذر ماه انجام شد. در اسفند ماه و در مرحله پنجه‌زنی، مقدار ۴۰ گرم کود اوره ۴۶ درصد در هر کرت به صورت سرک استفاده شد. مبارزه با علف‌های هرز به صورت مکانیکی انجام گرفت. بهدلیل بارش کافی تا اوایل بهار آبیاری انجام نشد اما از هفته اول بهار تا انتهای فصل رشد پنج نوبت آبیاری در محیط آبی انجام شد. در هنگام رسیدگی فیزیولوژیک، بوته‌های واقع در یک ردیف میانی با حذف حاشیه برداشت و به آزمایشگاه منتقل گردید. تعداد خوش‌های فاقد دانه (غیر بارور) و دارای دانه (بارور) شمارش گردید. ابتدا بوته‌ها خشک و سپس با استفاده از ترازوی دیجیتالی دقیق توزین گردیدند و سپس با خرمن کوب، بدور از بوته‌ها جدا و عملکرد دانه اندازه‌گیری و بر حسب گرم در متر مربع برای هر کرت ثبت شد. پارامترهای پایداری ضریب تغییرات محیطی ( $i_{CV}$ )، اکوالانس ریک ( $W_i^2$ ), (۵۱)، واریانس پایداری شوکلا ( $\delta_i^2$ ), (۴۷)، ضریب رگرسیون فیبلی و ویلکنسون ( $b_i$ ), (۱۳)، و ضریب تشخیص ( $R_i^2$ ), (۴۱) محاسبه شد. پنج سری از آماره‌های ناپارامتری بهمنظور برآورد پایداری ژنوتیپ‌ها در این تحقیق استفاده شد. سری اول شامل آماره‌های ناپارامتری معرفی شده توسط هوهن (۱۹) بود که شامل چهار آماره  $S_i^{(1)}$ ,  $S_i^{(2)}$ ,  $S_i^{(3)}$  و  $S_i^{(6)}$  بود. سری دوم

جدول ۲- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس مرکب عملکرد در ژنوتیپ‌های مورد بررسی  
Table 2. Mean squares obtained from combined analysis of variance of yield in the studied genotypes

متابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
سال	۱	۱۶۱۶۹*
تنش	۱	۷۰۲۵۶۱**
سال×تنش	۱	۱۱۳۳
خطای ۱	۸	۲۳۲
ژنوتیپ	۹	۲۴۸۶۰**
ژنوتیپ×سال	۹	۵۵۷۷
ژنوتیپ×تنش	۹	۱۷۶۹۴**
ژنوتیپ×سال×تنش	۹	۲۶/۵۷
خطای ۲	۷۲	۳۰۴۹۰
درصد ضریب تغییرات (%)	۱۲۳۵	۳۳۵/۰/۹

\*: معنی دار در سطح ۵ درصد؛ \*\*: معنی دار در سطح ۱ درصد

مقایسه میانگین‌ها با روش LSD در سطح ۵ درصد عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها به تفکیک دو شرایط آبیاری تکمیلی و دیم طی دوسال مطالعه انجام شده نشان داد که (جدول ۳) روند واکنش ژنوتیپ‌ها برای رژیم رطوبتی آبیاری تکمیلی و دیم متفاوت بود به این شرح که در شرایط آبیاری تکمیلی بیشترین عملکرد دانه به ژنوتیپ 3 Omrabi با میانگین ۴۷۳/۵ گرم در متربربع اختصاص داشت که با ژنوتیپ‌های بهرنگ، هانا و آریا به ترتیب با میانگین ۴۱۵/۳، ۴۰۹/۴ و ۳۶۵/۸ گرم در متربربع اختلاف معنی‌داری نداشت و با دیگر ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری داشت و کمترین میزان عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی به ژنوتیپ 13-DM-73-73 با میانگین ۲۲۶/۳ گرم در متربربع اختصاص داشت که با ژنوتیپ‌های دهدشت، مراغه ۱، مراغه ۲ و ساجی اختلاف معنی‌دار نداشت. در شرایط دیم تنوع کمتری برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها مشاهده شد و با توجه به آزمون LSD ژنوتیپ 3 Omrabi با میانگین ۲۱۳/۳ گرم در متربربع بیشترین عملکرد دانه را داشت و با ژنوتیپ‌های بهرنگ، مراغه ۱ و مراغه ۲ اختلاف معنی‌دار داشت. مراغه ۲ کمترین عملکرد دانه در شرایط دیم با میانگین ۱۵۱/۱ گرم در متربربع را داشت و با ژنوتیپ‌های 3 Omrabi، ساجی و آریا دارای اختلاف معنی‌دار بود. به نظر می‌رسد ژنوتیپ‌هایی که در شرایط آبیاری تکمیلی عملکرد دانه بیشتری داشته‌اند، در شرایط دیم تحت تأثیر تنش قرار گرفته‌اند و باعث شده دامنه تغییرات عملکرد به علت تنش در بین ژنوتیپ‌ها کاهش یابد و تنوع کمتر شود. جودی و مهری (۲۲) در بین ارقام دوروم و گندم نان تنوع ژنتیکی بالایی برای عملکرد دانه مشاهده کردند و بیان داشتند که قدرت مخزن مهم‌ترین عامل در عملکرد گندم است که قدرت تولید مواد فتوستتری خود به عوامل متعدد وابسته است که ژنتیک گیاه تأثیر بالایی بر آن دارد، همچنین در گزارش فراهانی و ارزانی (۱۲) عملکرد دانه بیشترین ضریب تنوع را داشت و بالاترین تنوع ژنتیکی در بین صفات در ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم دوروم داشت.

میانگین عملکرد در شرایط آبیاری تکمیلی ۳۳۵/۰/۹ گرم در متربربع و در شرایط دیم ۱۸۲/۰/۶ گرم در متربربع بود، بنابراین مشاهده شد ۱۵۳/۰/۳ گرم در متربربع (۴۵/۶۷ درصد) بهدلیل کاهش رطوبت در شرایط دیم، عملکرد کاهش نشان داد (جدول ۳). بنابراین به خوبی مشخص است که تنش خشکی با ایجاد محدودیت در منبع فتوستتری سبب کاهش عملکرد ارقام مورد بررسی شده است. تحقیقات زیادی در داخل کشور بر روی تاثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه در گندم انجام شده است (۱۵، ۱۶، ۴۰، ۴۸، ۴۳) و در تمام گزارشات تأثیر کاهشی تنش رطوبتی به صورت معنی‌دار گزارش شده است که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. در واقع عملکرد دانه با تشکیل مقصود فیزیولوژیک جهت ذخیره سازی مواد غذایی پرورده و سپس پرشدن آن از طریق یک منبع که ظرفیت فتوستتری گیاه است، ایجاد می‌شود (۷). علاوه بر این، عملکرد دانه صفت کمی پیچیده‌ای است که تا حد زیادی تحت تأثیر حاصل خیزی خاک، نور، دما و بسیاری از عوامل محیطی قرار می‌گیرد. بهدلیل تعداد زیاد ژن کنترل کننده عملکرد و تأثیر عوامل محیطی در آن، قابلیت توارث آن پایین است (۳۹).

مقدسی و همکاران (۳۲) در ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم دوروم در شرایط آبیاری تکمیلی دامنه‌ی عملکردی بین ۱۴۱/۱ ۲۲۰/۱ گرم در متر مربع و در شرایط دیم دامنه‌ی عملکردی بین ۱۰۰/۴ تا ۱۵۷ گرم در متربربع گزارش کردند، که نسبت به نتایج این تحقیق پایین‌تر بود و در ادامه کاهش عملکردی بین ۲۶/۷۸ تا ۴۶/۰۱ درصد گزارش کردند که تا حدودی با نتایج این تحقیق مطابقت نشان داد. خاکسار و همکاران (۲۷) در شرایط دیم برای ژنوتیپ‌های گندم دوروم و در شرایط عملکردی دامنه‌ی عملکردی بین ۱۳۲/۶ تا ۲۲۳/۴ گرم در متربربع و در شرایط آبیاری تکمیلی دامنه‌ی عملکردی بین ۷۴۸/۳۵ تا ۲۳۴/۳ گرم در متربربع گزارش کردند، که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

جدول ۳- مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های مورد بررسی برای عملکرد (گرم در مترمربع) با روش LSD در سطح ۵ درصد به تفکیک دو محیط  
Table 3. Comparison of mean genotype for yield (g / m<sup>2</sup>) by LSD method at 5% level in two environments

دیم	آبیاری تکمیلی	ژنوتیپ
۲۱۳/۴ <sup>a</sup>	۴۷۳/۵ <sup>a</sup>	Omrabi3
۱۹۵/ <sup>a-d</sup>	۴۰۹/۴ <sup>ab</sup>	هانا
۱۹۸/ <sup>abc</sup>	۳۶۵/۸ <sup>abc</sup>	آریا
۲۰۹/۹ <sup>ab</sup>	۳۱۱/۸ <sup>b-e</sup>	ساجی
۱۵۳/۹ <sup>cd</sup>	۴۱۰/۳ <sup>ab</sup>	بهرنگ
۱۷۰/۹ <sup>a-a</sup>	۳۴۵/۷ <sup>cda</sup>	شبرنگ
۱۶۶/۶ <sup>bcd</sup>	۲۷۲/۷ <sup>cde</sup>	مراغه ۱
۱۵۱/۱ <sup>a</sup>	۲۹۱/۷ <sup>cde</sup>	مراغه ۲
۱۷۷/۲ <sup>a-d</sup>	۲۲۶/۳ <sup>c</sup>	DM-73-13
۱۸۴/۶ <sup>a-d</sup>	۲۳۹/۵ <sup>de</sup>	دهشت
۱۸۲/۱	۳۳۵/۱	میانگین
۴۵/۷	۱۱۷/۳	LSD-5%

عملکرد نشان می‌دهد (۱۷) و بر همین اساس ژنوتیپ‌های مراغه ۲ و آریا بیشترین پایداری را با توجه به این پارامتر نشان دادند و در مقابل ساجی و بهرنگ نایاب‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. بر اساس پارامتر ضریب تشخیص Omrabi3، DM-73-13، دهدشت و هانا بیشترین پایداری را داشتند و در مقابل شبرنگ و ساجی کمترین پایداری را نشان دادند. وجود ضریب تشخیص بالا برای بیشتر ارقام بیانگر برازش خوب و مناسب مدل است و لذا مدل می‌تواند به خوبی داده‌ها را توصیف نماید که به همین دلیل نتایج آن در تجزیه پایداری قابل اعتماد خواهد بود (۲۸)، که نتایج این تحقیق نیز نشان داد ضریب تشخیص محاسبه شده برای ژنوتیپ‌ها بالا بود. نجفی میرک و همکاران (۳۷) اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بر روی عملکرد دانه گندم دوروم در دو شرایط نرمال و تنش خشکی ۱۹ لاین و رقم گندم دوروم به همراه یک رقم گندم نان (مهرگان) به عنوان شاهد در دو ایستگاه تحقیقاتی دزفول و خرم‌آباد بررسی نمودند و بیان کردند که ژنوتیپ‌های شماره D-96-4 و D-96-6 با خرم‌آباد، D-96-5 و D-96-9 و D-96-18 با اهواز و ژنوتیپ شماره D-96-16 در کنار گندم نان مهرگان (D-96-3) با داراب و دزفول سازگاری خصوص خوبی دارند. بر اساس میانگین عملکرد دانه و آماره پایداری D-ASV در مدل AMMI1، ژنوتیپ‌های شماره D-96-11، D-96-17، D-96-18 و D-96-20 و بر اساس رتبه و انحراف معیار رتبه، ژنوتیپ‌های D-96-13 و D-96-18 به عنوان ژنوتیپ‌هایی با عملکرد و پایداری عملکرد بالا انتخاب شدند.

بر اساس میانگین عملکرد، Omrabi3، هانا، بهرنگ و آریا بیشترین پایداری را داشتند، اما در مقابل Dm-73-13 دهدشت، مراغه ۱ و مراغه ۲ کمترین پایداری را نشان دادند. بر اساس پارامتر ضریب رگرسیون مراغه ۲، آریا و شبرنگ بیشترین پایداری را نشان دادند و در مقابل DM-73-13، Dm-73-13، دهدشت، بهرنگ و Omrabi3 دارای کمترین پایداری بودند. بر اساس این پارامتر ژنوتیپ‌هایی پایدار هستند که ضریب رگرسیون نزدیک به یک داشته باشند (۴۲). ژنوتیپ‌های مراغه ۲، آریا، مراغه ۱ و هانا دارای بیشترین میزان پایداری بر اساس ضریب تغییرات ژنوتیپی بودند و در مقابل ساجی، بهرنگ و Omrabi3 کمترین پایداری را داشتند. هر رقمی که ضریب تغییرات ژنوتیپی کمتری داشته باشد، پایدارتر است. مشکل اصلی این پارامتر در این است، که معمولاً واریته‌های پایدارتر، کم محصول تر هستند (۴۲). بر اساس اکوالانس ریک مراغه ۲، آریا و شبرنگ بیشترین پایداری عملکرد و ژنوتیپ‌هایی بهرنگ، Omrabi3، Dm-73-13 و دهدشت کمترین پایداری عملکرد را داشتند. نظر به اینکه اکوالانس سهم هر ژنوتیپ را در اثر متقابل GE اندازه می‌گیرد، ژنوتیپ‌هایی که اکوالانس آن‌ها کم می‌باشد، نوسانات کمتری در سراسر محیط‌ها دارند و پایدارتر می‌باشند (۸). برای پارامتر واریانس پایداری شوکلا نیز نتایجی مشابه با پارامتر اکوالانس ریک به دست آمد، این نتیجه‌گیری مشابه به این دلیل است که اکوالانس ریک در واقع ترکیب خطی از واریانس پایداری می‌باشد (۲۸). هرچه انحراف از مجموع مربعت رگرسیون کمتر باشد، ژنوتیپ پایداری بیشتری برای

جدول ۴- پارامترهای پایداری محاسبه شده برای ژنوتیپ‌ها

Table 4. Stability parameters calculated for genotypes

ژنوتیپ	میانگین عملکرد	ضریب رگرسیون	ضریب تغییرات ژنوتیپی	اکوالانس ریک	مجموع مربعت	ضریب تشخیص	واریانس پایداری شوکلا	اکوالانس ریک	ضریب رگرسیون	ضریب تغییرات ژنوتیپی	انحراف از مجموع مربعت
Omrabi3	۳۴۳/۴۲	۱/۶۸۸	۰/۰۵۴	۳۸۳۳/۶۲	۱۱۳۵۹/۶	۷۰/۶۲	۱۱۳۵۹/۶	۷۰/۶۲	۰/۰۵۴	۰/۰۳۳	۰/۹۹
هانا	۳۰۲/۲۲	۱/۳۹۴	۰/۰۳۳	۱۲۵۶/۹	۳۷۱۹/۵۹	۲۵/۵۶	۳۷۱۹/۵۹	۲۵/۵۶	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۹۹
آریا	۲۸۱/۹۵	۲۸۱/۹۵	۱/۰۹۹	۸/۰/۱۵	۲۳۳/۲۱	۴/۶۲	۲۳۳/۲۱	۴/۶۲	۰/۰۱۴	۰/۰۱۴	۰/۹۶
ساجی	۲۶۰/۸۴	۲۶۰/۸۴	۰/۰۸۱	۸۹/۰/۲۱	۲۴۴۰/۰/۶	۱۱۵/۲۹	۲۴۴۰/۰/۶	۱۱۵/۲۹	۰/۰۶۹	۰/۰۶۹	۰/۹۱
بهرنگ	۲۸۴/۶۱	۲۸۴/۶۱	۱/۶۹۴	۳۹۲۳/۰/۸	۱۱۵۶۵/۶	۱۰/۱/۸۵	۱۱۵۶۵/۶	۱۰/۱/۸۵	۰/۰۶۵	۰/۰۶۵	۰/۹۸
شبرنگ	۲۵۸/۰۹	۲۵۸/۰۹	۱/۱۳۰	۱۶۴/۳۹	۴۰/۷/۸۷	۴۲/۶۵	۴۰/۷/۸۷	۴۰/۷/۸۷	۰/۰۴۲	۰/۰۴۲	۰/۸۳
مراغه ۱	۲۱۹/۷۴۴	۲۱۹/۷۴۴	۰/۹۶۶	۷۵۰/۹	۲۲۱۵/۱۶	۱۸/۰/۳	۲۲۱۵/۱۶	۱۸/۰/۳	۰/۰۲۷	۰/۰۲۷	۰/۹۸
مراغه ۲	۲۲۱/۴۱	۲۲۱/۴۱	۰/۹۱۷	۰/۹۰۸	۵۵۴۵	۱/۳۹	۱۶۳/۵۸	۱۶۳/۵۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۰/۹۸
DM-73-13	۲۰۱/۷۱	۲۰۱/۷۱	۰/۳۳۱	۳۶۱۴/۲۸	۱۰۷۳۶/۲	۵۳/۴۷	۹۵۴۸/۴۱	۹۵۴۸/۴۱	۰/۰۴۷	۰/۰۴۷	۰/۹۹
دهشت	۲۱۲/۰۵	۲۱۲/۰۵	۰/۳۶۹	۳۲۱۷/۴۸	۳۶۱۴/۲۸	۵۲/۰/۱	۳۶۱۴/۲۸	۳۶۱۴/۲۸	۰/۰۴۷	۰/۰۴۷	۰/۹۹

با همدیگر همبستگی مثبت و معنی دار در سطح ۱ درصد داشتند. گزارشات متفاوتی در مورد همبستگی بین پارامترهای پایداری با عملکرد ارائه شده است. در یک بررسی برای پارامترهای مورد بحث گزارش شد که تنها ضریب تشخیص دارای همبستگی با عملکرد است (۴۲) و اما در تحقیق دیگری گزارش شد که تنها ضریب رگرسیون دارای همبستگی با عملکرد بود (۲۸). بنابراین رابطه بین عملکرد با پارامترهای پایداری بستگی به شرایط آزمایش و ژنوتیپ‌های مورد بررسی دارد.

**همبستگی رتبه اسپیرمن برابر پارامترهای پایداری**  
براساس رتبه ژنوتیپ‌ها در پارامترهای پایداری، همبستگی رتبه ای اسپیرمن بین پارامترها محاسبه شد (جدول ۵) و نتایج نشان داد که هیچکدام از پارامترهای مورد بررسی با میانگین عملکرد همبستگی معنی داری نداشت و همچنین پارامتر ضریب تشخیص نیز با هیچکدام از پارامترهای دیگر همبستگی معنی دار نشان نداد. اما از طرف دیگر ۵ پارامتر انحراف از مجموع مربعات رگرسیون، واریانس پایداری شوکلا، اکوالانس ریک، ضریب تغییرات ژنوتیپی و ضریب رگرسیون

جدول ۵- همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن برابر پارامترهای پایداری و عملکرد

Table 5. Spearman rank correlations for stability and performance parameters

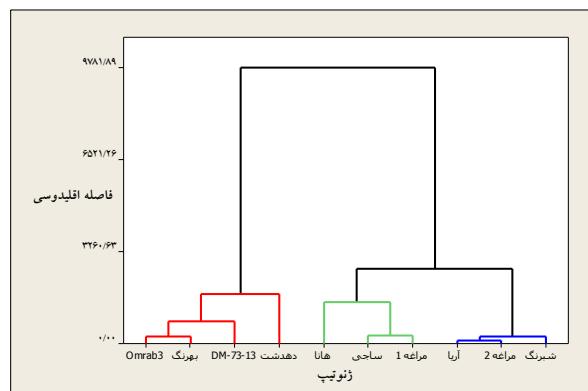
ضریب تغییرات ژنوتیپی	اکوالانس ریک	واریانس پایداری شوکلا	انحراف از مجموع مربعات رگرسیون	ضریب تشخیص عملکرد	میانگین عملکرد	پارامتر پایداری
-	-	-	-	-	-	-
ضریب تشخیص	-	-	-	-	-	-
انحراف از مجموع مربعات رگرسیون	-0.200	-0.076	-	-	-	-0.032
واریانس پایداری شوکلا	-0.224	-0.589	-	-	-	-0.224
اکوالانس ریک	-0.224	-0.589	-	-	-	-0.224
ضریب تغییرات ژنوتیپی	-0.200	-0.076	-	-	-	-0.224
ضریب رگرسیون	-0.224	-0.589	-	-	-	-0.224

\*\*: همبستگی معنی دار در سطح ۱ درصد

بهرنگ و Omrabi3 با عملکرد بالا قرار گرفتند. در تحقیق حاضر مشاهده شد که دو ژنوتیپ Omrabi3 و هانا که بیشترین عملکرد دانه را داشتند در دسته‌ی ژنوتیپ‌های با پایداری کم یا متوسط قرار گرفتند و تنها ژنوتیپ آریا که رتبه‌ی چهارم عملکرد را داشت در دسته‌ی ژنوتیپ‌های پایدار قرار گرفت. صادق زاده و همکاران (۴۴) در بررسی پایداری لاین‌های پیشرفته گندم دوروم به همراه ارقام ساجی، زردک و سرداری به عنوان شاهد، وجود اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بالا را برای عملکرد دانه مشاهده کردند و رقم ساجی را به عنوان رقمی با عملکرد و پایداری عملکرد متوسط گزارش کردند که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. شریف‌تبار و همکاران (۴۶) در ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌های گندم دوروم ضمن گزارش وجود اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها وجود اثرات بالا و معنی دار ژنوتیپ و محیط بر عملکرد، بر اساس روش SHMM ژنوتیپ‌ها را در ۵ گروه دسته‌بندی کرد.

### تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس پارامترهای پایداری

با توجه به نتایج گروه‌بندی با روش UPGMA (شکل ۱) ژنوتیپ‌ها در سه گروه قرار گرفتند و گروه‌بندی ایجاد شده با تجزیه تابع تشخیص تایید شد. شبرنگ، مراغه ۲ و آریا گروه ژنوتیپ‌های پایداری بودند، زیرا این ژنوتیپ‌ها برای پارامترهای ضریب تغییرات ژنوتیپی، اکوالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا و انحراف از مجموع مربعات رگرسیون دارای بیشترین پایداری بودند، همچنین بر اساس ضریب رگرسیون پایداری متوسطی داشتند و تنها بر اساس ضریب تشخیص پایداری ضعیفی داشتند. اما ژنوتیپ‌های این گروه میانگین عملکرد پایینی داشتند. گروه دوم ژنوتیپ‌های مراغه، ساجی و هانا بودند. ژنوتیپ‌های این گروه بر اساس تمام پارامترهای پایداری به استثناء ضریب رگرسیون پایداری و میانگین عملکرد متوسطی داشتند. گروه سوم ژنوتیپ‌های DM-73-13-13 دهدشت، بهرنگ و Omrabi3 بودند، که بر اساس اکثر پارامترهای پایداری ضعیف بودند و در این گروه دو ژنوتیپ DM-73-13 و دهدشت با عملکرد ضعیف در کنار دو ژنوتیپ

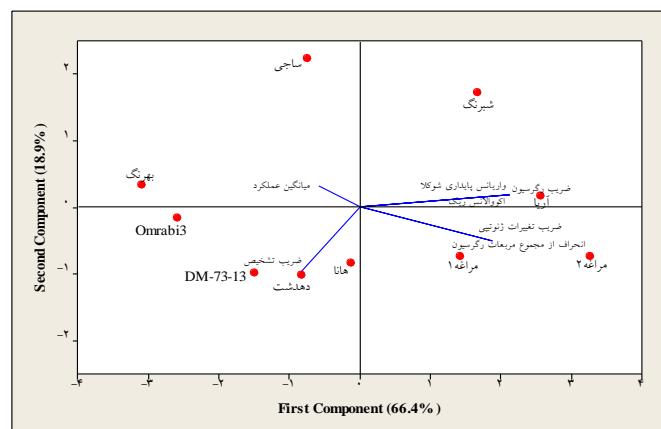


شکل ۱- گروه‌بندی ژنتیپ‌ها بر اساس پارامترهای پایداری با روش UPGMA  
Figure 1. Grouping of genotypes based on stability parameters by UPGMA method

ژنتیپی و انحراف از مجموع مربعات رگرسیون با داشتن همبستگی بالا در یک منطقه از نمودار قرار داشتند و براساس این دو پارامتر ژنتیپ‌های مراغه ۱ و مراغه ۲ بیشترین پایداری را داشتند. ضریب تشخیص با داشتن یک روند جداگانه به تنها یکی در یک منطقه‌ی نمودار قرار داشت و بر اساس این پارامتر هانا، دهدشت، DM-73-13 و Omrbab3 بیشترین پایداری را داشتند و در نهایت میانگین عملکرد نیز در یک منطقه‌ی نمودار قرار گرفت و ساجی و بهرنگ براساس این شاخص بیشترین پایداری را نشان دادند. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با نتایج تجزیه خوش‌های تا حد بالای مطابقت داشت، استفاده از روش‌های پارامتری تک‌متغیره در بررسی پایداری عملکرد ژنتیپ‌های گندم توسط دیگر مجذقان گزارش شده است (۳۵، ۳۸، ۴۵).

### تجزیه به مؤلفه‌های اصلی ژنتیپ‌ها بر اساس پارامترهای پایداری

بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی پارامترهای پایداری برای ژنتیپ‌ها دو مؤلفه استخراج شد که مقادیر ویژه‌ی بیشتر از یک داشتند. مؤلفه اول ۶۶/۴ درصد و مؤلفه دوم ۱۸/۹ درصد از واریانس موجود را توجیه کردند، در مجموع بر اساس دو مؤلفه ۸۵/۳ درصد از واریانس موجود در ساختار داده‌ها توجیه شد. بر همین اساس با یک پلاس دو مؤلفه ارائه شد (شکل ۲). با توجه به با یک پلاس مشاهده شد که پارامترهای پایداری ۴ روند جداگانه داشتند، به این شرح که اکووالانت شوکلا ریک، ضریب رگرسیون و واریانس پایداری شوکلا دارای همبستگی بالایی با همیگر بودند و براساس این سه پارامتر ژنتیپ‌های آریا و شبرنگ بیشترین پایداری را نشان دادند. ضریب تغییرات



شکل ۲- با یک پلاس حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی ژنتیپ‌ها بر اساس پارامترهای پایداری  
Figure 2. Biplot obtained from the analysis of the main components of genotypes based on stability parameters

تک‌متغیره بودن این روش‌ها می‌باشد (۳۰). براساس آماره‌های  $\chi^2$  و  $S_1^{(1)}$  از روش هان ژنتیپ‌های ساجی، دهدشت و DM-73-13 بیشترین پایداری را داشتند و در مقابل ژنتیپ‌های بهرنگ، مراغه ۲ و شبرنگ دارای کمترین پایداری بودند. ژنتیپ‌های DM-73-13-DM، هانا، دهدشت و ساجی دارای بیشترین پایداری و ژنتیپ‌های بهرنگ، Omrbab3 و

### ارزیابی ناپارامتری پایداری ژنتیپ‌ها

نتایج ارزیابی ناپارامتری پایداری ژنتیپ‌ها در جدول ۵ ارائه شده است. ملاحظه شد، براساس روش‌های مختلف، میزان پایداری ژنتیپ‌ها متفاوت و به عبارت دیگر روش‌های متفاوت ناپارامتری ژنتیپ‌های مختلفی را به عنوان ژنتیپ پایدار و ناپایدار معرفی نمود. دلیل این نیز ماهیت

لاین‌های پایدار با عملکرد مناسب است، که ابتدا ژنوتیپ براساس عملکرد رتبه‌بندی شده و در مرحله بعد بر اساس واریانس پایداری شوکلا رتبه‌بندی می‌شوند و در نهایت مجموع این دو رتبه عامل تعیین پایداری ژنوتیپ است (۳). بر همین اساس با توجه به مجموع رتبه کنگ (RS)، آریا، مراغه ۲ و هانا پایدارتر از دیگر ژنوتیپ‌ها بودند و DM-73-13، دهدشت و بهرنگ پایداری کمتر داشتند. بدري و همکاران (۶) به منظور بررسی سازگاری و پایداری عملکرد دانه ۱۶ ژنوتیپ گندم دوروم، آزمایشی در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی در طی سه سال ۱۳۹۱-۹۳ در ایستگاه تحقیقات دیم سرارود (کرمانشاه) انجماد دادند و بیان کردند اختلاف معنی‌داری بین اثرات اصلی افزایشی ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد. بزرگی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط نسبت به اثر ژنوتیپ حدود دو برابر بود که بیانگر وجود احتمالی گروههای مختلف محیطی برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی می‌باشد.

هانا دارای کمترین پایداری با توجه به آماره‌های  $S_i^{(3)}$  و  $S_i^{(4)}$  از روش هان و آماره  $NP_i^{(1)}$  از روش تنارازو بودند. بر اساس سه آماره  $NP_i^{(2)}$  و  $NP_i^{(3)}$  از  $NP_i^{(4)}$  از روش تنارازو ژنوتیپ‌های DM-73-13، دهدشت و مراغه ۱ بیشترین پایداری را داشتند و ژنوتیپ‌های Omrabi3، هانا و بهرنگ دارای کمترین پایداری بودند. اما سه آماره روش کتابات تابعی متفاوتی برای پایداری ژنوتیپ‌ها داشتند و براساس آماره kr ژنوتیپ‌های Omrabi3، هانا و آریا بیشترین پایداری را داشتند و در مقابل مراغه ۲، DM-73-13 و مراغه ۱ کمترین پایداری را داشتند. بر اساس آماره δt ژنوتیپ‌های ساجی، دهدشت و DM-73-13 دارای بیشترین پایداری بودند و در مقابل بهرنگ، مراغه ۲ و شبرنگ کمترین پایداری داشتند. بر اساس آماره δgy ساجی، دهدشت و DM-73-13 دارای بیشترین پایداری بودند و بهرنگ، Omrabi3 و هانا پایداری کمتری داشتند. روش گزینش همزمان عملکرد و پایداری یا به عبارت دیگر روش مجموع رتبه کنگ یکی از روش‌های مناسب برای شناسایی

جدول ۵- مقادیر آماره‌های ناپارامتری پایداری محاسبه شده برای ژنوتیپ‌ها

ژنوتیپ	gy (g/m <sup>2</sup> )	Ketata et al. (1989)			Huehn (1979)			Themmarasu (1995)				Kang (1988)	
		δgy	kr	δr	$S_i^{(1)}$	$S_i^{(2)}$	$S_i^{(3)}$	$S_i^{(4)}$	$NP_i^{(1)}$	$NP_i^{(2)}$	$NP_i^{(3)}$	$NP_i^{(4)}$	RS
Omrab3	۳۴۳	۱۵۱/۱۲	۱۱/۷۵	۱۱/۹۵	۴/۹۲	۱۴۷/۹۲	۲۶/۴۹	۳/۴۹	۱۷/۷۵	۱/۶۱	۱/۵۲	۱/۴۶	۱۰
هانا	۳/۲	۱۲۴/۷۱	۱۶/۰۰	۱۲/۸۳	۵/۲۵	۱۶/۷۵	۲۰/۸۸	۲/۷۵	۱۵/۰۰	۰/۹۷	۰/۹۴	۰/۹۱	۸
آریا	۲۸۲	۹۸/۲۷	۱۶/۷۵	۱۰/۳۴	۴/۰۸	۱۰۶/۹۲	۱۹/۱۵	۲/۰۹	۱۱/۰۰	۰/۶۹	۰/۶۸	۰/۶۱	۶
ساجی	۲۶۱	۶۱/۵۴	۱۷/۷۵	۶/۹۹	۲/۵۸	۴۸/۹۲	۸/۲۷	۱/۳۰	۵/۷۵	۰/۳۴	۰/۳۵	۰/۲۸	۱۰
بهرنگ	۲۸۵	۱۵۱/۷۵	۲۰/۷۵	۱۹/۴۰	۸/۱۷	۳۷۶/۲۵	۵۴/۴۰	۳/۲۳	۱۷/۷۵	۰/۸۷	۰/۸۶	۰/۸۴	۱۳
شبرنگ	۲۵۸	۱۰/۱۲۳	۲۱/۰۰	۱۳/۹۸	۵/۷۵	۱۹۵/۳۳	۲۷/۹۰	۲/۲۹	۱۲/۲۵	۰/۶۰	۰/۵۹	۰/۵۶	۹
مراغه ۱	۲۱۹	۶۲/۳۶	۲۵/۲۵	۰/۴۱۲	۴/۸۳	۹۲/۱۴	۲۲/۱۷	۱/۶۲	۶/۷۵	۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۲۵	۱۲
مراغه ۲	۲۲۱	۸۲/۰۶	۲۶/۰۰	۱۴/۵۴	۶/۰۰	۲۱۱/۳۳	۲۴/۲۸	۱/۹۲	۹/۲۵	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۳۳	۸
DM-73-13	۲۰۲	۳۰/۰۲۱	۲۶/۰۰	۷/۳۰	۲/۶۷	۵۳/۳۳	۶/۱۵	۰/۹۲	۱/۷۵	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۵	۱۸
دهدشت	۲۱۲	۳۳/۵۴	۲۳/۷۵	۶/۹۹	۲/۵۸	۴۸/۹۲	۶/۱۸	۰/۹۷	۲/۷۵	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۰	۱۶

آماره‌ای که همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد نشان داد آماره kr از روش کتابات بود. البته مجموع رتبه کنگ نیز همبستگی مثبت و بالایی با عملکرد نشان داد و با توجه به کم بودن تعداد ژنوتیپ‌های مورد بررسی معنی‌دار نشد. نتایج به دست آمده از ارتباط بین آماره‌های ناپارامتری با عملکرد با دیگر گزارشات در زمینه تجزیه ناپارامتری پایداری ژنوتیپ‌های گندم دوروم طبقت نشان داد (۳۴، ۲۸).

### همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن برای آماره‌های ناپارامتری پایداری

رتبه ژنوتیپ‌ها با توجه به آماره‌های ناپارامتری محاسبه شد و بر اساس رتبه‌ها، همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن بین آماره‌ها به دست آمد (جدول ۶)، نتایج نشان داد که آماره‌های  $S_i^{(6)}$  از روش هان، چهار آماره روش تنارازو و آماره δgy از روش کتابات با عملکرد همبستگی منفی و معنی‌داری نشان دادند. بنابراین گزینش ژنوتیپ‌های پایدار بر اساس این آماره‌ها موجب انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پایین می‌شود و تنها

جدول ۶- همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن برای آماره‌های ناپارامتری پایداری و عملکرد

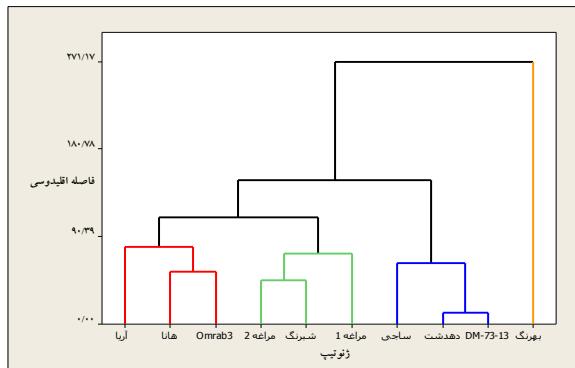
آماره	Y	$S_i^{(1)}$	$S_i^{(2)}$	$S_i^{(3)}$	$S_i^{(4)}$	$S_i^{(5)}$	$NP_i^{(1)}$	$NP_i^{(2)}$	$NP_i^{(3)}$	$NP_i^{(4)}$	kr	δr	δgy
$S_i^{(1)}$	-/-۴۴۲												
$S_i^{(2)}$	-/-۳۵۸	-/-۹۸۸**											
$S_i^{(3)}$	-/-۳۰.**	-/-۸۳.**	-/-۷۷.**										
$S_i^{(6)}$	-/-۰۹۱**	-/-۷۲۱*	-/-۴۴۸*	-/-۹۷۶**	1/00.**								
$NP_i^{(1)}$	-/-۰۹۱**	-/-۷۲۱*	-/-۴۸*	-/-۹۷۶**	1/00.**								
$NP_i^{(2)}$	-/-۰۶۴**	-/-۶۰.	-/-۵۱۵	-/-۹۱۵**	0/۹۶۴**	-/-۹۶۴**							
$NP_i^{(3)}$	-/-۰۶۴**	-/-۶۰.	-/-۵۱۵	-/-۹۱۵**	0/۹۶۴**	-/-۹۶۴**	1/00.**						
$NP_i^{(4)}$	-/-۰۶۴**	-/-۶۰.	-/-۵۱۵	-/-۹۱۵**	0/۹۶۴**	-/-۹۶۴**	1/00.**	1/00.**					
kr	-/-۷۹**	-/-۰۰۶	-/-۰۷۹	-/-۰۲۷	-/-۶۶۱*	-/-۶۶۱*	-/-۷۸۲**	-/-۷۸۲**	-/-۷۸۲**	-/-۷۸۲**			
δr	-/-۳.۹	-/-۹۷۶**	-/-۹۸۸**	-/-۷۵۸*	-/-۶۳۶*	-/-۶۳۶*	-/-۴۹۱	-/-۴۹۱	-/-۴۹۱	-/-۴۹۱	-/-۱۱۵		
δgy	-/-۰۶۷**	-/-۷۷۰**	-/-۷۰۹	-/-۹۸۸**	-/-۹۸۸**	-/-۹۸۸**	-/-۰۹۳**	-/-۰۹۳**	-/-۰۹۳**	-/-۰۹۳**	-/-۶۹۷*	-/-۶۹۷*	
RS	-/-۵۱۲	-/-۳۴۸	-/-۳۲۹	-/-۳۹۶	-/-۴۴۵	-/-۴۴۵	-/-۰۵۶۷	-/-۰۵۶۷	-/-۰۵۶۷	-/-۰۵۶۷	-/-۰۳۷۸	-/-۰۳۷۸	-/-۰۴۱۵

\*\*: همبستگی معنی‌دار در سطح ۱ درصد، \*: همبستگی معنی‌دار در سطح ۵ درصد

پایدارترین ژنوتیپ‌ها بر اساس آماره‌های ناپارامتری بودند و همگروه شدند. اکبری و همکاران (۲) در بررسی پایداری عملکرد گندم دوروم با استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارامتری اقدام به گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس تجزیه خوش‌های کردند و گزارش دادند که ژنوتیپ‌های پایدار از نظر عملکرد در یک گروه قرار گرفتند. همچنین کریم‌زاده و همکاران (۲۵) نیز در بررسی پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم دوروم با استفاده از روش‌های کلاسیک پارامتری از روش تجزیه خوش‌های به منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها استفاده کردند.

### تجزیه خوش‌های ژنوتیپ‌ها بر اساس آماره‌های ناپارامتری پایداری

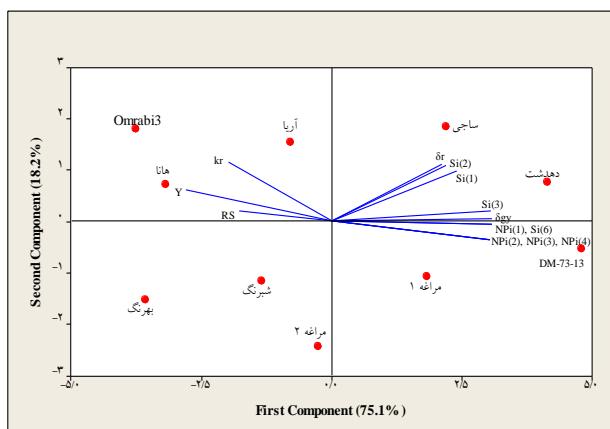
براساس آماره‌های ناپارامتری پایداری ژنوتیپ‌های مورد نظر با استفاده از تجزیه خوش‌های با روش UPGMA گروه‌بندی شدند (شکل ۳). با توجه به نتایج ژنوتیپ‌ها در چهار گروه قرار گرفتند. بهرنگ ناپایدارترین ژنوتیپ بود و بهتهایی در یک گروه قرار گرفت، در مرحله بعد ژنوتیپ‌های Omrabi3، هانا و آریا دارای بیشترین ناپایداری بودند و در یک گروه قرار داشتند. مراغه ۱ و مراغه ۲ بهمراه شیرنگ با داشتن پایداری متوسط در یک گروه قرار گرفتند و در نهایت دهدشت، ساجی و DM-73-13



شکل ۳- گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس آماره‌های ناپارامتری پایداری با روش UPGMA  
Figure 3. Grouping of genotypes based on nonparametric stability statistics by UPGMA method

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی ژنوتیپ‌ها بر اساس آماره‌های ناپارامتری پایداری  
آریا  $\delta g_y$  از روش کتابت و  $S_i^{(1)}$  و  $S_i^{(2)}$  از روش هان دارای همبستگی بالایی با همیگر بودند و براساس این پنج آماره ژنوتیپ‌های دهدشت و ساجی بیشترین پایداری را نشان دادند. آماره  $S_i^{(6)}$  از روش هان بهمراه آماره‌های روش تنارازو با داشتن همبستگی بالا در یک منطقه از نمودار قرار داشتند و براساس این دو آماره ژنوتیپ‌های مراغه ۱ و مراغه ۲ بهمراه kr (RS) و kr (RS) بیشترین پایداری را داشتند. مجموع رتبه کنگ (RS) و kr (RS) روش کتابت بهمراه عملکرد، با داشتن همبستگی بالا در یک منطقه‌ی نمودار قرار گرفتند.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی ژنوتیپ‌ها بر اساس آماره‌های ناپارامتری پایداری  
بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی آماره‌های ناپارامتری پایداری برای ژنوتیپ‌ها دو مؤلفه استخراج شد که مقادیر ویژه‌ی بیشتر از یک داشتند. مؤلفه اول  $18/2$  درصد و مؤلفه دوم  $18/2$  درصد از واریانس موجود را توجیه کردند، در مجموع بر اساس دو مؤلفه  $93/3$  درصد از واریانس موجود در ساختار داده‌ها توجیه شد. بر همین اساس بای پلات مشاهده شد که ارائه شد (شکل ۴). با توجه به بای پلات حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی ژنوتیپ‌ها بر اساس آماره‌های ناپارامتری پایداری پارامترهای پایداری ۳ روند جداگانه داشتند، به این شرح که



شکل ۴- بای پلات حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی ژنوتیپ‌ها بر اساس آماره‌های ناپارامتری پایداری  
Figure 4. Biplot obtained from the analysis of the main components of genotypes based on non-parametric stability statistics

## منابع

- Aghaiee Sarberzeh, M., M. Dastfal, H. Farzadi, B. Andarzian, A. Shahbaz Pourshahbazi, M. Bahari and H. Rostami. 2012. Evaluation of yield and yield stability of durum wheat genotypes in hot and dry regions of Iran. Seed and Plant Breeding Journal, 28(2): 325-315.
- Akbari, M., M. Aghaiee Sarbarzeh and K.H. Mostafavi. 2014. Evaluation of yield stability of durum wheat using parametric and non-parametric methods, International Conference on New Achievements in Engineering and Basic Sciences.
- Akbari, M., M. Aghaiee Sarberzeh and K.H. Mustafawi. 2015. Evaluation of yield stability of durum wheat using parametric and non-parametric methods. International Conference on New Achievements in Engineering and Basic Sciences, January 8-9, Odessa, Ukraine.
- Akcura, M., Y. Kaya, S. Taner and R. Ayrancı. 2006. Parametric stability analyses for grain yield of durum wheat. Plant Soil Environ., 52(6): 254-261.
- Ayalneh, T., T. Letta and M. Abinasa. 2013. Assessment of stability, adaptability and yield performance of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in south eastern Ethiopia. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science, 13(7): 885-890.
- Badri, H., R. Mohammadi and A. etminan. 2020. Study on Adaptability and Grain Yield Stability of Durum Wheat Genotypes. Journal of Crop Breeding, 12(33): 119-126 (In Persian).
- Blum, A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. Journal of Plant Growth Regulator, 20: 135-148.
- Crossa, J. 1990. Statistical analysis of multilocation trials. Adv. Agron, 44: 55-85.
- Dabiri, Sh. 2014. Investigation of advanced bread wheat genotypes in terms of ability to re-transfer stored assimilates to grain and spike photosynthesis in rainfed and supplementary irrigation conditions. Thesis for Ph.D. Agricultural Engineering-Agriculture. Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 199 pp.
- Dastori, A., R. Asghari and J. Shahbazi. 2014. Evaluation of yield and grain filling rate of wheat lines (*Triticum aestivum* L.) in two conditions without stress and drought stress after pollination. Journal of Agricultural Ecology, 6(3): 561-570.
- Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, 6: 36-40.
- Farahani, A. and A. Arazani. 2006. Genetic diversity of cultivars and hybrids of F1 durum wheat using agronomic and morphological parameters. Agricultural Science and Technology and Natural Resources, 10(4): 341-354.
- Finlay, K.W. and G.N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaption in a plant breeding programme. Australian Journal of Agricultural Research, 14: 742-754.
- Francis, T.R. and G.N. Kannenberg. 1978. Yield stability studies in short-season maize. 1×A descriptive method for grouping genotypes. Canadian Journal of Plant Science, 58: 1029-1034.
- Golabadi, M., A. Arzani and S. Mir Mohammadi Meybodi. 2012. Study of grain yield path coefficients and yield components in durum wheat under stress and non-stress conditions. Journal of Production and Processing of Crops and Horticulture, 2(6): 167-176.
- Golparvar, A., S. Mottaqi and A. Lotififar. 2011. Diall analysis of grain yield and its components in bread wheat genotypes under drought stress conditions. Plant Production Technology, 11(1): 51-61.
- Gomaa, M. R., M. EL-Badawy, A. El Hosary, Sh. R. M. El-Areed and A. Amer. 2018. Stability analysis for yield and its components in Wheat. Egyptian Journal of Plant Breeding, 22(7): 1535-1550.
- Jahromi, H.M.A., M. Khodarahmi, A. Mohammadi and A. Mohammadi. 2011. Yield analysis of yield of promising durum wheat genotypes in hot and dry climate of southern Iran. Iranian Journal of Crop Science, 13(2): 579-564.
- Huehn, M. 1979. Beitrage zur erfassung der phanotypischen stabilitat. Advances in Marine Biology, 10: 112-117.
- Huehn, M. 1996. Non-parametric analysis of genotype × environment interactions by ranks. In: Kang, M.S. and H.G. Gauch (eds.) Genotype by environment interaction. CRC Press, Boca Raton, FL, 213-228.
- Ismailzadeh Moghaddam, M., M. Zakizadeh, H. Akbari Moghadam, M. Abedini Esfahani, M. Sayyafar, A. Nikzad, S. Tabibughafari and A. Lotfali Ayneh. 2010. Study of grain yield stability and genotype-environment interaction in 20 bread wheat cultivars in some hot and dry regions of southern Iran. Electronic Journal of Crop Production, 3(3): 200-179.
- Judy, M. and S.H. Mehri. 2018. Investigation of resource-reservoir relationship in wheat by comparing weight and number of grains in old and new cultivars. Journal of Crop Plant Ecophysiology, 11(3): 469-484.
- Kang, M.S. 1988. A rank-sum method for selecting high yielding stable corn genotypes. Cereal Res. Commun, 16: 113-115.
- Karimizadeh, R., T. Hosseinpour, J. Alt Jafarby, K. Shahbazi Homonlo, M. Armion and P. Sharifi. 2020. Stability Analysis of Durum Wheat Genotypes by GGE Biplot Method. Journal of Crop Breeding, 12(35): 1-17 (In Persian).
- Karimizadeh, R., M. Mohammadi, J. Alt Jafarbay and T. Hosseinpour. 2014. Evaluation of grain yield stability of durum wheat genotypes using classical parametric methods, 13<sup>th</sup> Iranian Conference on Plant Science and Plant Breeding and 3<sup>rd</sup> Science Conference and Seed Technology of Iran, Karaj.
- Ketata, H.Y., S.K. Yau and M. Nachit. 1989. Relative consistency performance across environments. International Symposium on Physiology and Breeding of Winter Cereals for stressed Mediterranean Environments. Montpellier, France, 391-400.
- Khaksar, N., A. Farshadfar and R. Mohammadi. 2013. Evaluation of advanced durum wheat genotypes based on drought tolerance indices. Cereal Research, 3(4): 267-279.
- Kilici, H., M. Akcura and H. Aktas. 2010. Assessment of Parametric and Non-parametric Methods for Selecting Stable and Adapted Durum Wheat Genotypes in Multi-Environments. Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj, 38(3): 271-279.

29. Kobriaei, A., A. Yazdan Sepas, S. Keshavarz, M. Bi Hemta and T. Najafi Mirk. 2007. Stability of grain yield in promising winter and intermediate wheat (*Triticum aestivum* L.). Iranian Journal of Crop Science, 9(3): 236-225.
30. Madani, H.A., A.A. Jafari, H. Safari and H. Shirvani. 2017. Study of forage yield stability in extensions of *Agropyron trichophorum* with AMMI model and other methods of stability analysis in both stress and non-stress environments. Genetic research and breeding of rangeland and forest plants in Iran, 25(2): 371-358.
31. Moghadam, A. and Z. Dehghanpour. 2001. Interrelationship among several stability statistics estimated in Maize yield trials. Seed and Plant, 17(3): 329-338.
32. Moghaddasi, L., V. Rashidi and Z. Hagighi. 2009. Effect of drought stress on grain yield and some morphological traits in durum wheat lines. Scientific Journal of Agricultural Sciences, Islamic Azad University, Tabriz Branch, 3(12): 41-53
33. 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: 419-432.
34. Mohammadi, R., M. Armion, B. Sadeghzadeh, S. Golkari, G. Khalilzadeh, H. Ahmadi, G. Abedi Asl, and M. Eskandari. 2016. Evaluation of grain yield stability and compatibility of durum wheat breeding lines. Journal of Agricultural Applied Research, 29(4): 42-25.
35. Mohammadi, R., E. Farshadfar and A. Amri. 2016. Comparison of rank-based stability statistics for grain yield in rainfed durum wheat. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 44(1): 25-40.
36. Naghavi, M.R., M. Moghaddam, M. Torchini and M.R. Shakiba. 2016. Evaluation of spring wheat cultivars based on drought resistance indices. Journal of Crop Breeding, 8(17): 207-192 (In Persian).
37. Najafi Mirak, T., M. Dastfal, H. Farzadi, M. Sayyahfar and B. Andarzian. 2020. Study of Durum Wheat Yield Stability in Warm Zone of Iran under Normal and Drought Stress. Journal of Crop Breeding, 12(35): 80-90.
38. Najafimirk, T., M. Dastfal, B. Andarzian, H. Farzadi, M. Bahari and H. Zali. 1997. Stability analysis of performance of promising durum wheat lines in hot and dry areas using parametric and non-parametric methods. Journal of Production and Processing of Crops and Horticultural Products, 8(2): 96-79.
39. Nawabpur, S. and G. Kazemi. 2013. Comparison of different wheat cultivars and study of the relationships between their traits using univariate and multivariate statistical methods. Journal of Crop Production, 6(1): 191-203.
40. Nikseresht, R., A. Mohammadi, A. Majidi Herwan and K.H. Mustafawi. 2014. Investigation of advanced bread wheat lines in both stress and non-stress conditions (F7). Journal of Agricultural Ecology, 6(1): 97-107.
41. Pinthus, M.J. 1973. Estimate of genotype-value: A proposed method. Euphytica, 22: 121-123.
42. Rashid, T., S. Haider Shah, G. Karim, S. Munawar Shah and M. Yaseen. 2015. Yield Stability Analysis of Wheat Genotypes in Large Number of Environments Using Univariate Parametric Statistical Models. Lasbelia, University Science and Technology, 130-143.
43. Sadeghzadeh ahri, D., S. Bahrami and H. Pashapur. 2006. Evaluation of germplasm growth habit of durum wheat and its relationship with some agronomic traits and grain yield in cold dryland areas. Journal of Agricultural Sciences, 3: 601-611.
44. Sadeghzadeh ahri, D., A. Rouhi, H. Pashapur, K. Soleimani and G.H. Abedi Asl. 2011. Evaluation of adaptation and stability of grain yield of bread wheat genotypes in cold rainfed areas. Journal of Crop Science Research, 3(12): 146-127.
45. Sadeghzadeh, B., R. Mohammadi, H. Ahmadi, G. Abedi Asl, M.M. Ahmadi, M. Mohammadfam, N. Bahrami, M. SH. Khaledian and A.A. Naseri. 2019. Evaluation of compatibility and stability of grain yield of durum wheat lines under dryland conditions using GGE biplot and AMMI. Environmental stresses in agricultural sciences, 11(2): 260-241.
46. Sharifatbar, M.M., M. Ismailzadeh Moghadam, M. Khodarahmi and R. Bozorgipour. 2014. Investigation of grain yield stability and relationship between some agronomic traits in durum wheat genotypes. Journal of Production and Processing of Crops and Horticultural Products, 4(14): 120-111.
47. Shukla, G. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype environmental components of variability. Heredity, 29: 237-245.
48. Soleimanifard, A. and R. Naseri. 1392. Genetic diversity of durum wheat genotypes in terms of agronomic traits under rainfed conditions. Eco physiology of Crops, 7(4): 469-478.
49. Thennarasu, K. 1995. On certain non-parametric procedures for studying genotype-environment interactions and yield stability. PhD thesis. New Delhi, India; PJ School, IARI.
50. Trethowan, R.M. and M. Reynolds. 2007. Drought resistance: genetic approaches for improving productivity under stress. Wheat Production in Stressed Environments, 289-299.
51. Wricke, G. 1962. Über eine Methode zur Erfassung der Okologischen streubreite in Feldresuchen. Z. Pflanzen-Züchtg, 47: 92-96.
52. Yan, W. and I. Rajcan. 2002. Biplot Analysis of Test Sites and Trait Relations of Soybean in Ontario. Crop Science, 42: 11-20.

## Evaluation of Grain Yield Stability in Advanced Genotypes of Durum wheat (*Triticum turgidum* var. Durum) using Parametric and Non-Parametric Methods of Stability Analysis

Hoshang Rahmati<sup>1</sup>, Ali Nakhzari Moghaddam<sup>2</sup>, Ali Rahemi Karizaki<sup>3</sup> and Zeinab Orsaji<sup>4</sup>

1- Ph.D. Student of Agronomy, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran  
(Corresponding author: hoshang.rahmati@yahoo.com)

2, 3 and 4- Assistant Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources,  
Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran

Received: October 4, 2020 Accepted: March 10, 2021

### Abstract

*Triticum turgidum* var. tetraploid durum and has 28 chromosomes and one of the world's most important crops in semi-arid regions of the world are grown. Introduced genotypes with greater yield, drought tolerance and high stability are one of the necessities of cultivation of durum wheat. Genotype interaction in the environment is one of the important issues in breeding programs and if there is an interaction, the stability and compatibility of genotypes in different environments should be evaluated to produce a safe product. In the present study, in order to investigate the stability of 10 durum wheat genotypes, an experiment was conducted in the form of a randomized complete block design with 3 replications in both rained and end irrigation conditions during the cropping years 2019-2018 and 2020-2019, in Koohdasht, Lorestan province. The results of analysis of variance of grain yield of genotypes for the experiment during two years in two environments showed that there was a significant variation ( $p < 0.01$ ) for yield between genotypes, the effect of the year was not significant and the effect of the two environments was significant at 1%. Also, the interaction of genotype  $\times$  environment was significant at 1% level. Based on the average yield, Omrbi3, Hana, Behrang and Aria had the most stability, but in contrast to Dm-73-13, Dehdasht, Maragheh 1 and Maragheh 2 showed the least stability. Stability of genotypes was investigated by parametric and non-parametric methods based on grain yield. The results showed that none of the parameters had a positive and significant correlation with yield, so the genotypes with the highest yield based on these parameters did not have high stability. Based on parametric methods, Aria and Shebrang genotypes had the highest stability and moderate yield. In nonparametric methods, it was observed that Aria, Hannah and Omrbi3 genotypes, which had high potential for yield based on RS and kr, also showed high stability.

**Keywords:** Durum wheat, Grain yield, Moisture environment, Stability