ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و تعیین پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم دوروم در آزمایش‌های یکنواخت سراسری مناطق نیمه‌گرمسیر دیم

رحمت‌الله کریمی‌زاده[1،*]، طهماسب حسین‌پور[2]، جبار آلت‌جعفربای[3]، کمال شهبازی هومونلو[4] و محمد آرمیون[5]

۱- استادیار، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گچساران

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

۳- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گنبد

٤- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مغان

۵- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۱۲ – تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱٤)

چکیده

روش‌های مختلفی برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار وجود دارد که شامل روش‌های پارامتری، ناپارامتری و چندمتغیره است. در این پژوهش، تعداد ۱۹ ژنوتیپ پیشرفته گندم دوروم انتخابی از آزمایش‌های پیشرفته مقایسه عملکرد سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ به‌همراه رقم شاهد دهدشت به‌مدت سه سال زراعی (۹٤-۱۳۹۱) در پنج منطقه گچساران، گنبد، خرم‌آباد، مغان و ایلام به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار مطالعه شدند. تجزیه مرکب داده‌ها اثر معنی‌دار محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را نشان داد. در روش‌های تک‌متغیره پارامتری، ژنوتیپ‌های شماره ۷، ۱۲، ۱۸ و ۲۰ پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. در روش‌های تک‌متغیره ناپارامتری، ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۷، ۱۲، ۱۳، ۱۸، ۱۹ و ۲۰ با کمترین سهم در اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها انتخاب شدند. در روش امی، ژنوتیپ‌های ۲، ۷، ۱۲، ۱۹ و ۲۰ با اختصاص کمترین مقادیر رتبه در محیط‌های مختلف و بالاترین میانگین عملکرد دانه در گروه ژنوتیپ‌های پایدار قرار گرفتند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، ژنوتیپ‌های ۱۲، ۲۰، ۱۸ و ۷ می‌توانند به‌عنوان ژنوتیپ‌های امیدبخش و کاندیدای معرفی به‌عنوان رقم انگاشته شوند.

واژگان کلیدی: پایداری عملکرد، روش امی، ژنوتیپ، گندم دوروم، ناپارامتری

* نویسنده مسئول، آدرس پست الکترونیکی: **r.karimizadeh@areeo.ac.ir**

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.2.7.6]
[DOI: 10.52547/pgr.7.2.3]

مقدمه

گندم دوروم (*Triticum turgidum*)، دومین گونه زراعی مهم گندم است (Aghaee-Sarbarzeh *et al*., 2012). از آنجا که در گیاهان زراعی، عملیات زراعی برای کاستن اثرات تنش‌های محیطی، به‌ویژه خشکی، بسنده نیست، به‌نژادی گیاهان بهترین راه برای افزایش عملکرد است. از این‌رو همه‌ساله پژوهش‌های گسترده‌ای در زمینه افزایش تولیدات گندم دوروم با توسعه ژرم‌پلاسم مناسب و مقاوم به تنگناهای مناطق و همچنین سازگار به آن مناطق انجام می‌گیرد (Radmehr, 1990).

ارقام دارای توانایی تولید عملکرد بالاتر در محیط‌های دارای تنش‌های محیطی (ارقام پرمحصول) و حفظ عملکرد در سال‌ها و مکان‌ها (ارقام پایدار)، جزء ارقام موفق هستند (Sharifi *et al*., 2017). وجود تنش‌های محیطی همچون گرما، سرما و خشکی و خسارات چشمگیر آن‌ها در تولید محصول گندم دوروم در دیم‌زارها، سبب روی‌آوری پژوهشگران به بررسی واکنش ژنوتیپ‌های گندم دوروم به محیط‌های گوناگون و ارزیابی عملکرد دانه و پایداری آن به‌عنوان معیار مهمی در گزینش و معرفی گندم شده است (Trethowan and Reynolds, 2007). عملکرد یک ژنوتیپ از طریق اثر ژنوتیپ، اثر محیط و برهمکنش بین آن‌ها تعیین می‌شود (Yan *et al*., 2007). بخش بیشتر تنوع، مربوط به محیط و پس از آن برهمکنش ژنوتیپ در محیط است (Sabaghnia *et al*., 2012)؛ بنابراین برهمکنش ژنوتیپ در محیط درخور بررسی است تا پایدارترین ژنوتیپ در محیط‌های آزمایش شده شناسایی شود و در صورت نبود چنین ژنوتیپی با عملکرد بهینه، شایسته‌ترین ژنوتیپ برای هر کدام از محیط‌ها معرفی شوند.

روش‌های تجزیه پایداری زیادی به‌وسیله پژوهشگران ارائه شده است، اما از آنجا که برتری یک روش بر دیگر روش‌ها مشخص نشده است، پژوهشگران از چندین روش برای تجزیه پایداری بهره می‌برند و ژنوتیپی که در همه این روش‌ها از پایداری بیشتری برخوردار باشد، ژنوتیپ برتر خواهد بود. به‌طور کلی روش‌های تجزیه پایداری به دو دسته پارامتری و ناپارمتری تقسیم می‌شوند. روش‌های تک‌متغیره شامل روش‌های بر پایه تجزیه واریانس همچون واریانس محیطی (Roemer, 1917)، ضریب تغییرات محیطی (Francis and Kannenberg, 1978)، اکووالانس ریک (Wricke, 1962) و واریانس پایداری شوکلا (Shukla, 1972) و روش‌های بر پایه تجزیه رگرسیون همچون ضریب رگرسیون فینلی و ویلکینسون (Finlay and Wilkinson, 1963)، انحرافات از خط رگرسیون (Eberhart and Russel, 1966) و ضریب تشخیص پینتوس (Pinthus, 1973) هستند. در بین روش‌های چندمتغیره نیز می‌توان از روش AMMI (The additive main effect and multiplicative interaction) (Gauch and Zobel, 1996) و GGE بای‌پلات (Genotype + Genotype × Environment) (Yan *et al*., 2000) نام برد. از روش‌های ناپارامتری، روش‌های میانگین تفاوت قدرمطلق ($Si^{(1)}$) و واریانس یا انحراف استاندارد ($Si^{(2)}$) (Nassar and Huehn, 1987)، روش ناپارامتری رتبه (Kang, 1988) و روش‌های ناپارامتری $NPi^{(1)}$، $NPi^{(2)}$، $NPi^{(3)}$ و $NPi^{(4)}$ (Temesgen *et al*., 2015) بر پایه رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف هستند و در آن‌ها ژنوتیپی پایدار بشمار می‌آید که در همه محیط‌ها رتبه یکسانی داشته باشد (Najafi Mirak *et al*., 2018a).

پژوهش‌های زیادی برای ارزیابی پایداری عملکرد گندم دوروم انجام شده است. در پژوهشی پایداری و سازگاری عملکرد دانه ۱۷ ژنوتیپ پیشرفته گندم دوروم به‌همراه ارقام شاهد (ساجی، زردک و سرداری) در سه سال زراعی با روش‌های GGE بای‌پلات و AMMI بررسی شد و نتایج نشان داد که تمامی شاخص‌ها از پتانسیل خوب برای ارزیابی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها برخوردار بودند، ولی GGE بای‌پلات بسیار کاربردی‌تر بود (Sadeghzadeh *et al*., 2018). در پژوهشی دیگر، برای ارزیابی پایداری ۱۸ لاین امیدبخش گندم دوروم به‌همراه دو شاهد به‌مدت دو سال با توجه به آماره شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG)[1] که بر مبنای تمام روش‌های پارامتری محاسبه شده بود، شش ژنوتیپ با بیشترین مقدار SIIG نزدیک به یک، پایدارترین لاین‌ها از نظر عملکرد دانه بودند.

1- Selection index of ideal genotype

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.2.7.6]
[DOI: 10.52547/pgr.7.2.3]

همچنین این لاین‌ها کمترین فاصله را از ژنوتیپ ایده‌آل (d^+) و بیشترین فاصله را از ژنوتیپ غیرایده‌ال (d^-) داشتند. روش SIIG، بر پایه همه روش‌های ناپارامتری نیز محاسبه شد و ژنوتیپ‌های با بیشترین مقدار، به‌عنوان پایدارترین لاین‌ها از نظر عملکرد دانه شناسایی شدند (Najafi Mirak *et al.*, 2018a). در پژوهشی دیگر، با ارزیابی پایداری ۱۹ ژنوتیپ پیشرفته گندم دوروم با روش‌های مختلف تک و چندمتغیره، ژنوتیپ‌های پایدار شناسایی شدند (Karimizadeh *et al.*, 2011). اسماعیل‌زاده مقدم و همکاران (Esmailzadeh Moghaddam *et al.*, 2011) با کاربرد روش‌های مختلف برای ارزیابی پایداری ارقام گندم دوروم نشان دادند که روش AMMI و SHMM مناسب‌تر از سایر روش‌ها بود. آقائی سربرزه و همکاران (Aghaee-Sarbarzeh *et al.*, 2007; Aghaee-Sarbarzeh *et al.*, 2012)، نجفیان و همکاران (Najafian *et al.*, 2010)، تاری‌نژاد (Tarinejad, 2017) و نجفی میرک (Najafi Mirak, 2011) نیز با شناساندن ژنوتیپ‌های پایدار با روش امی، گفتند که این روش می‌تواند در معرفی ژنوتیپ‌های دارای سازگاری عمومی و خصوصی برای مکان‌های مختلف بکار گرفته شود. همچنین آکورا و همکاران (Akcura *et al.*, 2006) برای تجزیه پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های گندم، روش‌های پارامتری و روش تای (Tai, 1971) را به‌کار بردند و پنج ژنوتیپ را به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار باز شناساندند. محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2014) با ارزیابی ۲۳ ژنوتیپ گندم دوروم، یک لاین اصلاحی را به‌عنوان ژنوتیپ پایدار با عملکرد بالا و ژنوتیپ را به‌عنوان ژنوتیپ ناپایدار با عملکرد پایین شناسایی نمودند و همچنین ابراز داشتند که روش GGE بای‌پلات نسبت به روش رگرسیون به‌دلیل ارائه اطلاعات بیشتر ابزار مناسب‌تری برای مطالعه و تفسیر برهمکنش‌های ژنوتیپ در محیط است.

این تحقیق برای دستیابی به ارقام پرمحصول و سازگار با شرایط آب و هوایی مناطق دیم گرمسیری و نیمه‌گرمسیری کشور، به‌منظور معرفی رقم یا ارقام پایدار گندم دوروم برای کشت در مناطق دارای شرایط آب هوایی مختلف اجرا شد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش، در هرسال از زمینی استفاده شد که سال پیش از آن آیش بود. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک، تسطیح و فارو به‌طور معمول انجام شد و ۱۰۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم و ۷۵ کیلوگرم اوره، به‌هنگام آماده‌سازی زمین، به‌طور یکنواخت با خاک مخلوط گردید. تعداد ۱۹ ژنوتیپ پیشرفته گندم دوروم گزینش‌شده از آزمایش‌های پیشرفته مقایسه عملکرد، به‌همراه رقم شاهد دهدشت به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار و پنج منطقه گچساران، گنبد، مغان، خرم‌آباد و ایلام به‌مدت سه سال زراعی (۱۳۹۴–۱۳۹۱) و در کرت‌هایی به طول ۷/۰۳ متر و عرض ۱/۰۵ متر بر روی ٦ خط با فاصله ۱۷/۵ سانتی‌متر و تراکم ۳۰۰ دانه در مترمربع کشت گردیدند. نام و شماره ژنوتیپ‌ها در جدول ۱ و ویژگی‌های جغرافیایی و همچنین میزان بارش در طول دوره کاشت تا برداشت به‌ترتیب در جدول‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است.

تجزیه‌های آماری: پس از آزمون یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی با آزمون بارتلت و تجزیه واریانس مرکب (اثرات ژنوتیپ و محیط تصادفی در نظر گرفته شدند)، پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها با روش‌های پایداری فنوتیپی (Roemer, 1917)، ضریب رگرسیونی (Finlay and Wilkinson, 1963)، شاخص پایداری اکووالانس (Wricke, 1962)، آماره پلاستد (Plaisted, 1960)، آماره پلاستد و پترسون (Plaisted and Peterson, 1959)، واریانس پایداری (Shukla, 1972)، ضریب تغییرات محیطی (Francis and Kannenberg, 1978) و روش چندمتغیره امی برآورد شد. روش‌های پارامتری با برنامه نوشته شده توسط کریمی‌زاده و همکاران (Karimizadeh *et al.*, 2012b) محاسبه شدند. همچنین آماره‌های ناپارامتری شامل معیار واریانس رتبه $S_i^{(2)}$ (Nassar and Huhn, 1987)، معیار رتبه $S_i^{(3)}$ (Nassar and Huhn, 1990) و $S_i^{(6)}$ (Huhn and Leon, 1995) با یک برنامه SAS برآورد شدند (Lu, 1995). تجزیه پایداری روش AMMI با نرم‌افزار Genstat11 (Genstat, 2008) انجام شد.

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-04-28]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.2.7.6]
[DOI: 10.52547/pgr.7.2.3]

جدول ۱- شماره و نام ژنوتیپ‌های بررسی شده

Table 1. Name and number of studied genotype

شماره Ent.	لاین / واریته Varity / Line
G1	Dehdasht
G2	AINZEN_1/3/MINIMUS_6/PLATA_16//IMMERCDSS99B00313S-0M-0Y-47Y-0M-0Y-2M-0Y
G3	SORA/2*PLATA_12//SOMAT_3/3/STORLOM/4/BICHENA/AKAKI_7 CDSS02Y01279T-0TOPB-0Y-0M-29Y-0Y
G4	CHEN_1/TEZ/3/GUIL//CIT71/CII/4/SORA/PLATA_12/5/STOT//ALTAR 84/ALD/10/PLATA_ 10/6/ MQUE/4/USDA573//QFN/ AA _7/3/ ALBA -D/5/AVO/HUI/7/PLATA_13/8/THKNEE_11 /9/CHEN /ALTAR 84/3/ HUI/POC//BUB/RUFO/4/FNFOOT CDSS 02B00024S-0Y-0M-3Y-4M-04Y-0B
G5	SOMAT_4/SILVER_1//POLARIS/5/NETTA_4/DUKEM_12//RASCON_19/3/SORA/2* PLATA_12/4/GREEN_18/FOCHA_1//AIRON_1CDSS04Y01246T-0TOPB-18Y-0M-06Y-1M-1Y-0B
G6	SOOTY_9/RASCON_37//TILO_1/LOTUS_4/9/USDA595/3/D67.3/RABI//CRA/4/ALO/5/HUI/YAV_1 /6/ARDENTE/7/HUI/YAV79/8/POD_9CDSS02B00380S-0M-3Y-06Y-3M-1Y-0B
G7	Ter-1//Mrf1/Stj2ICD99-0866-C-0AP-5AP-AP-7AP-AP
G8	Ammar-8ICD94-0918-C-12AP-0AP-6AP-0AP-2AP-0AP
G9	Icajihan2ICD01-0251-T-4AP-TR-2AP-0AP
G10	Geromtel-1/Icasyr-1ICD04-1101-TA-0AP-3AP-0AP
G11	Arislahn-8//Bidra1/MikiICD03-0318-TA-3AP-0AP-4AP-0AP
G12	Ouasloukos-1/5/Azn1/4/BEZAIZ-SHF//SD-19539/Waha/3/ GdrICD03-0342-TA-1AP-0AP-6AP-0AP
G13	Icasyr-1/3/Gcn//Stj/Mrb3ICD02-1016-C-6AP-0TR-1AP-0AP-1AP-0AP
G14	Geruftel-2ICD95-1302-C-3AP-0AP-1AP-0AP-5AP-AP-6AP-0AP
G15	CHEN_1/TEZ/3/GUIL//CIT71/CII/4/SORA/PLATA_12/5/STOT//ALTAR84/ALD/9/USDA 595/3/D67.3/RABI//CRA/4/ALO/5/ HUI/YAV_1 /6/ ARDENTE/7/HUI/YAV79/8/POD_9CDSS02 B00022S-0Y-0M-16Y-3M-04Y-0B
G16	ARTICO/AJAIA_3//HUALITA/10/PLATA_10/6/MQUE/4/USDA573//QFN/AA_7/3/ALBA-D/5/AVO /HUI/7/PLATA_13/8/ THKNEE _11 /9/CHEN/ALT AR84/3/HUI/POC//BUB/RUFO/4/ FNFOOT /11/ CNDO/PRIMADUR //HA I-OU_17/3/SNITAN CDSS04Y00724T-0TOPB-11Y-0M-06Y-2M-1Y-0B
G17	Aghrass1/3/Mrf1//Mrb16/Ru/Seri 34/2010-11
G18	Icasyr1/3/Bcr/Sbl5//T.urartu/Seri 34/2010-11
G19	Mck2/Tilo2//Bcrch1/Kund1149/Seri 33/2009-10
G20	Icarasha1/Seri 33/2009-10

جدول ۲- ویژگی‌های جغرافیایی مناطق اجرای آزمایش

Table 2. Geographical characteristics of the conduct research areas

منطقه Region	متوسط میزان بارندگی (میلی‌متر) Average rainfall (mm)	طول جغرافیایی Latitude	عرض جغرافیایی Longitude	ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude (m)
گچساران (Gachsaran)	710	شرقی '۵۰ °۵۰ 50° 50' (East)	شمالی '۱۷ °۳۰ 30° 17' (North)	450
گنبد (Gonbad)	45	شرقی '۱۲ °۵۵ 55° 12' (East)	شمالی '۱٦ °۳۷ 37° 16' (North)	550
مغان (Moghan)	100	شرقی '۳۹ °۳۹ 39° 39' (East)	شمالی '۸۸ °٤۷ 47° 88' (North)	312
خرم‌آباد (Khorramabad)	1147	شرقی '۱۸ °٤۸ 48° 18' (East)	شمالی '۲۹ °۳۳ 33° 29' (North)	445
ایلام (Ilam)	975	شرقی '۳٦ °٤٦ 46° 36' (East)	شمالی '٤۷ °۳۳ 33° 47' (North)	350

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-04-28]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.2.7.6]
[DOI: 10.52547/pgr.7.2.3]

جدول ۳- میزان بارندگی سالانه مناطق اجرای آزمایش در طول فصل زراعی در سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹٤
Table 3. Annual rainfall of the test areas during the growing season in the years 2012 to 2015

منطقه Region	سال زراعی Agronomic year		
	۱۳۹۱-۹۲ 2012-2013	۱۳۹۲-۹۳ 2013-2014	۱۳۹۳-۹٤ 2014-2015
گچساران (Gachsaran)	408.5	503.7	351.6
گنبد (Gonbad)	557.2	534.8	279.4
مغان (Moghan)	348.4	247.9	335.0
خرم‌آباد (Khorramabad)	294.3	363.6	326.3
ایلام (Ilam)	197.6	396.1	325.8

نتایج و بحث

تجزیه واریانس: تجزیه واریانس ساده برای هر یک از محیط‌ها (ترکیب سال و مکان) به‌صورت جداگانه انجام شد که نتایج گویای معنی‌دار بودن اثر ژنوتیپ در همه محیط‌ها بود که بیانگر تنوع در بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه بود (نتایج ارائه نشده است).

پیش از تجزیه مرکب داده‌ها، آزمون یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی با آزمون بارتلت انجام گردید و نتایج این نشان داد که واریانس خطاهای آزمایشی یکنواخت نبودند، بنابراین داده‌های چهار محیط ناهمگن شامل ایلام در هر سه سال اجرای آزمایش و مغان در سال دوم حذف گردید و آزمون یکنواختی خطاهای آزمایشی دوباره انجام شد که نتایج بیانگر یکنواختی خطاهای آزمایشی بود؛ بنابراین تجزیه مرکب برای باقیمانده محیط‌ها (۱۱ محیط) انجام شد (جدول ٤). تجزیه واریانس مرکب داده‌ها برای ۱۱ محیط باقیمانده در مدل نشان داد که اثر ژنوتیپ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. معنی‌دار بودن اثر ژنوتیپ نشان‌دهنده تفاوت ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه است و به بیان دیگر ژنوتیپ‌ها عملکرد متفاوتی داشتند که بیانگر داشتن تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها است. با توجه به نتایج حاصل، اثرات محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. معنی‌دار بودن اثر محیط نشان می‌دهد که محیط‌ها از نظر عملکرد با هم اختلاف دارند که این اختلاف می‌تواند ناشی از تفاوت بین محیط‌ها از نظر ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک و میزان بارندگی، درجه حرارت و در مجموع تفاوت در عوامل غیرقابل کنترل محیط باشد. معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ و محیط نشان‌دهنده این است که عملکرد ژنوتیپ‌ها از محیطی به محیط دیگر اختلاف دارد، بنابراین می‌توان ژنوتیپ‌های سازگار به نواحی ویژه و یا کل محیط‌ها را شناساند (جدول ٤). اثر محیط، با سهم ۷۳/۸ درصد، بیشترین سهم مجموع مربعات کل را داشت و پس از آن سهم ژنوتیپ در محیط و ژنوتیپ قرار داشت. در تطابق با نتیجه پژوهش حاضر، محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2017) نیز نشان دادند که بزرگی اثرات اصلی برای محیط، برهمکنش ژنوتیپ × محیط و ژنوتیپ در ارزیابی پایداری عملکرد گندم دوروم به‌ترتیب ٦۹/۸، ۱۵/٦ و ۱ درصد مجموع مربعات کل بود. این نتایج همچنین در تطابق با یافته‌های آقائی سربرزه و همکاران (Aghaee-Sarbarzeh *et al.*, 2012) و قائدرحمتی و همکاران (Ghaedrahmati *et al.*, 2017) است. بزرگی اثرات محیط نشان‌دهنده تفاوت بین محیط‌ها و دامنه گسترده‌تر اثرات اصلی محیط نسبت به اثرات اصلی ژنوتیپ است که سبب واکنش‌های متفاوت ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف و

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.2.7.6]
[DOI: 10.52547/pgr.7.2.3]

به‌دنبال آن برهمکنش معنی‌دار ژنوتیپ در محیط و ایجاد تنوع در عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها شده است. همچنین بزرگی حدود پنج برابری برهمکنش ژنوتیپ × محیط نسبت به ژنوتیپ، گویای وجود محیطهای بزرگ یا ابر–محیطها در این پژوهش است (Gauch and Zobel, 1997; Yan *et al.*, 2000). با مقایسه داده‌های بارندگی و متوسط حرارت در زمان آزمایش و داده‌های درازمدت، به‌نظر می‌رسد که بیشترین بخش کاهش عملکرد مربوط به کاهش بارندگی و سپس افزایش حرارت باشد؛ زیرا تنش گرما عاملی است که هرچند، بیشترین سطح زیر کشت را تحت تأثیر قرار می‌دهد، ولی تنش خشکی بیشترین خسارت اقتصادی را به‌همراه دارد (Kosina *et al.*, 2007).

روش‌های تجزیه پایداری پارامتری تک‌متغیره: نتایج برآورد شاخص‌های پایداری تک‌متغیره، با هشت آماره برای ارزیابی پایداری عملکرد دانه در جدول ۵ نشان داده شده است. در این جدول نشان داده شده است که کمترین و بیشترین میزان عملکرد دانه به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های ۱۹ (۳۲۶۲ کیلوگرم در هکتار) و ٤ (۲٦٤۳ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد و متوسط عملکرد دانه همه ژنوتیپ‌ها در تمام محیطها ۳۰٦٥ کیلوگرم در هکتار بود.

بر پایه پارامتر واریانس محیطی، ژنوتیپ‌های ١٤، ١٥، ١١، ١٢، ١٧، ٨ و ٩ دارای کمترین مقادیر واریانس محیطی بودند که ژنوتیپ ١٢ دارای میانگین عملکردی بالاتر از میانگین کل بود و به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ انتخاب شدند. ژنوتیپ‌های ١٢، ١٩ و ٢٠ با کمترین مقادیر ضریب تغییرات و میانگین عملکرد بالاتر از میانگین عملکرد کل، به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها انتخاب شدند.

بر اساس روش پلاستد و پترسون (Plaisted and Peterson, 1959)، ژنوتیپ‌های ٥، ٧، ٨، ١١، ١٢ و ٢٠ به‌علت داشتن مقادیر کم θ_i، به‌عنوان واریته‌های پایدار معرفی شدند و سهم کمتری در اثر متقابل ژنوتیپ × محیط داشتند، ولی به‌دلیل عملکرد پایین ژنوتیپ‌های ٥، ٨ و ١١، فقط ژنوتیپ‌های ٧، ١٢ و ٢٠ که دارای عملکردی بالاتر از میانگین عملکرد کل یا رقم شاهد بودند، به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها انتخاب شدند.

جدول ٤- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم دوروم برای سه سال اجرای پژوهش

Table 4. Combined analysis of durum wheat grain yield for the three-year research set up

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f.	مجموع مربعات Sum of squares	میانگین مربعات Mean of squares	امیدریاضی Expected value	F محاسبه‌شده Calculated F	سهم در مجموع مربعات Share in the total SS
محیط* (Environment)	10	620322883.3	62032288.3 (M1)	$\frac{M1+M5}{M2+M4}$	51**	0.737971
خطای ۱ (Error 1)	33	28710131.7	870004.0 (M2)	-	0	0.034155
ژنوتیپ (Genotype)	19	13662452.3	719076.4 (M3)	$\frac{M3}{M4}$	2.07**	0.016254
ژنوتیپ × محیط (Genotype × Environment)	190	65851756.0	346588.2 (M4)	$\frac{M4}{M5}$	1.94**	0.078341
خطای ۲ (Error 2)	627	112031775.3	178679.1 (M5)	-	-	0.133279
کل (Total)	879	840578998.7	-		-	-
ضریب تغییرات (درصد) (CV%)			13.7			

*اثرات محیط و ژنوتیپ تصادفی در نظر گرفته شده‌اند.

*Environmental and genotype effects are considered random.

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.2.7.6]
[DOI: 10.52547/pgr.7.2.3]

در روش پلاستد (Plaisted, 1960)، به علت بزرگ بودن واریانس اثر متقابل باقیمانده $\theta_{(i)}$، ژنوتیپ‌های ۲، ۵، ۷، ۸، ۱۱، ۱۲، ۱۸ و ۲۰ به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی معرفی شدند که سهم کمتری در اثر متقابل داشتند، اما با توجه به میانگین عملکرد پایین‌تر برخی از ژنوتیپ‌ها از میانگین عملکرد کل، ژنوتیپ‌های ۲، ۷، ۱۲، ۱۸ و ۲۰ که دارای عملکرد بهتری نسبت به میانگین عملکرد کل بودند، به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها در این روش انتخاب شدند.

در روش‌های اکووالانس ریک (Wricke, 1962) و واریانس شوکلا (Shukla, 1972)، ژنوتیپ‌های ۷، ۱۰، ۱۲، ۱٤، ۱۸ و ۲۰ با توجه به مقادیر کمتر اکووالانس و واریانس اثر متقابل به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار بودند (جدول ۵). نتایج حاصل از رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس واریانس پایداری شوکلا و اکووالانس ریک همانند یکدیگر هستند و بنابراین می‌توان یکی از این دو پارامتر را برای تجزیه پارامتری بکار برد (Haji Mohammad Ali Jahromi *et al.*, 2011).

براساس شاخص مطلوبیت (DI) هرناندز و همکاران (Hernandez *et al.*, 1993) که یک روش رگرسیونی است و در آن ژنوتیپ دارای شاخص مطلوبیت بیشتر، از پایداری بالاتری برخوردار است، ژنوتیپ‌های ۱٦، ۱، ۱۳ و ۱۸ دارای بیشترین مقادیر شاخص مطلوبیت و پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. همچنین نشان داده شده است که ژنوتیپ‌های انتخابی در این روش دارای میانگین عملکرد بالا و ضریب رگرسیونی بیش‌تر از یک هستند و در مقابل ژنوتیپ‌های دارای ضریب رگرسیونی کمتر از یک در این روش ناپایدار می‌باشند، بنابراین، پایداری این نوع شاخص، بیشتر بر پایداری دینامیک یا زراعی دلالت دارد (Kaya and Ozer, 2014).

شاخص برتری (PI) آماره پایداری دیگری با ماهیت واریانس بود که توسط لین و بینز (Lin and Binns, 1988) ارائه شد و این روش نیز ژنوتیپ‌های پرمحصول را پایدار می‌داند و به بیان دیگر، بیشتر به پایداری دینامیک یا زراعی گرایش دارد (Flores *et al.*, 1998). ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ۷، ۱۰، ۱۲، ۱۳، ۱٦، ۱۸، ۱۹ و ۲۰ با کمترین مقادیر شاخص برتری و میزان میانگین مربعات (MSPI)، ژنوتیپ‌های پایدار بشمار آورده شدند (جدول ۵). نجفی میرک و همکاران (Najafi Mirak *et al.*, 2018b) نیز با استفاده از آماره‌های واریانس محیطی، ضریب تغییرات، اکووالانس ریک، واریانس شوکلا، انحراف از خط رگرسیون و شاخص برتری پایدارترین ژنوتیپ‌ها را در گندم دوروم شناساندند.

روش‌های ناپارامتری پایداری عملکرد دانه: برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها با روش‌های پایداری ناپارامتری، داده‌های عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم دوروم براساس اختلاف عملکرد دانه ژنوتیپ iام در محیط jام ($\overline{X}_{ij}$)، با میانگین عملکرد ژنوتیپی ($\overline{X}_{i.}$) تصحیح شد و سپس به داده‌های هر محیط رتبه داده شد. بر پایه آماره $S_i^{(2)}$، ژنوتیپ‌های ۲، ۵، ۷، ۱۱، ۱۲، ۱٤ و ۱۸ با کمترین مقادیر، پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند که ژنوتیپ‌های ۲، ۵، ۱۱ و ۱٤ به‌دلیل داشتن عملکرد پایین از لیست ژنوتیپ‌های پایدار حذف شدند و ژنوتیپ ۷ و ۱۸، پایدارترین ژنوتیپ با این روش بود. بر اساس آماره $S_i^{(3)}$، ژنوتیپ‌های ۲، ٤، ۵، ۷، ۱۱، و ۱٤ دارای کمترین مقدار بودند، اما با توجه به عملکرد پایین ژنوتیپ‌های ٤، ۵، ۱۱ و ۱٤، ژنوتیپ‌های ۲ و ۷ پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. ژنوتیپ ٤، ۵، ۷، ۸، ۱۱، ۱٤ و ۱۵، دارای کمترین مقادیر آماره $S_i^{(6)}$ بودند، اما با توجه به عملکرد دانه پایین‌تر برخی از ژنوتیپ‌ها از متوسط عملکرد کل ژنوتیپ‌ها و یا کمتر از میانگین عملکرد دانه رقم شاهد دهدشت، ژنوتیپ ۷ پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. در مجموع این سه روش، ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۷ و ۱۸ به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها و مناسب کشت در مناطق پربازده معرفی شدند (جدول ٦). در تطابق با یافته حاضر، پژوهشگران دیگری نیز با استفاده از آماره‌های ناپارامتری بالا، ژنوتیپ‌های پایدار گندم دوروم را شناسایی کردند (Najafi Mirak *et al.*, 2018b; Mohammadi *et al.*, 2007).

محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2007) و کایا و تورکوز (Kaya and Turkoz, 2016) همبستگی بالای بین چهار شاخص ناپارامتری $S_i^{(1)}$،$S_i^{(2)}$، $S_i^{(3)}$ و $S_i^{(6)}$ گزارش کردند. آکورا و کایا (Akura and Kaya, 2008) نشان دادند که بین نتایج $S_i^{(1)}$ و $S_i^{(2)}$ با $S_i^{(3)}$ و $S_i^{(6)}$ همبستگی وجود ندارد و دو شاخص $S_i^{(1)}$ و $S_i^{(2)}$ دارای بیش‌ترین همبستگی هستند.

بر پایه شاخص ناپارامتری فوکس و همکاران (Fox *et al.*, 1990) که دارای ۳ پارامتر Top، Mid و Low است، ژنوتیپ‌ها براساس پایداری و میزان عملکرد در ۳ دسته با پایداری بالا،

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.2.7.6]
[DOI: 10.52547/pgr.7.2.3]

متوسط و پایین گروه‌بندی می‌شوند. از آنجا که هرچه مقدار پارامتر Top یک ژنوتیپ بیشتر باشد، پایداری و مطلوبیت آن نیز بیشتر است، ژنوتیپ‌های ۱۳، ۱۸، ۱۹، ۱۲، ۱٦، ۲۰ و ۹ به‌ترتیب با ٦۳، ٥٤، ٥٤، ٤٥، ٤٥، ٤٥ و ٤٥ درصد آماره Top، مطلوب‌ترین ژنوتیپ بودند. اگر میزان آماره Top برای دو ژنوتیپ برابر باشد، ژنوتیپ دارای کمترین مقدار آماره Low و یا بیشترین مقدار آماره Mid پایدارتر است. بر این اساس، ژنوتیپ‌های ۱۳، ۱۸، ۱۹ و ۲۰، چهار ژنوتیپ برتر و پایدار بودند (جدول ٦). محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2017) با استفاده از این روش، پایدارترین ژنوتیپ‌های گندم نان را شناسایی کردند.

ناپایدارترین ژنوتیپ بر اساس این روش، ژنوتیپ ٤ با میزان بالای شاخص Low (۹۰ درصد) و متوسط عملکرد پایینی بود و در پی آن، ژنوتیپ ٥ با ٦۳ درصد آماره Low، دومین ژنوتیپ ناپایدار از نظر این شاخص بود. در پژوهش‌های دیگری نیز با بهره‌گیری از این شاخص‌ها ژنوتیپ‌های پایدار شناسایی شده‌اند (Mohammadi *et al.*, 2007; Mohammadi *et al.*, 2009). همچنین نتایج این دو پژوهش گویای همبستگی مثبت و معنی‌دار بین شاخص Top و آماره‌های تنارازو (Thennarasu, 1995) و هان (Huhn, 1990) بود. مرتضویان و عزیزی‌نیا (Mortazavian and Azizinia, 2014) گزارش کردند که شاخص Top همبستگی معنی‌داری فقط با میانگین عملکرد دانه و میانگین رتبه داشته و با سایر آماره‌های ناپارامتری همبستگی نشان نداد. نجفی میرک و همکاران (Najafi Mirak *et al.*, 2018b) نشان دادند که ژنوتیپ‌های پایداری که با روش TOP در گندم دوروم شناسایی شده بودند، از میانگین عملکرد دانه بالایی برخوردار بودند. مجموع رتبه برآمده از میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها و رتبه ژنوتیپ‌ها از واریانس پایداری شوکلا، آماره‌ی مجموع رتبه‌ی کنگ (R-Sum) را فراهم می‌کند (Kang, 1988). بر اساس این آماره ژنوتیپ‌های ۱۲، ۷ و ۲۰ به‌ترتیب با مجموع رتبه‌ی ۸، ۱۱ و ۱۲ به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها و ژنوتیپ‌های ٤ و ۳ با بیشترین مجموع رتبه به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند. این روش برای تعیین پایداری محصولات مختلف در پژوهش‌های زیادی به‌کار رفته است (Mohammadi *et al.*, 2017; Mortazavian and Aziznia, 2014; Zarei Soltankohi and Farshadfar, 2016).

جدول ٥- آماره‌های پارامتری پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های گندم دوروم در سه سال

Table 5. Statistics of parametric yield stability of durum wheat genotypes in three years

ژنوتیپ Genotype	میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Average grain yield (kg.h-1)	واریانس محیطی S_i^2	ضریب تغییرات CVi	اکووالانس ریک W_i^2	واریانس شوکلا σ_i^2	پلاستد و پترسون θ_i	پلاستد $\theta_{(i)}$	واریانس هنسون D_i^2	شاخص برتری PI
G1	3139	11566743	34.3	755332	79112	83077	87042	1334019	126272
G2	3106	9923885	32.1	538355	55004	71657	88311	917785	149519
G3	2927	8379373	31.3	962999	102186	94007	85828	1067253	306429
G4	2743	8194704	33.0	763980	80073	83532	86992	870239	433576
G5	2900	8090517	31.0	385286	37996	63601	89206	529906	277618
G6	3057	11794772	35.5	2176845	237058	157894	78730	2588751	231203
G7	3083	8815843	30.5	379343	37336	63288	89241	626152	159745
G8	3054	7809616	28.9	495647	50258	69410	88561	585591	199386
G9	3049	7401346	28.2	1401009	150854	117060	83267	1307382	231266
G10	3161	9046895	30.1	745384	78007	82554	87101	973329	141750
G11	2937	6139049	26.7	552267	56549	72390	88230	400848	279601
G12	3178	6156365	24.7	387583	38251	63722	89193	261597	131662
G13	3132	10548657	32.8	735363	76893	82026	87159	1174570	157473
G14	3009	6250157	26.3	527617	53810	71092	88374	395169	219118
G15	2981	7437602	28.9	921496	97575	91823	86071	899943	248904
G16	3207	8895114	29.4	1570384	169673	125975	82276	1661831	158492
G17	2993	7751388	29.4	986960	104849	95268	85688	1000109	244715
G18	3206	10205723	31.5	760701	79709	83360	87011	1148445	101648
G19	3262	8635123	28.5	792038	83191	85009	86828	955922	92004
G20	3190	8497577	28.9	624145	64536	76173	87810	792270	130691

[DOI: 10.52547/pgr.7.2.3] [DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.2.7.6] [Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-04-28]

تجزیه پایداری امی (AMMI): در تجزیه پایداری امی، اولین (IPC1) و دومین مؤلفه اصلی (IPC2) اثر متقابل ۶۱ درصد از تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را توجیه می‌کردند. نتایج تجزیه واریانس امی معنی‌دار بودن F تیمار را نشان می‌دهد که گویای اختلاف بین ترکیب‌های مختلف ژنوتیپ و محیط بود. همچنین معنی‌دار بودن F مدل نیز بیانگر برازش خوب مدل امی با داده‌های این آزمایش بود. این نتایج همچنین نشان داد که اثر ژنوتیپ، محیط، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و نیز سه مؤلفه اصلی اثر متقابل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در کل ۷/۸ درصد از مجموع مربعات کل را به خود اختصاص داد. اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل، ۴۱/۲ درصد؛ دومین مؤلفه، ۲۱/۹ درصد؛ سومین مؤلفه، ۱۱/۸ درصد و چهارمین مؤلفه، ۹/۶ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را توجیه نمودند و مؤلفه‌های اصلی باقیمانده در مدل، ۱۰/۳۶ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را بیان کردند (جدول ۷). نجفی میرک و همکاران (Najafi Mirak *et al.*, 2018b) نیز نشان دادند که مؤلفه اصلی اول به‌تنهایی حدود ۵۳ درصد از تغییرات برهمکنش ژنوتیپ و محیط ژنوتیپ‌های گندم دوروم را توجیه می‌کرد و همراه با مؤلفه دوم ۸۷ درصد از تغییرات برهمکنش را توجیه می‌کرد. همچنین کریمی‌زاده و همکاران (Karimizadeh *et al.*, 2011) نشان دادند که چهار مؤلفه اصلی اول بیش از ۷۰ درصد از تغییرات کلی را توجیه می‌کردند.

ژنوتیپ‌های دارای مقادیر اولین مؤلفه اصلی (IPCA1) بزرگ (مثبت یا منفی) اثر متقابل بالایی با محیط دارند و ژنوتیپ‌ها و محیط‌های دارای مقادیر اولین مؤلفه اصلی نزدیک به صفر، دارای اثر متقابل پایینی هستند. بنابراین از آنجا که ژنوتیپ‌های ۲، ۳، ۴، ۵، ۷، ۸، ۱۲، ۱۹ و ۲۰ دارای کمترین مقادیر IPCA1 بودند، ولی از آنجا که میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های ۲، ۷، ۱۲، ۱۹ و ۲۰ بیشتر از میانگین کل بود، به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با سازگاری عمومی بالا معرفی شدند (جدول ۸).

محیط‌های ۱ (گچساران سال اول)، ۳ (گنبد سال اول)، ۷ (گنبد سال دوم) و ۱۰ (گنبد سال سوم)، دارای کمترین مقدار (IPCA1) بودند و محیط‌هایی بودند که نسبت به محیط‌های دیگر پایداری عملکرد بهتری داشتند. از نظر متوسط عملکرد، تمام محیط‌ها به‌جز محیط‌های شماره ۳ (گنبد سال اول)، ۶ (خرم‌آباد سال دوم)، ۹ (خرم‌آباد سال سوم) و ۱۱ (مغان سال سوم)، دیگر محیط‌ها میانگین عملکرد پایین‌تری نسبت به میانگین کل داشتند (جدول ۹).

بنابراین محیط ۳ (گنبد سال اول) هم محیطی پایدار و هم دارای بیشترین میزان عملکرد دانه در مقایسه با دیگر محیط‌ها بود. پراکنش مناسب بارندگی در طول فصل زراعی به‌خصوص در مراحل خوشه‌دهی (اواخر اسفند تا اواخر فروردین) و پرشدن دانه گندم (اواخر فروردین تا اواسط اردیبهشت) در این محیط سبب شد که سال خوبی برای ارزیابی لاین‌ها باشد و کمترین تنش خشکی در فصل رشد گیاه اتفاق بیفتد، هرچند میزان کل بارندگی نسبت به سال قبل کاهش ناچیزی نشان داده بود. از نظر دمایی، نیز سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ سال در این منطقه سال معتدل بود. از دلایل کاهش متوسط عملکرد دانه در محیط ۱ (گچساران سال اول) می‌توان مطلوب نبودن میزان بارندگی و پراکنش ماهانه بارندگی را گفت، به‌طوری‌که در دوره ظهور خوشه که حساس‌ترین مرحله نیاز آبی گندم می‌باشد میزان بارندگی افت شدیدی پیدا کرده بود.

نتایج حاصل از انتخاب ۴ ژنوتیپ برتر در هر محیط بر اساس روش امی نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های شماره ۱۳، ۱۴، ۱۸ و ۲۰ هر کدام دست‌کم سه بار به‌عنوان برترین ژنوتیپ انتخاب شده‌اند و بنابراین در روش امی، این چهار ژنوتیپ، پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۱۰).

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.2.7.6]
[DOI: 10.52547/pgr.7.2.3]

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

Table 6. Non-parametric statistics values of durum wheat grain yield stability

ژنوتیپ Genotype	میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Average of grain yield (kg.h^{-1})	پارامتر دوم نصار و هان $S_i^{(2)}$	پارامتر سوم نصار و هان $S_i^{(3)}$	پارامتر ششم نصار و هان $S_i^{(6)}$	درصد رتبه بالا Top	درصد رتبه متوسط Mid	درصد رتبه کم Low	مجموع رتبه R-Sum
G1	3139	38.85	34.40	4.97	27.27	45.45	27.27	18
G2	3106	23.49	20.70	3.87	18.18	45.45	36.36	15
G3	2927	40.42	24.29	3.78	18.18	36.36	45.45	34
G4	2743	35.96	10.32	1.96	9.09	0.00	90.91	33
G5	2900	23.00	14.31	2.97	0.00	36.36	63.64	21
G6	3057	64.36	49.30	6.25	36.36	18.18	45.45	31
G7	3083	26.07	18.62	3.81	27.27	45.45	27.27	11
G8	3054	41.27	27.90	4.33	18.18	54.55	27.27	16
G9	3049	56.25	47.00	6.57	45.45	9.09	45.45	31
G10	3161	31.67	36.28	5.27	36.36	45.45	18.18	16
G11	2937	22.29	14.62	2.86	9.09	36.36	54.55	24
G12	3178	25.69	26.87	5.64	45.45	45.45	9.09	8
G13	3132	32.45	36.02	6.29	63.64	0.00	36.36	17
G14	3009	24.60	19.79	3.98	18.18	54.55	27.27	19
G15	2981	34.82	22.91	3.32	18.18	27.27	54.55	31
G16	3207	57.76	55.30	7.46	45.45	36.36	18.18	21
G17	2993	49.42	30.00	4.67	18.18	45.45	36.36	32
G18	3206	17.96	22.62	5.18	54.55	36.36	9.09	15
G19	3262	39.47	39.38	6.09	54.55	27.27	18.18	15
G20	3190	24.82	40.77	6.99	45.45	45.45	9.09	12

جدول ٧- تجزیه واریانس مرکب روش امی برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم دوروم

Table 7. Combined analysis of variance of AMMI method for grain yield of durum wheat genotypes

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f.	مجموع مربعات Sum of squares	میانگین مربعات Mean of squares	F محاسبه‌شده Calculated F	احتمال معنی‌داری F_prob
مجموع Total	879	840595283	956309	*	*
تیمار Treatment	219	699841621	3195624	17.88	0.0000
ژنوتیپ Genotype	19	13665382	719231	4.02	0.0000
محیط Environment	10	620328578	62032858	71.3	0.0000
بلوک Replicate	33	28711364	870041	4.87	0.0000
اثر متقابل Interaction Effect	190	65847662	346567	1.94	0.0000
مؤلفه اصلی اول IPCA1	28	27188276	971010	5.43	0.0000
مؤلفه اصلی دوم IPCA2	26	14420779	554645	3.1	0.0000
مؤلفه اصلی سوم IPCA3	24	7754748	323115	1.81	0.0108
مؤلفه اصلی چهارم IPCA4	22	6305517	286614	1.6	0.0400
مؤلفه اصلی پنجم IPCA5	20	3351973	167599	0.94	0.5383
Residual باقیمانده	70	6826368	97520	0.55	0.9990
خطا Error	627	112042298	178696	*	*

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.2.7.6]
[DOI: 10.52547/pgr.7.2.3]

جدول ۸- مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول، دوم، سوم و چهارم برای ژنوتیپ‌های گندم دوروم

Table 8. The values of the first, second, third and fourth principal components for durum wheat genotypes

ژنوتیپ Genotype	میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Average of grain yield (kg.h^{-1})	مؤلفه اصلی اول IPCA1	مؤلفه اصلی دوم IPCA2	مؤلفه اصلی سوم IPCA3	مؤلفه اصلی چهارم IPCA4
G1	3139	7.804	-14.849	1.340	-3.408
G2	3106	1.256	-12.508	-2.925	3.580
G3	2927	-0.450	-4.851	8.168	23.882
G4	2743	1.712	15.010	3.574	11.553
G5	2900	7.127	3.557	11.652	-1.645
G6	3057	26.841	-4.013	7.130	-9.252
G7	3083	7.851	1.989	8.235	-5.764
G8	3054	-4.526	-1.420	5.117	2.219
G9	3049	-9.175	22.514	3.293	-6.814
G10	3161	15.147	-0.888	-3.958	2.315
G11	2937	-7.138	1.368	13.153	2.088
G12	3178	-5.588	-4.627	-3.114	-1.122
G13	3132	7.671	0.891	-16.579	8.760
G14	3009	-8.946	9.225	0.622	-3.232
G15	2981	-16.317	4.590	2.866	-9.673
G16	3207	-19.286	-16.247	3.255	1.560
G17	2993	-15.332	-0.911	-15.890	0.111
G18	3206	14.214	2.349	-9.038	-5.309
G19	3262	-7.517	-13.422	-3.884	-11.388
G20	3190	4.652	12.242	-13.015	1.539

جدول ۹- مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول، دوم و سوم برای محیط‌های مورد استفاده در پژوهش

Table 9. The values of the first, second and third principal components for the environments used in the research

نام محیط و سال اجرا Environment name and year run	شماره محیط Environment No.	عملکرد Yield	مؤلفه اول محیط IPCAe[1]	مؤلفه دوم محیط IPCAe[2]	مؤلفه سوم محیط IPCAe[3]
گچساران ۹۲-۹۱ Gachsaran 2012-13	E1	2026	-2.191	11.035	-6.110
خرم‌آباد ۹۲-۹۱ Khorramabad 2012-13	E2	2575	6.208	22.278	11.356
گنبد ۹۲-۹۱ Gonbad 2012-13	E3	4627	4.671	-17.305	-13.561
مغان ۹۲-۹۱ Moghan 2012-13	E4	2495	7.206	-26.380	23.241
گچساران ۹۳-۹۲ Gachsaran 2013-14	E5	2825	-10.689	-9.468	-5.795
خرم‌آباد ۹۳-۹۲ Khoramabad 2013-14	E6	4501	35.014	1.369	-6.605
گنبد ۹۳-۹۲ Gonbad 2013-14	E7	2743	1.712	0.705	-6.438
گچساران ۹۴-۹۳ Gachsaran 2014-15	E8	2937	-23.850	-4.720	-10.025
خرم‌آباد ۹۴-۹۳ Khorramabad 2014-15	E9	3099	7.802	8.762	6.320
گنبد ۹۴-۹۳ Gonbad 2014-15	E10	2110	-3.395	7.027	-6.534
مغان ۹۴-۹۳ Moghan 2014-15	E11	3784	-22.488	6.698	14.151

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-04-28]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.2.7.6]

[DOI: 10.52547/pgr.7.2.3]

[DOI: 10.52547/pgr.7.2.3] [DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.2.7.6] [Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-04-28]

جدول ۱۰- چهار ژنوتیپ انتخابی هر محیط توسط روش امی

Table 10. Four selected genotypes of each environment by AMMI method

محیط Environment	میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Average of grain yield (kg.h^{-1})	امتیاز Point	رتبه اول First rank	رتبه دوم Second rank	رتبه سوم Third rank	رتبه چهارم Fourth rank
گچساران ۹۲-۹۱ Gachsaran 2012-13	2026	-2.19	G20	G12	G13	G10
خرم‌آباد ۹۲-۹۱ Khorramabad 2012-13	2575	6.21	G9	G20	G18	G4
گنبد ۹۲-۹۱ Gonbad 2012-13	4627	4.67	G2	G13	G16	G1
مغان ۹۲-۹۱ Moghan 2012-13	2495	7.21	G1	G16	G6	G19
گچساران ۹۳-۹۲ Gachsaran 2013-14	2825	-10.69	G12	G16	G19	G17
خرم‌آباد ۹۳-۹۲ Khoramabad 2013-14	4501	35.0	G18	G6	G10	G20
گنبد ۹۳-۹۲ Gonbad 2013-14	2743	1.71	G13	G10	G12	G20
گچساران ۹۴-۹۳ Gachsaran 2014-15	2937	-23.8	G19	G16	G15	G17
خرم‌آباد ۹۴-۹۳ Khorramabad 2014-15	3099	7.8	G18	G6	G10	G20
گنبد ۹۴-۹۳ Gonbad 2014-15	2110	-3.39	G20	G13	G18	G9
مغان ۹۴-۹۳ Moghan 2014-15	3784	-22.4	G16	G9	G15	G11

در این پژوهش، از روش‌های پارامتری و ناپارامتری برای تعیین پایداری ژنوتیپ‌های استفاده شد. ژنوتیپ ۱۲ بر پایه روش‌های تک‌متغیره واریانس محیطی، ضریب تغییرات، آماره پلاستد و پترسون، آماره پلاستد، اکووالانس ریک، واریانس شوکلا، شاخص برتری و میزان میانگین مربعات، ژنوتیپ پایدار بود. ژنوتیپ‌های ۲۰ (بر پایه شش آماره تک‌متغیره) و ۱۸و ۷ (بر اساس پنج آماره تک‌متغیره) به‌عنوان ژنوتیپ پایدار شناسایی شدند. همچنین بر اساس روش‌های ناپارامتری $S_i^{(2)}$، $S_i^{(3)}$ و $S_i^{(6)}$ نیز ژنوتیپ‌های ۲، ۷ و ۱۸ پایدار بودند. بر اساس آماره‌های فوکس و همکاران ژنوتیپ‌های ۱۳، ۱۸، ۱۹ و ۲۰ و بر اساس رتبه گنگ، ژنوتیپ‌های ۱۲، ۷ و ۲۰، چهار ژنوتیپ برتر و پایدار بودند. همچنین ژنوتیپ‌های ۲، ۷، ۱۲، ۱۹ و ۲۰، پایدارترین ژنوتیپ‌ها بر پایه روش امی بودند. در مجموع ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ۷، ۹، ۱۲، ۱۳، ۱٤، ۱٦، ۱۸، ۱۹ و ۲۰ دارای میانگین عملکرد بالاتر از میانگین کل و یا شاهد دهدشت بودند و همچنین بر اساس دست‌کم یکی از روش‌ها، پایدار شناخته شدند. این ژنوتیپ‌ها در بیشتر محیط‌ها (ترکیبی از سال و مکان) دارای صفات مطلوب‌تری نیز نسبت به شاهد دهدشت بودند. بنابراین این ژنوتیپ‌ها می‌توانند کاندیدای معرفی ارقام جدید باشند. البته برتری با ژنوتیپ‌هایی همچون ۱۲، ۲۰، ۱۸ و ۷ است که با روش‌های بیشتری به‌عنوان پایدار گزینش شدند.

References

Aghaee-Sarbarzeh, M., Dastfal, M., Farzadi, H., Andarzian, A., Shahbazpour Shahbazi, A., Bahari, M., and Rostami, H. (2012). Evaluation of durum wheat genotypes for yield and yield stability in warm and dry areas of Iran. *Seed and Plant Journal*, **28-1(2):** 315-325 (In Persian).

Aghaee-Sarbarzeh, M., Safari, H., Rostaei, M., Nadermahmoodi, K., Pour Siahbidi, M.M., Hesami, A., Solaimani, K., Ahmadi, M.M. and Mohammadi, R. (2007). Study of general and specific adaptation in dryland advance wheat (*Triticum aestivum* L.) lines using GE biplot based on AMMI model. *Pajouhesh & Sazandegi*, **77:** 41-48 (In Persian).

Akcura, M., Kaya, Y., Taner, S., and Ayranici, R. (2006). Parametric stability analysis for grain yield of durum wheat. *Plant Soil Environment*, **52:** 254-261.

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

Esmailzadeh Moghaddam, M., Zakizadeh, M., Akbari Moghaddam, H., Abedini Esfahlani, M., Sayahfar, M., Nikzad, A.R., Tabib Ghafari S.M., and Lotfali Ayeneh, G.A. (2011). Genotype × environment interaction and stability of grain yield of bread wheat genotypes in dry and warm areas of Iran. *Seed and Plant Journal*, **27(2):** 257-273 (In Persian).

Finlay, K.W. and Wilkinson, G.N. (1963). The analysis of adaptation in plant-breeding programs. *Australian Journal of Agricultural Research*, **14:** 742-754.

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

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

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

Ghaedrahmati, M., Hossein Pour, T. and Ahmadi, A. (2017). Study of Grain Yield Stability of Durum Wheat Genotypes using AMMI. *Journal of Crop Breeding*, **9(23):** 67-75 (In Persian).

Gauch, H.G. and Zobel, R.W. (1996). AMMI Analysis of yield Trials. In: Kang, M.S. and GauchJr., H.G., Eds., *Genotype by Environment Interaction*, pp. 85-122. CRC Press, Boca Raton, New York, USA.

Gauch, H.G. and Zobel, R.W. (1997) Identifying mega-environments and targeting genotypes. *Crop Science*, **37:** 311-326.

Genstat. (2008). Genstat Release 11. VSN International Ltd, Waterhouse, Waterhouse Street, Hemel Hempstead, Hertfordshire HP1 1ES, UK.

Haji Mohammad Ali Jahromi, M., Khodarahmi, M., Mohammadi, A.R. and Mohammadi, A. (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 Persian).

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

Huhn, M. (1990). Nonparametric measures of phenotypic stability: II. Applications. *Euphytica*, **47:** 195-201.

Huhn, M. and Leon, J. (1995). Nonparametric analysis of cultivar performance trials: experimental results and comparison of different procedures based on ranks. *Agronomy Journal*, **87:** 627-632.

Kang, M.S. (1988) A rank-sum method for selecting high yielding stable corn genotypes. *Cereal Research Communications*, **16:** 113-115.

Karimizadeh, R., Mohammadi, M., Sheikh Mamo, V., Bavi, T. Hosseinpour, H., Khanzadeh, H., Ghojogh, H. and Armion, M. (2011). Application of multi-variate methods in determining grain yield stability of durum wheat genotypes in semi-warm dry land areas of Iran. *Modern Genetics*, **6(25-2):** 33-48 (In Persian).

Karimizadeh, R., Mohammadi, M., and Shefazadeh. M.K. (2012b). A review on parametric stability analysis methods: Set up by MATLAB program. *International Journal of Agricutural Research, Reviews*, **2(4):** 433-442.

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

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

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

Lin, C.S. and Binns, M.R. (1988). A method of analyzing cultivar× location× year experiments: A new stability parameter. *Theoretical and Applied Genetics*, **75:** 425-430.

Lu, H.Y. (1995). PC-SAS program for estimation Huhn nonparametric stability statistics. *Agronomy Journal*, **87:** 888-891.

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.2.7.6]
[DOI: 10.52547/pgr.7.2.3]

Mohammadi, M.R., Karimizadeh, T., Hosseinpour, H., Ghojogh, Shahbazi, K. and Sharifi, P. (2017). Use of pparametric and non-pparametric methods for genotype × environment interaction analysis in bread wheat genotypes. *Journal of Plant Genetic Researches*, **4(2):** 75-88 (In Persian).

Mohammadi, R., Armion, M., Zadhassan, E. and Eskandari, M. (2014). Analysis of genotype × environment interaction for grain yield in rainfed durum wheat. *Iranian Journal of Dryland Agriculture,* **1:** 1-15 (In Persian).

Mohammadi, R., Abdullahi, A., Haghparast, R., Aghaee, M. and Rostaii, M. (2007). Nonparametric methods for evaluating of winter wheat genotypes in multi-environment trials. *World Journal of Agricultural Sciences*, **3(2):** 137-242.

Mohammadi, R., Aghaee, M., Haghparast, R., Pourdad, S.S., Rostaii, M., Ansari. Y., Abdullahi, A. and Amri, A. (2009). Association among non-parametric measures of phenotypic stability in four annual crops. *Middle Eastern and Russian Journal of Plant Science and Biotechnology*, **3(1):** 20-24.

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

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

Najafi Mirak, T., Dastfal, M., Andarzian, B., Farzadi, H., Bahari, M. and Zali, H. (2018a). Assessment of non-parametric methods in selection of stable genotypes of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum). *Iranian Journal of Crop Sciences,* **19(2)**: 126-138 (In Persian).

Najafi Mirak, T., Dastfal, M., Andarzian, B., Farzadi, H., Bahari, M. and Zali, H. (2018b). Stability analysis of grain yield of durum wheat promising lines in warm and dry areas using parametric and non-parametric methods. *Journal of Crop Production and Processing,* **8(2):** 79-96.

Najafian, G., Kaffashi, A.K. and Jafar-Nezhad, A. (2010). Analysis of grain yield stability in hexaploid wheat genotypes grown in temperate regions of Iran using additive main effects and multiplicative interaction. *Journal of Agricultural Science and Technology,* **12:** 213-222.

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

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

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

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

Radmehr, A. (1990). *Methods of Wheat Breeding in CIMMYT*. Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, IR (In Persian).

Roemer, J. (1917). Sinde die ertagdreichen Sorten ertagissicherer? *DLG-Mitteilungen*, **32:** 87-89.

Sabaghnia, N., Karimizadeh, R. and Mohammadi, M. (2012). Genotype by environment interaction and stability analysis for grain yield of Lentil genotypes. *Zemdirbyste-Agriculture*, **3:** 305-312.

Sadeghzadeh, B., Mohammadi, R., Ahmadi, H., Abediasl, G.R., Ahmadi, M.M., Mohammadfam, M., Bahrami, N., Khaledian, M.S. and Naserian, A.A. (2018). GGE biplot and AMMI application in the study of adaptability and grain yield stability of durum lines under dryland conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, **11(2):** 241-260.

Sharifi, P., Aminpanah, H., Erfani, R., Mohaddesi, A. and Abbasian, A. (2017). Evaluation of Genotype × Environment Interaction in Rice Based on AMMI model in Iran. *Rice Science*, **24(3):** 173-180.

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

Tai, G.C.C. (1971). Genotypic stability analysis and application to potato regional trials. *Crop Science*, **11:** 184-190.

Tarinejad, A. (2017). Grain yield stability of some bread wheat cultivars introduced in moderate and cold area of Iran. *Journal of Eco-physiology*, **11(2):** 437-452 (In Persian).

Temesgen, T., Keneni, G., Sefera, T., and Jarso, M. (2015). Yield stability and relationships among stability parameters in Faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. *The Crop Journal*, **3:** 258-268.

Thennarasu, K. (1995). On certain nonparametric procedures for studying genotype environment interactions and yield stability. PhD. Thesis, PJ School IARI, New Delhi, India.

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.2.7.6]
[DOI: 10.52547/pgr.7.2.3]

Trethowan, R., and Reynolds, M. (2007). Drought resistance: genetic approaches for improving productivity under stress, In: Trethowan R.M. and Reynolds, M., Eds., *Wheat Production in Stressed Environments*, pp. 289-299. Springer Pub., NL.

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

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

Yan, W., Kang, M.S., Ma, B., Wood, S. and Cornelious, P.L. (2007). GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype by environment data. *Crop Science*, **47:** 643-655.

Zarei Soltankohi, M. and Farshadfar, M. (2016). Evaluation of genotype × environment interaction in landraces of common wheat using non-parametric stability indicators. *Biological Forum–An International Journal*, **7(1):** 945-950.

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-04-28]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.2.7.6]

[DOI: 10.52547/pgr.7.2.3]

Plant Genetic Researches, Vol. 7, No. 2

Evaluation of Genotype × Environment Interaction and Determining Grain Yield Stability of Durum Wheat Genotypes in Uniform Regional Yield Trials in Semi-Warm Rainfed Areas

Rahmatollah Karimizadeh[1,*], Tahmasb Hosseinpour[2], Jabar Alt Jafarby[3], Kamal Shahbazi Homonlo[4] and Mohammad Armion[5]

1- Assistant Professor, Dryland Agricultural Research Institute, Kohgiloyeh and Boyerahmad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gachsaran, Iran
2- Assistant Professor, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Khorramabad, Iran
3- Assistant Professor, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gonbad, Iran
4- Assistant Professor, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Moghan, Iran
5- Assistant Professor, Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ilam, Iran

(Received: June 1, 2020 – Accepted: February 2, 2021)

Abstract
There are different methods for study the genotype × environment interactions and determining stable genotypes such as parametric, non-parametric and multivariate methods. In this research, 19 selective genotypes from advanced trials of durum wheat at 2011-2012 agronomic year, have been cultivated with Dehdasht check cultivar for three growing years (2012-2015) in five locations (including Gachsaran, Gonbad, Khorramabad, Moghan and Ilam) in a randomized complete block design with four replications in each location. Combined analysis of variance indicated significant effects of genotype, environment and interactions of genotype × environment. In parametric uni-variate methods, genotypes 7, 12, 18 and 20 were determined as stable genotypes. In non-parametric uni-variate methods, genotypes 2, 7, 12, 13, 18, 19 and 20 had the lowest genotype × environment interaction and they were determined as stable genotypes. In AMMI method, genotypes 2, 7, 12, 19 and 20 had the lowest rank in different environments and highest grain yield, and these genotypes seems more stable genotypes. It can be concluded that genotypes 7, 12, 18 and 20 could be considered as promising genotypes and candidate for introducing new durum cultivar.

Keywords: Yield stability, AMMI method, Genotype, Durum wheat, Nonparametric

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-04-28]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1399.7.2.7.6]

[DOI: 10.52547/pgr.7.2.3]

* Corresponding Author, E-mail: r.karimizadeh@areeo.ac.ir