



"مقاله پژوهشی"

بررسی پایداری عملکرد دانه گندم دوروم در مناطق گرم ایران تحت شرایط نرمال و تنش خشکی

توحید نجفی میرک^۱، منوچهر دستفال^۲، حسین فرزادی^۳، منوچهر سیاح فر^۴ و بهرام اندرزیان^۵

- ۱- دانشیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، (نویسنده مسؤول: tnmirak@yahoo.com)
- ۲- مربی پژوهشی، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، داراب، ایران
- ۳- مربی پژوهشی، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی دزفول، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران
- ۴- محقق، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم آباد، ایران
- ۵- دانشیار بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۹/۲/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۳/۲۱

صفحه: ۸۰ تا ۹۰

چکیده

با توجه به محدودیت آب کشاورزی در اغلب مناطق ایران به ویژه مناطق گرم کشور، شناسایی و معرفی ژنوتیپ‌هایی که در هر دو شرایط نرمال و تنش خشکی پتانسیل عملکرد و پایداری عملکرد بالایی داشته باشند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به منظور بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بر روی عملکرد دانه گندم دوروم در دو شرایط نرمال و تنش خشکی و دستیابی به ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پایدار در هر دو شرایط، تعداد ۱۹ لاین و رقم گندم دوروم به همراه یک رقم گندم نان (مهرگان) به عنوان شاهد در دو ایستگاه تحقیقاتی اهواز و داراب با اعمال تنش خشکی و در دو ایستگاه تحقیقاتی دزفول و خرم‌آباد بدون اعمال تنش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و به مدت دو سال زراعی (۹۸-۹۷ و ۹۷-۹۶) کشت گردید. پس از برداشت، تجزیه واریانس مرکب و تجزیه پایداری به روش غیرپارامتری رتبه و انحراف معیار رتبه و روش چندمتغیره امی بر روی داده‌های عملکرد دانه انجام شد. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره D-96-4 و D-96-6 با خرم‌آباد، D-96-5، D-96-9، D-96-18 و اهواز و ژنوتیپ شماره D-96-16 در کنار گندم نان مهرگان (D-96-3) با داراب و دزفول سازگاری خصوص خوبی دارند. براساس میانگین عملکرد دانه و آماره پایداری ASV در مدل AMMI ژنوتیپ‌های شماره D-96-11، D-96-17، D-96-18 و D-96-20 و براساس رتبه و انحراف معیار رتبه، ژنوتیپ‌های D-96-13 و D-96-18 به عنوان ژنوتیپ‌هایی با عملکرد و پایداری عملکرد بالا انتخاب شدند. در نهایت ژنوتیپ شماره D-96-18 که براساس هر دو روش از عملکرد و پایداری عملکرد بیشتری برخوردار بودند، به عنوان ژنوتیپ برتر برای کشت در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی آخر سال انتخاب شد.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، دوروم، تجزیه امی، تنش خشکی، پایداری و سازگاری

مقدمه

گندم دوروم (*Triticum turgidum* L. var durum) گیاهی است که عمدتاً در صنایع تولید ماکارونی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اهمیت این نوع گندم بواسطه داشتن خصوصیتی است که آن را مناسب تهیه انواع ماکارونی و اسپاگتی می‌نماید (۱). از مهمترین این ویژگی‌ها می‌توان به سختی و رنگ زرد دانه، درصد پروتئین و کیفیت پخت بالای آن اشاره کرد (۱۷). براساس گزارش کمیسیون جهانی غله، تولید گندم دوروم در دنیا در سال ۱۷-۲۰۱۶ میلادی برابر ۳۹/۹ میلیون تن بوده که از حدود ۱۳ میلیون هکتار برداشت شده است. مهمترین مناطق تولید آن کشورهای منطقه مدیترانه، جنوب اروپا، شمال آفریقا، آمریکای شمالی و هندوستان می‌باشد (۷). امروزه گندم دوروم در دنیا جایگاه اساسی خود را در صنعت تولید ماکارونی پیدا کرده و به صورت اختصاصی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. این گونه گندم به دلیل داشتن گلوتن زیاد و خمیر غیرچسبناک برای فرآوری پست گندم ایده‌آل می‌باشد (۱).

نظر به اهمیتی که گندم دوروم در صنعت و تغذیه دارد، انجام تحقیقات در زمینه تولید و اصلاح ارقام جدید و پرمحصول ضروری است. مصرف سرانه نان با افزایش تولید و مصرف فرآورده‌های مختلف صنایع ماکارونی کاهش نشان می‌دهد. علاوه بر این، اختلاف قیمت گندم دوروم در بازارهای جهانی نسبت به گندم نان (۶)، برخی از کشورها را بر آن داشته تا سطح زیر کشت و تولید این محصول را افزایش داده و به صادرات آن مبادرت ورزند و گندم نان مورد نیاز خود را در صورت نیاز از طریق واردات تامین کرده و با این کار مبالغ هنگفتی ارز استحصال نمایند. بر اساس گزارش دفتر گندم وزارت جهاد کشاورزی سطح زیر کشت گندم دوروم در سال ۱۳۹۷ حدود ۱۴۷ هزار هکتار بود که با توجه به شروع طرح پیش خرید گندم دوروم توسط کارخانجات ماکارونی کشور انتظار می‌رود در سال‌های آتی سطح زیر کشت این محصول افزایش یابد (۴).

یکی از عوامل موثر بر سرعت اصلاح و معرفی ارقام در مناطق مختلف کاهش اثر متقابل ژنوتیپ × محیط با انتخاب

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بر روی عملکرد دانه گندم دوروم در دو شرایط نرمال و تنش خشکی و دستیابی به لاین‌هایی با عملکرد پایدار در هر دو شرایط، تعداد ۱۹ لاین و رقم گندم دوروم به همراه یک رقم گندم نان (مهرگان) به عنوان شاهد در چهار ایستگاه تحقیقاتی اهواز، داراب، دزفول و خرم‌آباد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و به مدت دو سال زراعی (۹۸-۱۳۹۷ و ۹۷-۱۳۹۶) کشت گردید (جدول ۱). آزمایش در دو ایستگاه تحقیقاتی دزفول و خرم‌آباد در شرایط آبیاری نرمال و در اهواز و داراب در شرایط تنش خشکی با قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد اجرا شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم بعد از برداشت محصول قبل، یک نوبت شخم بهاره، یک نوبت دیسک، دو بار لول عمود بر هم، کودپاشی و ایجاد فارو بود. بذور آزمایشی قبل از کاشت به منظور جلوگیری از سیاهک پنهان با قارچ‌کش کاربوکسین تیرام به نسبت دو در هزار ضدعفونی گردید. ارقام و لاین‌های مورد بررسی در اواخر آذر در شش خط به طول شش متر (۷/۲ مترمربع) به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از هم‌دیگر کشت و به صورت نشتی آبیاری شدند. در آزمایش تنش خشکی، از زمانی که اولین ژنوتیپ به مرحله گل‌دهی رسید، آبیاری قطع گردید. در هر دو سال اجرای آزمایش در هر دو مکان در مدت زمان قطع آبیاری بارندگی اتفاق نیافتاد. میزان بذر مصرفی ۴۵۰ دانه در متر مربع و با در نظر گرفتن وزن هزاردانه برای هر لاین تعیین گردید. در طول فصل زراعی، مبارزه با علف‌های هرز پهن‌برگ و نازک‌برگ به صورت مکانیکی و همچنین با استفاده از علف‌کش در مرحله پنجه‌زنی تا ساقه‌رفتن انجام شد. در طول دوره رشد علاوه بر مراقبت‌های زراعی، یادداشت‌برداری از کرت‌های آزمایشی شامل صفات تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته به عمل آمد. قبل از برداشت به منظور حذف اثر حاشیه‌ای، نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت حذف و بقیه به مساحت ۶ مترمربع برداشت شد. پس از برداشت وزن هزاردانه و وزن کل دانه هر کرت اندازه‌گیری و عملکرد دانه در هکتار برای لاین‌ها و ارقام محاسبه گردید. پس از حصول داده‌ها تجزیه واریانس ساده و مرکب با در نظر گرفتن مکان و ژنوتیپ به عنوان فاکتور ثابت (FT و FL) و سال به عنوان فاکتور تصادفی (RY) برای عملکرد دانه انجام گرفت. با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، تجزیه پایداری به روش‌های غیرپارامتری رتبه و انحراف معیار رتبه (۱۵) و چندمتغیره AMMI (۱۱) انجام گردید و در نهایت ژنوتیپ‌های سازگار با شرایط نرمال و تنش خشکی آخر فصل مناطق گرم کشور و همچنین لاین‌هایی که دارای بالاترین و پایدارترین عملکرد دانه در هر دو شرایط بودند، انتخاب شدند. در این تحقیق برای تجزیه واریانس و تجزیه‌های پایداری از نرم‌افزارهای ADEL-R و SAS و برای رسم نمودارها و محاسبه آماره پایداری ASV برای هر ژنوتیپ با فرمول زیر (۱۱) از نرم‌افزار Excel استفاده گردید:

ارقامی با عملکرد پایدار می‌باشد. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط باعث می‌شود که عملکرد ارقام تحت تاثیر محیط قرار گرفته و ارزش واقعی هر ژنوتیپ را نتوان به درستی برآورد نمود، به عبارت دیگر باعث کاهش همبستگی ارزش ژنوتیپی و فنوتیپی می‌گردد و در نتیجه ژنوتیپ‌های موفق در یک محیط ممکن است در محیط دیگر تظاهر ضعیفی داشته باشند (۵). بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، اطلاعات با ارزشی در رابطه با عملکرد ارقام در محیط‌های مختلف به به‌نژادگران ارائه داده و نقش مهمی در ارزیابی پایداری عملکرد مواد اصلاحی ایفا می‌کند (۱۶).

برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط از روش‌های آماری پارامتری و ناپارامتری متعددی استفاده می‌شود. امیری (۳) در یک بررسی برای انتخاب رقم پرمحصول و پایدار گندم دوروم از تجزیه پایداری به روش‌های رگرسیون ابرهات و راسل (۹) روش فینلی و ویلکینسون (۱۱) واریانس پایداری شوکلا (۲۶) استفاده نمود و از بین آنها، روش واریانس درون مکانی لین و بینز (۱۸) را به عنوان روش مناسب برای انتخاب ارقام پایدار معرفی نمود. تنارازو (۲۹) چهار روش ناپارامتری $NPI(1)$, $NPI(2)$, $NPI(3)$ و $NPI(4)$ را بر مبنای رتبه‌های تصحیح‌شده پیشنهاد کرد. کاربرد این آماره‌ها در گزینش ارقام مناسب برای گندم دوروم (۱۴ و ۲۰) و گندم نان (۳۱) مورد استفاده قرار گرفته است. در تحقیق مقدم و پورداد (۱۹) استفاده از روش‌های ناپارامتری هیون (۱۳) و تنارازو (۲۹) منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پایین شدند. در حالی که ضریب رگرسیون فینلی و ویلکینسون (۱۰) و شاخص برتری لین و بینز (۱۸) روش‌های مناسبی برای گزینش هم‌زمان عملکرد و پایداری تشخیص داده شد.

از مهم‌ترین روش‌های چندمتغیره تجزیه پایداری، مدل اثر اصلی جمع‌پذیر و اثر متقابل ضرب‌پذیر AMMI Additive main effect and multiplicative interaction (Genotype + Genotype × Environment) GGE و n هستند (۱۳، ۳۰). اسماعیل‌زاده و همکاران (۹) از بین روش‌های مختلفی که برای ارزیابی پایداری ارقام گندم دوروم استفاده نمودند، روش AMMI و SHMM را مناسب‌تر از بقیه معرفی کردند. نجفیان و همکاران (۲۲)، تارینژاد (۲۷)، نجفی میرک و همکاران (۲۱) و تمسجن و همکاران (۲۸) با استفاده از روش AMMI ژنوتیپ‌های پایدار گندم نان و دوروم را تعیین و اظهار داشته‌اند که روش فوق‌الذکر می‌تواند در تعیین ژنوتیپ‌های حائز سازگاری عمومی و خصوصی برای مکان‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به اینکه تولید ارقام اصلاح‌شده و سازگار با ظرفیت عملکرد بالا برای هر محیط از نظر اقتصادی هزینه سنگین و صرف وقت زیادی را می‌طلبد، در برنامه‌های اصلاحی معمولاً ژنوتیپ‌هایی انتخاب می‌شوند که دارای سازگاری عمومی بالایی بوده و برای چند منطقه قابل باشند (۲). این بررسی نیز با هدف دستیابی به ژنوتیپ‌های گندم دوروم پرمحصول و دارای پایداری عملکرد در شرایط نرمال و تنش خشکی آخر فصل جهت کشت در مناطق گرم کشور انجام شد.

در این فرمول IPC_1 و IPC_2 مولفه‌های اول و دوم و SS_{PC2} و SS_{PC1} مجموع مربعات مولفه‌های اول و دوم می باشد.

$$ASV = \sqrt{\left(\left(\frac{SS_{PC1}}{SS_{PC2}} \right) * IPC_1 \right)^2 + IPC_2^2}$$

جدول ۱- لیست و شجره ارقام و لاین‌های گندم دوروم مورد بررسی

Table 1. list/ pedigree of cultivar and promising lines of durum wheat

شماره ژنوتیپ	شجره لاین‌ها
D-96-1	Hana
D-96-2	shabrang
D-96-3	Bread Wheat(Mehregan)
D-96-4	SOOTY_9/RASCON_37//STORLOM/5/SOMAT_4/SILVER_1/3/FOCHA_1/ALAS//4*FOCHA_1/4/SOMAT_3/PHAX_1//TILO_1/L OTUS_4
D-96-5	SOOTY_9/RASCON_37//STORLOM/5/TOSKA_26/RASCON_37//SNITAN/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1/6/RISS A/GAN//POHO_1/3/PLATA_3//CREX/ALLA*2/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1
D-96-6	SOOTY_9/RASCON_37//LLARETAINIA/10/ALTAR84/CMH82A.1062//ALTAR84/3/YAZI_10/4/SNITAN/9/USDA595/3/D67.3/RA BI//CRA/4/ALO/5/
D-96-7	HUI/YAV_1/6/ARDENTE/7/HUI/YAV79/8/POD_9/11/SILK_3/DIPPER_6/3/ACO89/DUKEM_4/5*ACO89/4/PLATA_7/ILBOR_1// SOMAT_3
D-96-8	EXELDUR/8/GEDIZ/FGO//GTA/3/SRN_1/4/TOTUS/5/ENTE/MEXI_2//HUI/4/YAV_1/3/LD357E/2*TC60//JO69/6/SOMBRA_20/7/J UPAREC 2001/9/SOMAT_3/PHAX_1//TILO_1/LOTUS_4/3/RASCON_22/RASCON_21//MOJO_2
D-96-9	ALTAR84/860137//YAZI_1/4/LIS_8/FILLO_6/3/FUUT//HORA/JOR/8/GEDIZ/FGO//GTA/3/SRN_1/4/TOTUS/5/ENTE/MEXI_2//H UI/4/YAV_1/3/ LD357E/
D-96-10	2*TC60//JO69/6/SOMBRA_20/7/JUPAREC2001/9/SOMAT_4/INTER_8/6/CHEN_1/TEZ/3/GUIL//CIT71/CII/4/SORA/PLATA_12/5/ STOT//ALTAR 84/A
D-96-11	WID22202/4/SORA/2*PLATA_12//SOMAT_3/3/AJAIA_12/F3LOCAL(SELETHIO.135.85)//PLATA_13/5/CF4-JS 21//TECA96/TILO_1
D-96-12	SOOTY_9/RASCON_37//CAMAYO/5/RASCON_33/TISOMA_2/3/CANELO_8//SORA/2*PLATA_12/4/SOMAT_4/INTER_8/6/GU AYACAN INIA/KUCUK/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1
D-96-13	HD4530/3/SOOTY_9/RASCON_37//SOMAT_3.1/5/LYMN0_8/3/RASCON_37/TARRO_2//RASCON_37/4/JUPARE C 2001 1A.1D5+1-06/3*MOJO//RCOL/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1/5/CF4- JS40//SOOTY_9/RASCON_37/4/CNDO/PRIMADUR//HAI-OU_17/3/ SNITAN/9/CBC509CHILE/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3/ALTAR 84/4/AJAIA_2/5/KJOVE_1/7/AJAIA_12/F3LOCAL(SELETHIO.135.85)//PLATA_13/8/S SOOTY_9/RASCON_37//STORLOM/8/RISSA/GAN//POHO_1/3/PLATA_3//CREX/ALLA*2/7/EUDO//CHEN_1/TEZ/3/TANTLO_1 /5/CHEN/ALTAR
D-96-14	84/3/HUI/POC//BUB/RUFO/4/FNFOOT/6/MOJO/KITTI/11/SOOTY_9/RASCON_37//WODUCK/CHAM_3/10/PLATA_10/6/MQUE/ 4/USDA573//QFN/AA_7/3/ALBA-D/5/AVO/HU
D-96-15	ISLOM_1/DUKEM_2//TARRO_3/5/CREX//BOY/YAV_1/3/PLATA_6/4/PORRON_11/6/YAZI_1/AKAKI_4//SOMAT_3/3/AUK/GU IL//GREEN/7/DUKEM_1//PATKA_7/YAZI_1/3/PATKA_7/YAZI_1/8/CBC 514
D-96-16	CHILE/SOMAT_4/3/AJAIA_12/F3LOCAL(SELETHIO.135.85)//PLATA_13/6/CHEN/ALTAR 84/3/HUI/POC// BCRIS/BICUM//LLARETAINIA/3/DUKEM_12/2*RASCON_21/5/RISSA/GAN//POHO_1/3/PLATA_3//CREX/ALLA*2/4/ARMEN T//SRN_3/NIGRIS_4/3/ CANELO_9.1
D-96-17	STORLOM/3/RASCON_37/TARRO_2//RASCON_37/4/D00003A/5/1A.1D5+1- 06/3*MOJO/3/AJAIA_12/F3LOCAL(SELETHIO.135.85)//PLATA_13/6/ SOOTY_9/ RASCON_37//WODUCK/CHAM_3/3/SOMAT_3/PHAX_1//TILO_1/LOTUS_4
D-96-18	CBC509CHILE/YEBAS_8//DUKEM_12/2*RASCON_21/11/CANELO_9.1/SNITAN/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
D-96-19	MUSK_1//ACO89/FNFOOT_2/3/PATA_2/ARAM_9/10/PLATA_10/6/MQUE/4/USDA573//QFN/AA_7/3/...
D-96-20	P91.272.3.1/3*MEXI75//2*JUPAREC2001/5/ARTICO/AJAIA-3//HUALITA/3/FULVOUS-1/...
D-96-21	AMRIA/10/TARRO_1/2*YUAN_1//AJAIA_13/YAZI/9/USDA595/3/D67.3/RABI//CRA/4/ALO/5/HUI/...

نتایج و بحث

ژنوتیپ‌های گندم دوروم در این ایستگاه‌ها داشت (جدول ۲). از نظر عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی آخر فصل اختلاف بین ژنوتیپ‌ها در همه ایستگاه‌ها معنی‌دار بود. اثر متقابل ژنوتیپ در سال در شرایط خشکی غیرمعنی‌دار و در شرایط نرمال در خرم‌آباد در سطح ۵٪ معنی‌دار بود.

نتایج تجزیه واریانس مرکب دوساله برای عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال در ایستگاه تحقیقاتی دزفول و خرم‌آباد و شرایط تنش خشکی آخر فصل در ایستگاه‌های اهواز و داراب نشان داد که اثر سال در هر دو شرایط و همه ایستگاه‌ها به‌جز دزفول معنی‌دار شد و این نشان داد که شرایط آب و هوایی سال‌های اجرای آزمایش اثرات متفاوتی روی عملکرد دانه

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه طی دو سال زراعی به تفکیک ایستگاه‌ها

Table 2. Combined analysis of variance for grain yield in two cropping seasons for four locations

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		دزفول	خرم آباد	اهواز	داراب
سال	۱	۰/۲۵۶ ^{ns}	۵۰/۶۴۸ ^{**}	۴۷/۴۹۷ ^{**}	۱۸/۵۱۶ ^{**}
بلوک (در سال)	۴	۱/۱۰۷	۳/۱۵۰	۴/۲۷۸	۰/۷۹۶
ژنوتیپ	۱۹	۱/۲۶۳ [*]	۱/۳۹۸ [*]	۱/۸۸۰ ^{**}	۱/۴۰۶ [*]
ژنوتیپ در سال	۱۹	۰/۸۱۸ ^{ns}	۱/۳۸۶ [*]	۰/۹۳۷ ^{ns}	۰/۵۴۰ ^{ns}
اشتباه آزمایشی	۷۶	۰/۷۱۰	۰/۶۶۱	۰/۸۳۹	۰/۷۹۰
ضریب تغییرات	-	۱۹/۴	۱۰/۸	۲۱/۸	۱۳/۹

ns, *, ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

D-96-4, D-96-5, D-96-6 و D-96-18 به طور معنی داری بیشتر از شاهد آزمایش بود. در شرایط تنش خشکی آخر فصل در ایستگاه تحقیقاتی اهواز اغلب ژنوتیپ‌ها به جز ژنوتیپ‌های شماره D-96-5, D-96-9 و D-96-18 عملکرد کمتری نسبت به شاهد نشان دادند. در داراب نیز همه ژنوتیپ‌ها کمتر از شاهد عملکرد داشتند.

میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی در ایستگاه‌های تحقیقاتی در جدول ۳ نشان داد که در شرایط آبیاری نرمال در دزفول همه ژنوتیپ‌ها دارای عملکرد دانه کمتر از شاهد یعنی گندم نان مهرگان بودند ولی در خرم‌آباد برعکس دزفول، همه ژنوتیپ‌ها به جز دو ژنوتیپ شماره D-96-9 و D-96-12 برتر از شاهد بودند. در این ایستگاه عملکرد ژنوتیپ‌های شماره D-96-1, D-96-2,

جدول ۳- میانگین عملکرد، رتبه و انحراف معیار رتبه ژنوتیپ‌های گندم دوروم
Table3. Mean yield, Rank and Standard deviation of Rank of durum wheat genotypes

شماره ژنوتیپ	میانگین عملکرد (تن در هکتار)				میانگین رتبه	انحراف معیار رتبه
	اهواز	داراب	دزفول	خرم آباد		
D-96-1	۳/۹۲۷	۵/۵۰۲	۴/۵۳۹	۸/۰۵۰	۵/۵۰۴	۶/۹۸
D-96-2	۳/۷۶۴	۶/۰۶۵	۴/۱۹۰	۷/۹۹۷	۵/۵۰۴	۴/۷۴
D-96-3	۴/۶۳۵	۷/۴۵۶	۵/۶۱۲	۶/۹۷۴	۶/۱۶۹	۶/۹۸
D-96-4	۴/۶۲۳	۶/۲۸۳	۳/۹۰۰	۸/۵۷۵	۵/۸۴۵	۶/۳۸
D-96-5	۵/۰۹۰	۵/۸۶۸	۴/۴۳۹	۷/۸۳۹	۵/۸۰۹	۵/۲۶
D-96-6	۳/۱۱۱	۶/۳۳۰	۳/۹۹۴	۸/۰۱۷	۵/۳۶۳	۶/۵
D-96-7	۴/۴۵۷	۶/۲۶۶	۴/۱۴۰	۷/۲۶۰	۵/۵۳۱	۱/۸
D-96-8	۳/۴۴۰	۶/۰۰۸	۴/۰۹۱	۷/۰۹۵	۵/۱۵۸	۲/۵
D-96-9	۴/۶۸۸	۶/۵۸۷	۴/۴۴۵	۶/۸۰۳	۵/۶۳۱	۶/۵۳
D-96-10	۳/۷۰۰	۵/۶۵۱	۳/۲۷۸	۷/۱۶۰	۴/۹۴۷	۳/۲۷
D-96-11	۴/۰۲۳	۶/۳۴۸	۴/۵۹۵	۷/۷۰۷	۵/۶۶۵	۲/۸۶
D-96-12	۳/۴۹۱	۶/۴۳۴	۳/۷۳۷	۶/۹۰۰	۵/۱۴۱	۵/۵
D-96-13	۴/۷۸۴	۶/۸۱۴	۴/۷۶۳	۷/۲۸۵	۵/۹۱۱	۳/۴۶
D-96-14	۴/۱۱۷	۶/۱۷۴	۴/۸۱۲	۷/۲۳۶	۵/۵۸۵	۴/۲۱
D-96-15	۴/۰۲۶	۶/۴۰۳	۴/۰۲۰	۷/۵۸۱	۵/۵۰۷	۴/۰۳
D-96-16	۳/۵۳	۶/۳۷۳	۴/۶۰۴	۷/۰۸۲	۵/۳۹۸	۶/۲۶
D-96-17	۴/۳۳۴	۶/۵۶۲	۴/۵۳۰	۷/۸۲۸	۵/۸۱۳	۲/۴۹
D-96-18	۴/۹۶۵	۶/۵۱۹	۴/۳۵۷	۷/۸۳۲	۵/۹۱۸	۳/۵
D-96-19	۴/۶۰۰	۶/۹۷۷	۴/۲۹۰	۷/۱۰۷	۵/۷۴۴	۵/۳۱
D-96-20	۴/۵۰۸	۶/۸۷۲	۴/۵۲۲	۷/۵۲۳	۵/۸۵۶	۳/۴۲
Lsd(5%)	۱/۰۵۳	۰/۹۸۶	۰/۹۳۱	۰/۸۵۶	-	-

آب و هوایی سال‌ها و مکان‌های اجرای آزمایش و تاثیر متفاوت آنها بر روی عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم دوروم می‌باشد (جدول ۴). اثر ژنوتیپ‌ها نیز بر روی عملکرد دانه معنی دار بود ولی با توجه به معنی دار شدن اثر متقابل دوگانه مکان در سال و اثر متقابل سه‌گانه سال در مکان در ژنوتیپ،

پس از تأیید یکنواختی واریانس درون محیطی مکان‌های اجرای آزمایش با استفاده از روش بارتلت، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها طی دو سال زراعی و چهار مکان انجام گرفت. نتایج نشان داد که اختلاف معنی داری بین سال‌ها و مکان‌های مختلف وجود داشت که نشان‌دهنده اختلاف شرایط

D-96-13 و D-96-18 با داشتن کمترین رتبه و ژنوتیپ‌های D-96-7, D-96-8, D-96-10, D-96-11, D-96-13, D-96-17, D-96-18 و D-96-20 با دارابودن کمترین انحراف معیار رتبه به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (جدول ۳). تارینژاد (۲۷) نیز با استفاده از این آماره‌های غیرپارامتری رتبه و انحراف معیار رتبه در کنار برخی از روش‌های پارامتری، ارقام گندم نان دارای پایداری عملکرد را شناسایی و معرفی کرده است.

مقایسه میانگین عملکردها به تنهایی نمی‌توانست منجر به انتخاب ژنوتیپ یا ژنوتیپ‌های برتر گردد، به‌همین دلیل برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی که در کنار پتانسیل عملکرد بالا از پایداری عملکرد بالایی در دو شرایط متفاوت نرمال و تنش خشکی برخوردار باشند، تجزیه پایداری با استفاده از روش غیرپارامتری رتبه (Ranking) و انحراف معیار رتبه و روش چندمتغیره مدل AMMI انجام گردید. براساس روش غیرپارامتری رتبه و انحراف معیار رتبه که بیانگر تغییرات ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌باشد، ژنوتیپ‌های شماره

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم دوروم طی دو سال چهار منطقه
Table 4. Combined analysis of variance for grain yield in two years and four locations

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
سال	۱	۶/۳۵۷**
مکان	۳	۳۰۹/۹۰۶**
سال×مکان	۳	۳۶/۸۵۷**
تکرار در سال و مکان	۱۶	۲/۳۳۳
ژنوتیپ	۱۹	۲/۱۷۸**
سال×ژنوتیپ	۱۹	۱/۰۰۷ ^{ns}
مکان×ژنوتیپ	۵۷	۱/۲۱۵**
سال×مکان×ژنوتیپ	۵۷	۱/۲۱۵**
اشتباه ۲	۳۰۴	۰/۶۹۴

ضریب تغییرات = ۱۴/۹٪

ns, *, ** به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

تجزیه شد. در این بررسی مولفه اصلی اول در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. این مولفه به‌تنهایی حدود ۵۶ درصد از تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را توجیه نمود و به‌همراه مولفه دوم که اثر آن نیز در اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط در سطح ۵٪ معنی‌دار شده بود، ۸۵ درصد از تغییرات اثر متقابل را توجیه می‌کرد (جدول ۵). ستاری و همکاران نیز با استفاده از بای‌پلات امی توانستند ژنوتیپ‌های پایدار و دارای سازگاری عمومی برنج را در استان مازندران شناسایی کنند (۲۵).

با توجه به معنی‌دارشدن اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در تجزیه واریانس مرکب، برای تفسیر کامل و شفاف تر جزئیات اثر متقابل از روش چندمتغیره امی استفاده شد. این مدل روش بسیار مناسبی برای تجزیه و تفسیر ماتریس‌های بزرگ ژنوتیپ در محیط است زیرا با ایجاد بای‌پلات در این روش، استنباط مناسبی در مورد اثر متقابل ژنوتیپ در محیط فراهم می‌شود و انتخاب ژنوتیپ‌های با سازگاری مناسب در محیط‌های خاص تسهیل می‌گردد (۳۲). در مدل AMMI اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به مولفه‌های اصلی تشکیل‌دهنده آن

جدول ۵- تجزیه واریانس مدل AMMI برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم دوروم

Table 5. AMMI analysis for grain yield of durum wheat genotypes

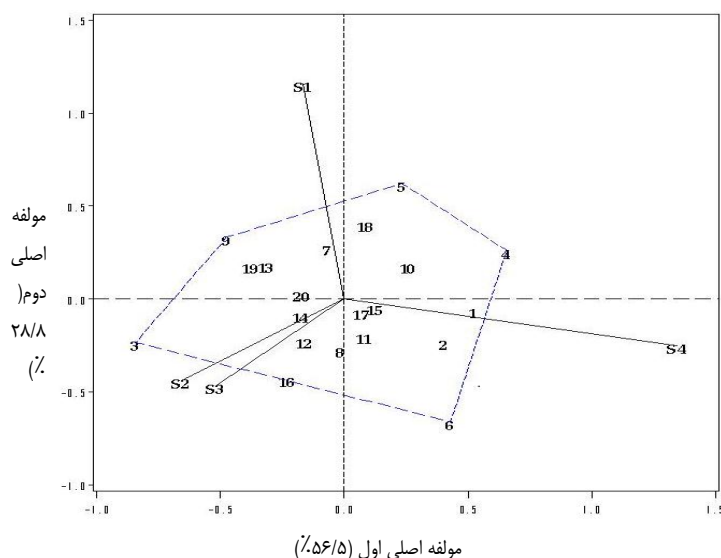
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	واریانس تجمعی
محیط	۳	۱۵۵/۲۳۲ ^{***}	-
ژنوتیپ	۱۹	۱/۰۹۳ ^{***}	-
ژنوتیپ در محیط	۵۷	۰/۶۰۵ [*]	-
مولفه اصلی اول	۲۱	۰/۹۲۸ ^{***}	۵۶/۵۳
مولفه اصلی دوم	۱۹	۰/۵۲۳ [*]	۸۵/۳۱
مولفه اصلی سوم	۱۷	۰/۲۹۸ ^{ns}	۱۰۰
باقی مانده	۱۶۰	۰/۰۰	۰

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

بعد از ژنوتیپ شماره D-96-17 کمترین تغییرات محیط را نشان دادند (جدول ۶). رارابتی و همکاران (۲۴) نیز که از بین چندین روش تجزیه پایداری که برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بر روی ژنوتیپ‌های گندم دوروم استفاده نموده بود، روش AMMI را روشی با کارایی بالاتر از روش‌های رگرسیونی معرفی کرده است.

در بای پلات مدل AMMI2 ژنوتیپ‌های شماره D-96-4، D-96-5، D-96-9، D-96-3، و D-96-6 که در راس چند ضلعی قرار گرفته‌اند فاقد پایداری عملکرد و سازگاری عمومی هستند. این ژنوتیپ‌ها دارای سازگاری خصوصی خوبی بوده و بالاترین عملکردها را در محیط‌های خاص نشان می‌دهند. به‌طوری که ژنوتیپ‌های شماره D-96-4 و D-96-6 با شرایط خرم‌آباد، D-96-5، D-96-9، و D-96-18 با شرایط اهواز، D-96-3 و D-96-16 با شرایط داراب و دزفول سازگاری خوبی نشان دادند بنابراین به‌عنوان ژنوتیپ‌های گندم دوروم منتخب برای آن مکان‌ها با شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی مورد بررسی تعیین شدند. البته همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود ایستگاه‌های تحقیقاتی داراب و دزفول نزدیک هم و در یک ناحیه قرار گرفته ولی دو ایستگاه اهواز و خرم‌آباد دور از یکدیگر و سایر ایستگاه‌ها بودند که بیانگر شرایط آب و هوایی و مدیریت مزرعه متفاوت آنها از یکدیگر می‌باشد (شکل ۱). نجفیان و همکاران (۲۲) با استفاده از این روش چندمتغیره توانستند مکان‌های اجرای آزمایشات مقایسه عملکرد گندم نان در مناطق معتدل ایران را براساس تشابه و تفاوت آنها گروه‌بندی کرده و ژنوتیپ‌های گندم سازگار با آن مناطق را شناسایی و معرفی کنند.

برای شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار و دارای سازگاری خصوصی با مکان‌های مورد مطالعه از مدل AMMI2 که از پلات کردن ۲ مولفه اصلی اول و دوم ایجاد می‌شود استفاده شد. در اینجا مولفه اول ۵۶/۵ و مولفه دوم ۲۸/۸ و در مجموع ۸۵/۳ درصد از اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را توجیه می‌کند که بسیار قابل توجه می‌باشد. در این مدل هرچه ژنوتیپ‌ها به مرکز بای پلات AMMI نزدیکتر باشند، اثر متقابل ژنوتیپ×محیط در عملکرد آنها کمتر بوده و از سازگاری عمومی بیشتری برخوردار هستند. بنابراین ژنوتیپ‌هایی که در این موقعیت قرار می‌گیرند، برای اکثر مکان‌ها با شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی آخر فصل قابل توصیه می‌باشند. در مقابل، ژنوتیپ‌هایی که دور از مرکز بای پلات هستند به‌ویژه آنهایی که در راس چندضلعی این بای پلات قرار می‌گیرند، دارای سازگاری خصوصی با مکان‌ها و شرایط آبیاری نرمال یا تنش خشکی هستند که کمترین زاویه را با بردار آنها در بای پلات دارند (۱۲). همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود ژنوتیپ‌های شماره D-96-14، D-96-15، D-96-17 و D-96-20 نزدیک‌ترین ژنوتیپ‌ها به مرکز بای پلات AMMI بودند در نتیجه می‌توان گفت که آنها کمترین تغییرات محیطی را نشان داده و به‌عنوان ژنوتیپ‌های گندم دوروم پایدارتر شناخته شدند. این لاین‌ها از نظر ارزش پایداری (AVS) که یکی از مهم‌ترین شاخص‌های پایداری محسوب می‌شود، نیز پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. به‌طوریکه ژنوتیپ شماره D-96-17 با ارزش پایداری ۰/۱۷ کمترین میزان و ژنوتیپ‌های شماره D-96-14، D-96-15 و D-96-20 به ترتیب با ارزش پایداری ۰/۳۵، ۰/۲۳ و ۰/۳۴



شکل ۱- بای پلات دو مولفه اصلی اول و دوم مدل AMMI2 برای اثر متقابل ژنوتیپ و محیط. S1: اهواز، S2: داراب، S3: دزفول، S4: خرم‌آباد

Figure 1. Biplot presentation of first and second main components of $G \times E$ interaction S1: Ahvaz, S2: Darab, S3: Dezful, S4: Khorramabad

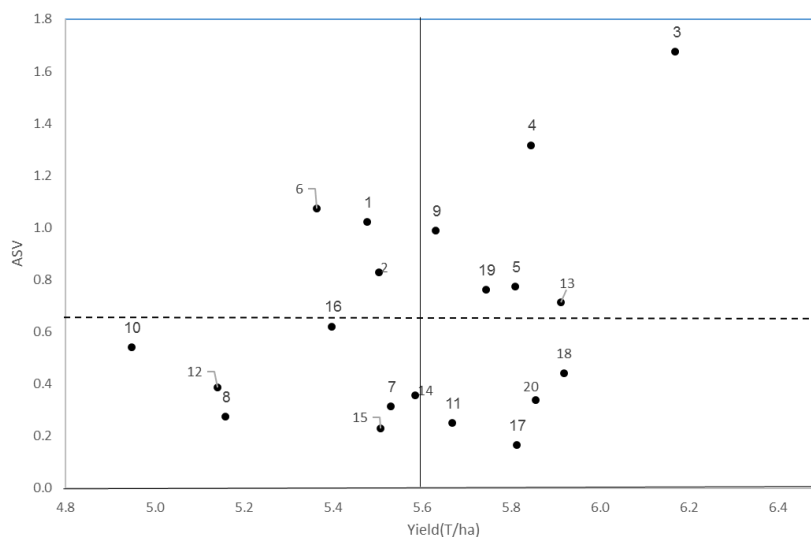
جدول ۶- مولفه‌های اصلی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و ارزش پایداری (ASV) در مدل AMMI

Table 6. Principal components of $G \times E$ interaction and ASV in AMMI method

شماره لاین	میانگین عملکرد (تن در هکتار)	مولفه اول	مولفه دوم	پایداری آماره ASV ⁺
D-96-1	۵/۵۰۴	۰/۵۲۰	-۰/۰۵۸	۱/۰۲
D-96-2	۵/۵۰۴	۰/۴۰۵	-۰/۲۳۹	۰/۸۳
D-96-3	۶/۱۶۹	-۰/۸۴۳	-۰/۲۳۴	۱/۶۷
D-96-4	۵/۸۴۵	۰/۶۵۷	۰/۲۶۰	۱/۳۲
D-96-5	۵/۸۰۹	۰/۲۳۴	۰/۶۲۱	۰/۷۷
D-96-6	۵/۳۶۳	۰/۴۲۹	-۰/۶۶۲	۱/۰۷
D-96-7	۵/۵۳۱	-۰/۰۷۲	۰/۲۷۹	۰/۳۱
D-96-8	۵/۱۵۸	-۰/۰۱۶	-۰/۲۷۲	۰/۲۷
D-96-9	۵/۶۳۱	-۰/۴۷۴	۰/۳۳۳	۰/۹۹
D-96-10	۴/۹۴۷	۰/۲۶۰	۰/۱۸۱	۰/۵۴
D-96-11	۵/۶۶۵	۰/۰۷۹	-۰/۱۹۶	۰/۲۵
D-96-12	۵/۱۴۱	-۰/۱۶۰	-۰/۲۳۴	۰/۳۹
D-96-13	۵/۹۱۱	-۰/۳۴۹	۰/۱۹۱	۰/۷۱
D-96-14	۵/۵۸۵	-۰/۱۷۵	-۰/۰۸۵	۰/۳۵
D-96-15	۵/۵۰۷	۰/۱۱۵	-۰/۰۴۲	۰/۲۳
D-96-16	۵/۳۹۸	-۰/۲۲۸	-۰/۴۳۱	۰/۶۲
D-96-17	۵/۸۱۳	۰/۰۸۰	-۰/۰۵۰	۰/۱۷
D-96-18	۵/۹۱۸	۰/۰۸۷	۰/۴۰۶	۰/۴۴
D-96-19	۵/۷۴۴	-۰/۳۷۷	۰/۱۸۱	۰/۷۶
D-96-20	۵/۸۵۶	-۰/۱۷۱	۰/۰۳۰	۰/۳۴

میانگین) و عملکرد دانه بیشتر از میانگین، به عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناخته شدند. ژنوتیپ شماره D-96-3 که در این تحقیق به عنوان شاهد گندم نان مورد استفاده قرار گرفته بود علی‌رغم داشتن عملکرد بالا نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها، با داشتن بیشترین آماره ASV، پایداری عملکرد بالایی نشان نداد. اسماعیل‌زاده و همکاران (۹) در یک مطالعه دو ساله با استفاده از این آماره پایداری ژنوتیپ‌های پایدار گندم نان برای مناطق گرم و خشک جنوب ایران را شناسایی و معرفی کرده است.

به منظور شناسایی ژنوتیپ‌هایی که هم عملکرد بالا و هم پایداری عملکرد داشته باشند از پراکنش آنها براساس میانگین عملکرد دانه و ارزش پایداری مدل امی (ASV) استفاده گردید (شکل ۲). آماره ASV اثرات دو مولفه اصلی اول و دوم را باهم در نظر می‌گیرد، نقش بسیار مهمی در تفسیر اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط دارد. ژنوتیپی که آماره ASV کمتری داشته باشد، ژنوتیپ پایدار شناخته می‌شود (۲۳). در شکل ۲ ژنوتیپ‌های شماره D-96-11، D-96-17، D-96-18 و D-96-20 با داشتن مقادیر پایین آماره ASV (کمتر از



شکل ۲- بای پلات عملکرد و ارزش پایداری مدل AMMI1 ژنوتیپ‌های مورد مطالعه
Figure 2. Biplot presentation of AMMI stability's value and yield of durum wheat genotypes

ژنوتیپ‌های شماره D-96-11، D-96-17، D-96-18 و D-96-20 براساس رتبه، ژنوتیپ‌های D-96-13 و D-96-18 و براساس انحراف معیار رتبه ژنوتیپ‌های D-96-7، D-96-10، D-96-11، D-96-13، D-96-17، D-96-18 و D-96-20 انتخاب شدند. بنابراین ژنوتیپ شماره D-96-18 که براساس هر سه روش از عملکرد و پایداری عملکرد بیشتری برخوردار بودند، بعنوان ژنوتیپ برتر در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی آخر سال انتخاب شد. این ژنوتیپ گندم دوروم که بالاترین میانگین عملکرد را در بین تمام ژنوتیپ‌های مورد بررسی (به‌جز شاهد گندم نان) داشت، پس از بررسی سایر خصوصیات زراعی و کیفی، در شرایط زارعین نیز با شاهد آزمایش مورد بررسی قرار گرفته و در صورت حفظ برتری خود نسبت به ارقام رایج مناطق هدف، به‌عنوان یک رقم جدید برای مناطق گرم کشور معرفی می‌شود.

براساس تجزیه پایداری به روش غیرپارامتری رتبه ژنوتیپ‌های D-96-13 و D-96-18 و براساس انحراف معیار رتبه ژنوتیپ‌های D-96-7، D-96-8، D-96-10، D-96-11، D-96-13، D-96-17 و D-96-20 اثر متقابل کمتری را با محیط نشان داده و پایدارتر از شاهد آزمایش و سایر ژنوتیپ‌ها بودند و براساس پراکنش ژنوتیپ‌ها در بای پلات دو مولفه اصلی اول و دوم مدل AMMI2 و آماره ASV این مدل، ژنوتیپ‌های شماره D-96-14، D-96-15، D-96-17 و D-96-20 به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی با پایداری بیشتر شناخته شدند. همچنین ژنوتیپ‌های شماره D-96-4 و D-96-6 با خرم‌آباد، D-96-5، 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 نشان دادند. با در نظر گرفتن عملکرد دانه در کنار پایداری عملکرد در بای پلات عملکرد و ارزش پایداری مدل AMMI1

منابع

1. Abaye, A.O., D.E. Brann, M.M. Alley, and C.A. Griffey. 1997. Winter durum wheat: Do we have all the answer? Viriginia Tech Publication, USA. 424-802 pp.
2. Akcura, M., Y. Kaya, S. Taner and R. Ayranci. 2006. Parametric stability analyses for grain yield of durum wheat. *Plant Soil Environ*, 52(6): 254-261.
3. Amiri, A. 1996. Study of adaptability and yield stability of durum wheat in warm and semi warm area. *Seed and Plant Journal*, 12(4): 42-48 (In Persian).
4. Anonymous. 2010. Durum Wheat Statistic. Ministry of Jihade-Agriculture. Accessible in: <http://www.iranwheat.ir>
5. Becker, H.C. and J. Leon. 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding*, 101:1-25.
6. Bova, F. 2011. The durum wheat market: worldwide, European Union, France. *FranceAgriMer*, France, 36 pp.
7. Boyacioglu, H. 2017. Global durum wheat use trending upward. Accessible in: http://www.world-grain.com/articles/news_home/World_Grain_News/2017/10/Global_durum_wheat_use_trendin.
8. Eberhart, S. A. and W. A. Russel. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6: 36-40.
9. Esmailzadeh Moghaddam, M., M. Zakizadeh, H. Akbari Moghaddam, M. Abedini Esfahlani, M. Sayahfar, A. R. Nikzad, S. M. Tabib Ghafari and Gh.A. Lotfali Ayeneh, 2011. Genotype \times Environment Interaction and Stability of Grain Yield of Bread Wheat Genotypes in Dry and Warm Areas of Iran. *Seed and Plant Improvement Journal*, 27(2): 257-273 (In Persian).
10. Finlay, K.W. and G.N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in plant breeding programs. *Australian Journal of Agricultural Research*, 14: 742-754.
11. Gauch, H.G. and R.W. Zobel. 1996. AMMI analysis of yield trials. pp: 85-122. In: M. S. Kang and H.G. Gauch (Eds.), *Genotype by Environment Interaction*, CRC Press, Boca Raton, New York.
12. Gauch, H.G. and R.W. Zobel. 1997. Identifying mega-environments and targeting genotypes. *Crop Science*, 31: 311-326.
13. Huehn, V.M. 1990. Non-parametric measures of phenotypic stability. Part I: Theory. *Euphytica*, 47: 189-194.
14. Jahromi, H.M.A., M. Khodarahmi, A.R. Mohammadi and A. Mohammadi. 2011. Stability analysis for grain yield of promising durum wheat genotypes in southern warm and dry agro-climatic zone of Iran. *Iranian Journal of Crop Science*, 13(3): 565-579 (In Persian).
15. Kang, M.S. 1988. A rank-sum method for selecting high yielding, stable corn genotypes. *Cereal Research Communication*, 16: 113-115.
16. Karadavut, U., C. Palta, Z. Kavur maci and Y. Block. 2010. Some grain yield parameters of multi-environmental trials in faba bean (*Vicia faba*) genotypes. *International Journal of Agricultural Research*, 12(2): 217-220.
17. Kneipp, J. 2008. Durum wheat production. NSW Department of Primary Industries, Tamworth Agricultural Institute, Calala, Australia, 16pp.
18. Lin, C.S., M.R. Binns and L.P. Lefkovitch. 1986. Stability analysis: Where do we stand? *Crop Science*, 26: 895-900.
19. Moghaddam, M.J. and S.S. Pourdad. 2009. Comparison of parametric and nonparametric methods for analyzing genotype \times environment interactions in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Agricultural Science*, 147: 601-612.
20. Mohammadi, R., S.S. Pourdad and A. Amri. 2008. Grain yield stability of spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Australian Journal of Agricultural Research*, 59: 546-553.
21. Najafi Mirak, T., M. Dastfal, B. Andarzian, H. Farzadi, M. Bahari and H. Zali. 2019. Evaluation of Durum Wheat Cultivars and Promising Lines for Yield and Yield Stability in Warm and Dry Areas using AMMI Model and GGE Biplot. *Journal of Crop Breeding*, 10(28): 1-12 (In Persian).
22. Najafian, G., A.K. Kaffashi and A. Jafar-Nezhad. 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 (In Persian).

23. Purchase, J.L., H. Hatting and C.S. Van Deventer (2000). Genotype x environment interaction of winter wheat in south Africa: II. Stability analysis of yield performance. South Africa Journal of Plant and Soil, 17(3): 101-107.
24. Rharrabti, Y., L.F. Garcia del moral, D. Villegas and C. Royo. 2003. Durum wheat quality in mediterranean environments: Stability and Comparative methods in analyzing G×E interaction. Field Crop Research, 80: 141-146.
25. Satari, A., M. Solouki, N. Bageri, B. Fakheri and A. Nabipour. 2019. Analysis of genotype, environment interaction and grain yield stability of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes in Mazandaran province. Journal of Crop Breeding, 11(31): 1-10 (In Persian).
26. Shukla, G.K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. Heredity, 29: 383-390.
27. Tarinejad, A. 2017. Grain yield stability of some bread wheat cultivars introduced in moderate and cold area of Iran. Journal of Ecophysiology, 11(2): 437-452 (In Persian).
28. Temesgen, T., G. Keneni, T. Sefera and M. Jarso. 2015. Yield stability and relationships among stability parameters in faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. The Crop Journal, 3: 258-268.
29. Thennarasu, K. 1995. On certain non-parametric procedures for studying genotype-environment interactions and yield stability. Ph.D. Thesis. P.J. School, IARI, New Delhi. India.
30. Yan, W., L.A. Hunt, Q. Sheny and Z. Szlavnic. 2000. Cultivar evaluation and mega environment investigation based on the GGE biplot. Crop Science, 40: 597-605.
31. Zarei, L., E. Farshadfar, R. Haghparast, R. Rajabi, M. Mohammadi Sarab Badieh and H. Zali . 2012. Comparison of different methods of stability evaluation in bread wheat genotypes under drought stress conditions. Electronic Journal of Crop Breeding, 5(3): 81-97 (In Persian).
32. Zobel, R.W., M.W. Wright and H.G. Gauch. 1988. Statistical analysis of a yield trial. Agronomy Journal, 80:388-393.

Study of Durum Wheat Yield Stability in Warm Zone of Iran under Normal and Drought Stress

Tohid Najafi Mirak¹, Manoochehr Dastfal², Hosein Farzadi³, Manoochehr Sayahfar⁴ and Bahram Andarzian⁵

-
- 1- Associate Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran (Corresponding author: tnmirak@yahoo.com)
- 2- Res. Instructor, Seed and Plant Improvement Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Darab, Iran
- 3- Res. Instructor, Seed and Plant Improvement Department, Dezful Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Dezful, Iran
- 4- Researcher, Seed and Plant Improvement Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Khorramabd, Iran
- 5- Associate Professor, Seed and Plant Improvement Department, Khoozestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahvaz, Iran
- Received: April 30, 2020 Accepted: June 10, 2020
-

Abstract

Due to inadequate agricultural water in warm area of Iran, Identification and introduction of stable and adaptable genotypes with high grain yield in non-stress and drought stress conditions is the most important issue in durum wheat breeding program. In order to study adaptability and grain yield stability of durum wheat genotypes in non-stress and terminal drought stress conditions, 19 durum line/cultivars along with Mehregan, as a check commercial bread wheat cultivar, were used. Genotypes assessed in four locations, i.e. Ahvaz and Darab for drought stress conditions and Dezful and Khorramabad for normal conditions in two cultivation years, 2017-18 and 2018-19. The experiments were conducted in a RCBD design with three replications. For grain yield, combined analyses of variance and stability analysis using parametric and non-parametric methods such as AMMI, Ranking and STDEV of Ranking were undertaken. Based on the results, Genotypes with specific adaptation were included: D-96-4 and D-96-6 for Khorramabad; D-96-5, D-96-9 and D-96-18 for Ahvaz; D-96-3(Mehregan) and D-96-16 for Darab and Dezful. Genotypes D-96-11, D-96-17, D-96-18 and D-96-20 were selected as stable and wide adaptable based on mean yield and ASV parameter in AMMI model and genotypes D-96-13 and D-96-18 were selected based on ranking and STDEV of ranking. Finally, based on the results of two methods, Genotype D-96-18 with high grain yield and the low G×E interaction was selected as a superior durum wheat line in both non-stress and drought stress conditions.

Keywords: AMMI, Drought stress, Durum, G×E interaction, Stability analysis, Yield