تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد یازدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۷
۲۴۱-۲۶۰
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2018.381.1075

بررسی سازگاری و پایداری عملکرد دانه لاین‌های گندم دوروم تحت شرایط دیم با استفاده از GGE بای‌پلات و AMMI

بهزاد صادق‌زاده[۱]، رضا محمدی[۲]، حسن احمدی[۳]، غلامرضا عابدی‌اصل[۴]، ملک مسعود احمدی[۵]، مهناز محمدفام[۱]، نوذر بهرامی[۲]، محمدشریف خالدیان[۳]، علی‌اکبر ناصری[۵]

۱. موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران.
۲. موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، معاونت سرارود، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سرارود، ایران.
۳. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران.
۴. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران.
۵. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان شمالی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیروان، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۸/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۱۸

چکیده

برر سی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط قبل از معرفی ارقام جدید پایدار و سازگار ضروری ا ست. به‌منظور ارزیابی کارایی ا ستفاده از GGE بای‌پلات و AMMI در مطالعه پایداری و سازگاری عملکرد دانه لاین‌های گندم دوروم در مناطق دیم معتدل و سرد، تعداد ۱۷ ژنوتیپ پیشرفته دوروم به همراه شاهدها (ساجی، زردک و سرداری) به مدت سه سال زراعی (۹۳-۱۳۹۰) در مناطق مراغه، سرارود، قاملو، اردبیل و شیروان در قالب طرح بلوک‌های کامل ت صادفی در ۳ تکرار تحت شرایط دیم ک شت شدند. بر ا ساس نتایج تجزیه واریانس مرکب، بین محیط‌ها، ژنوتیپ‌ها و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط اختلاف آماری معنی‌داری م شاهده گردید. بزرگی اثرات ا صلی برای محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به ترتیب ۸۰ در صد، ۴ در صد و ۹ در صد مجموع مربعات کل بود. میزان پو شش سبز، تیپ رشد زمستانه، شاخص زراعی و ارتفاع گیاه همبستگی مثبت با عملکرد دانه داشته، ولی همبستگی عملکرد با صفات تعداد روز تا خوشه‌دهی و رسیدگی منفی بود. بر اساس نتایج GGE بای‌پلات، محیط‌ها به سه گروه و ژنوتیپ‌ها به چهار گروه تفکیک شدند. ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌ها با اســتفاده از آماره پایداری امی (ASV) و GGE بای‌پلات نشــان داد لاین‌هایی نظیر راســکون در مناطق ســردی مثل مراغه، قاملو و اردبیل می‌توانند منبع ژنتیکی مطلوبی برای معرفی ارقام جدید دوروم باشــند. نتایج AMMI و شــاخص پایداری امی (ASV) در مقایســه با نتایج GGE بای‌پلات نشــان داد تمامی این شــاخص‌ها از پتانســیل خوب برای ارزیابی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها برخوردار بوده ولی GGE بای‌پلات بسیار کاربردی‌تر بوده و می‌تواند به صورت گسترده‌ای در برر سی ژنوتیپ‌ها در مناطق و سال‌های متعدد در برنامه‌های اصلاح غلات بکار گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: **آزمایش‌های ناحیه‌ای عملکرد، پارامترهای پایداری، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، گندم دوروم دیم**

مقدمه

گندم دوروم دومین گونه مهم جنس گندم در دنیا بوده و حدود ۱۰ درصد از کل مساحت کشت جهانی گندم به آن اختصاص دارد؛ و بیشترین مساحت کشت این محصول (۱۱ میلیون هکتار) در منطقه مدیترانه قرار دارد (Nachit, 2002). گندم دوروم حدود ۱۰ درصد تولید گندم را در جهان تشکیل می‌دهد. مهم‌ترین محصول گندم دوروم، سمولینا است که معمولاً برای ساختن ماکارونی، بلغور و نان مصرف می‌شود (Cakmak et al., 2010).

کشت دوروم در ایران به‌طور سنتی و از دیرباز در مناطق دیم گرمسیری و نیمه‌گرمسیری کشور با ارتفاع ۱۲۰۰-۴۰۰

* نگارنده پاسخگو: بهزاد صادق‌زاده. پست الکترونیک: Behzada4@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

متر از سطح دریا مرسوم بوده و طی سال‌های اخیر و با ورود و معرفی گندم‌های نان جدید و اصلاح‌شده با عملکرد بالاتر نسبت به گندم دوروم، یافتن و معرفی ارقام مناسب دوروم با عملکردی تقریباً معادل گندم نان مخصوصاً برای مناطق سردسیر دیم، بیش‌ازپیش احساس می‌گردد. بر اساس آمارنامه سال ۱۳۹۰ معاونت برنامه‌ریزی و اقتصاد وزارت کشاورزی (Iranian Ministry of Agriculture, 2011)، بیش از ۲۱۰ هزار هکتار از زمین‌های زیر کشت غلات به گندم دوروم اختصاص دارد که اکثراً در مناطق معتدل سرد تا مناطق گرم واقع شده است. از این میزان سطح زیر کشت، تقریباً ۳۵ درصد به‌صورت دیم است. در طی این سال، درمجموع بیش از ۵۵۰ هزار تن گندم دوروم تحت شرایط آبی و دیم تولیدشده؛ به عبارتی متوسط عملکرد ۲/۶ تن در هکتار است که متأسفانه این میزان در مناطق دیم تنها ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار بود.

ایران از نظر منابع آبی محدودیت دارد به‌نحوی‌که با متوسط بارندگی حدود ۲۵۰ میلی‌متر، یک‌سوم متوسط بارندگی جهان را به خود اختصاص داده است. از سوی دیگر از حدود ۱۸/۵ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی تقریباً ۶/۲ میلیون هکتار (۳۳ درصد) به کشت دیم اختصاص دارد که بیش از ۸۰ درصد اراضی دیم کمتر از ۴۰۰ میلی‌متر بارندگی دارند (Heidari-Sharifabad, 2008). ازاین‌رو قسمت اعظم نواحی زیر کشت گندم دوروم دیم در کشور با مشکل کمبود بارش و نیز عدم پراکنش مناسب بارندگی در طی فصل رویشی مواجه هستند. خشکی بسته به زمان، میزان و پراکنش بارندگی می‌تواند عملکرد را به‌شدت در دیم‌زارها تحت تأثیر قرار دهد. به‌طورکلی بیش از ۸۰ درصد تغییرات عملکرد دانه غلات، در نواحی غرب آسیا و شمال آفریقا، ناشی از نوسان بارندگی‌های فصلی است (Ortiz-Ferrara et al., 1991). علاوه بر خشکی، سرما نیز از عوامل عمده محدودکننده در تولید دوروم در دیم‌زارهای سردسیر ایران بوده که مانع از پراکنش و افزایش سطح زیر کشت، بقا و تولید بهینه (مطلوب) آن می‌گردد.

با توجه به موارد مذکور، برای ایجاد تحول و دگرگونی اساسی در افزایش بازده دیم‌زارها و حصول تولید پایدار ضرورت دارد در امور دیم سرمایه‌گذاری مناسب صورت گیرد و طرح‌ها و فعالیت‌های تحقیقاتی گسترده‌ای به اجرا درآید. ازآنجایی‌که یکی از عوامل مهم در پایین بودن سطح عملکرد دوروم در مزارع دیم، فقدان ارقام متنوع و مناسب برای مناطق مختلف است، لزوم دستیابی به ارقام جدید پرمحصول، متحمل به تنش‌های خشکی و سرما همراه با سایر صفات مؤثر در حصول عملکرد بیشتر و پایدار که بتواند پاسخ‌گوی تقاضای روزافزون جامعه برای تأمین مواد غذایی (صنایع ماکارونی) باشد، از اهمیت خاصی برخوردار است.

عملکرد دانه و پایداری آن در مناطق و سالیان متعدد همیشه به‌عنوان معیار مهمی در گزینش و معرفی ارقام مورداستفاده قرار گرفته است (Trethowan and Reynolds, 2007; Akcura et al., 2005). اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در مورد صفت عملکرد موجب شده است که نتوان یک رقم اصلاحی پرمحصول را برای مناطق مختلف توصیه کرد؛ از این‌رو بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط قبل از معرفی ارقام جدید پرمحصول با پایداری و سازگاری بالا ضروری است. به دلیل وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، ارزیابی لاین‌های جدید در محیط‌های مختلف توسط اصلاح‌گران یک ضرورت محسوب می‌شود (De Lacy et al., 1996). روش‌های آماری زیادی برای مشخص کردن وضعیت اثر محیط ابداع‌شده که معمولاً آن‌ها را به دو گروه پارامتری و ناپارامتری تقسیم می‌کنند. روش‌های پارامتری خود به دو گروه یک متغیره و چندمتغیره تقسیم‌بندی می‌شوند.

فینلی و ویلکینسون (Finlay and Wilkinson, 1963) و ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966) روش رگرسیون بین عملکرد رقم و شاخص محیطی را پیشنهاد کردند. فرانسیس و کاننبرگ (Francis and Kannenberg, 1978) از ضریب تغییرات محیطی یک واریته در بین تمام محیط‌های آزمایشی استفاده کردند. شوکلا (Shukla, 1972) پارامتر واریانس پایداری (σ^2) را برای هر ژنوتیپ مطرح کرده است که در آن مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را به اجزای مرتبط به هر یک از ژنوتیپ‌ها تقسیم و سهم هر یک را در تشکیل این اثر متقابل تعیین می‌کند. ریک (Wricke, 1962) استفاده از جمع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط هر ژنوتیپ در کلیه محیط‌های آزمایشی را به‌عنوان پارامتر پایداری (Wi، اکووالانس) پیشنهاد کرد. در این روش ژنوتیپی پایدار است که Wi کمتری داشته باشد.

برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های آزمایش‌های مقایسه عملکرد ناحیه‌ای، روش‌های آماری GGE بای‌پلات، AMMI و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) برای تعیین پایداری و سازگاری ژنوتیپ‌ها استفاده می‌شود که بر پایه تجزیه به مقادیر منفرد (Singular value decomposition, SVD) بناشده‌اند

Archive of SID

www.SID.ir

(Gauch, 2006). به‌عنوان‌مثال، استفاده از روش GGE بای‌پلات و مدل AMMI در سال‌های اخیر به‌عنوان ابزار تجزیه‌ای قوی برای مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط مورداستفاده قرار گرفته است (Gauch, 1992; Yan and Kang, 2003). ناشیت و همکاران (Nachit et al., 1992) در بررسی عملکرد ژنوتیپ‌های دوروم در ۲۲ منطقه با استفاده از مدل رگرسیون خطی و روش AMMI، مشاهده کردند در AMMI تجزیه مجموع مربعات اثر متقابل بسیار موفق‌تر از روش رگرسیون بود.

در ارزیابی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف، اثر محیط در اکثر موارد بسیار بزرگ بوده و قابل بهره‌برداری نیست. لذا حذف اثر محیط از داده‌ها و تمرکز بر اثر اصلی ژنوتیپ (G) و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط (GE) حائز اهمیت است (Gauch and Zobel, 1996). مجموع اثرات اصلی ژنوتیپ و ژنوتیپ در محیط در گزینش ژنوتیپ‌های پایدار از اهمیت زیادی برخوردار است. البته باید توجه کرد بررسی دو اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بایستی به‌صورت توأم صورت گیرد. روش GGE بای‌پلات این امکان را می‌دهد که این دو اثر هم‌زمان و به‌صورت ترسیمی موردبررسی قرار گیرند (Yan and Kang, 2003). ازاین‌رو، در GGE بای‌پلات، اثر اصلی ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط از هم تفکیک نشده‌اند. گاچ (Gauch, 2006) معتقد است روش AMMI به علت تفکیک این اثرات از یکدیگر همواره بر GGE بای‌پلات ارجحیت دارد و یا حداقل ازنظر دقت با آن برابر است. ولی یان و همکاران (Yan et al., 2007) اعتقاد دارند روش GGEبای‌پلات ازنظر تجزیه داده‌های ژنوتیپ در محیط از روش AMMI موفق‌تر است، چراکه از دیدگاه اصلاح‌گران گزینش ژنوتیپ‌ها بر اساس اثر اصلی ژنوتیپ و یا اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به‌تنهایی مدنظر نیست (Kang, 1993).

درنهایت، به‌منظور ایجاد ارقام متحمل به تنش‌های محیطی با عملکرد مطلوب می‌توان از تنوع ژنتیکی موجود در بین لاین‌ها برای صفاتی نظیر عملکرد دانه و یا اجزاء عملکرد در دوروم در برنامه‌های اصلاحی بهره‌برداری نمود (Blum, 1988). لذا بررسی صفات زراعی همراه با عملکرد دانه لاین‌های گندم دوروم در محیط‌های مختلف (چندین منطقه و سال)، از مراحل اصلاح ارقام دوروم است. با توجه به موارد بالا، هدف از این تحقیق ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم دوروم و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به کمک تجزیه گرافیکی GGE بای‌پلات و AMMI و نیز شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پایدار و محیط‌های برتر است که با شناسایی و معرفی لاین‌های دوروم با پایداری عملکرد بالا و سازگار نسبت به شرایط محیطی مناطق سردسیر و معتدل دیم کشور می‌توان گامی در جهت رفع نیازهای کشور به تولید گندم دوروم برداشت.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش به‌منظور بررسی پایداری و سازگاری عملکرد دانه لاین‌های گندم دوروم در ۵ منطقه مختلف با اقلیم معتدل و سرد، تعداد ۱۷ ژنوتیپ پیشرفته دوروم انتخابی از آزمایش‌های پیشرفته مقایسه عملکرد سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ به همراه شاهدها (ساجی، زردک و سرداری) به مدت سه سال زراعی (۹۳-۱۳۹۰) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار تحت شرایط دیم بررسی شدند (جدول ۱). مناطق اجرای آزمایش شامل مراغه (°۳۷ و '۱۵ عرض شمالی و°۴۶ و '۱۵ طول شرقی و نیز با ارتفاع ۱۷۲۰ متر از سطح دریا با بافت خاک لومی و لومی-رسی)، قاملوی کردستان (°۳۵ و '۱۰ عرض شمالی و°۴۷ و '۳۰ طول شرقی و با ارتفاع ۱۷۵۰ متر از سطح دریا)، سرارود (°۳۴ و '۲۰ عرض شمالی و°۴۷ و '۲۰ طول شرقی با ارتفاع ۱۳۵۱ متر از سطح دریا)، اردبیل و شیروان بودند. همچنین به‌منظور مطالعه واکنش ژنوتیپ‌ها به آبیاری تکمیلی، این آزمایش در قالب آبیاری تکمیلی نیز در مراغه و سرارود کشت گردید. آبیاری در دو مرحله کشت و در مرحله خوشه‌دهی به‌صورت بارانی انجام گردید و در هر مرحله ۴۰ میلی‌لیتر آب داده شد. هر ژنوتیپ در شش خط شش متری با فاصله خطوط ۲۰ سانتیمتر و با تراکم ۴۵۰ بذر در مترمربع توسط دستگاه وینتراشتایگر کشت گردید.

برای آماده‌سازی قطعه زمین آزمایش در مراغه، در پاییز سال قبل از گاوآهن به عمق ۲۵-۲۰ سانتیمتر شخم و در بهار سال اجرای آزمایش قبل از گلدهی علف‌های هرز از پنجه غازی و در پاییز قبل از کاشت از دیسک استفاده گردید. نیتروژن موردنیاز گندم در قطعه زمین آزمایش بر اساس نتایج آزمایش‌های مزرعه‌ای انجام‌گرفته در مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم به میزان ۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره و تماماً در پائیز مصرف شد. برای تأمین فسفر موردنیاز نیز بر اساس آزمون خاک، فسفر به میزان ۲۰ کیلوگرم به‌صورت P_2O_5 در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل و در پائیز قبل از کاشت مصرف شد. در سرارود، قاملو، اردبیل و شیروان نیز تهیه زمین آزمایش و سایر عملیات زراعی بر

Archive of SID

www.SID.ir

اساس روال معمول در ایستگاه تحقیقات کشاورزی انجام گردید.

در طول دوره رشد، مراقبت‌های زراعی و یادداشت‌برداری از صفاتی نظیر قدرت رشد اولیه، خسارت سرمای زمستانه، ارتفاع بوته، تعداد روز تا ظهور سنبله و رسیدگی فیزیولوژیک، وزن هزار دانه، واکنش به بیماری‌ها و عملکرد دانه انجام گرفت. پس از برداشت محصول، در پایان سه سال، تجزیه واریانس مرکب (پس از انجام آزمون بارتلت) در هر منطقه انجام شد. ضمناً تجزیه واریانس مرکب برای کلیه مناطق و برای سه سال اجرا شد. مقایسه میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها با شاهد به روش LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. ضمناً همبستگی ساده بین صفات اندازه‌گیری شده توسط نرم‌افزار SPSS 20 محاسبه شد. برای تعیین پایداری و سازگاری ژنوتیپ‌ها، از روش‌های GGE بای‌پلات و AMMI استفاده شد. تجزیه‌های آماری مربوطه توسط نرم‌افزار GenStat 12.0 انجام گردید.

جدول ۱. لیست، منبع و مشخصات ژنوتیپ‌های موردمطالعه در این تحقیق به همراه شاهدها

Table 1. List, source and characteristics of genotypes and check varieties

#	ژنوتیپ (Genotype)	منشاء (Origin)	
		Test	Plot No.
1	Saji (check)	رقم معرفی‌شده	-
2	Zardak (check)	رقم محلی	-
3	Sardari (check)	شاهد گندم	-
4	TOPDY_18/FOCHA_1//ALTAR84/3/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_13/4/SOMAT_3/GREEN_22	18th ARDYT-1 (MAR)	8
5	RASCON_37/4/MAGH72/RUFO//ALG86/RU/3/PLATA_16/5/PORTO_3*2/6/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1	18th ARDYT-1 (MAR)	21
6	M84859	18th ARDYT-2 (MAR)	1
7	M141979	18th ARDYT-2 (MAR)	2
8	M141982	18th ARDYT-2 (MAR)	3
9	M141994	18th ARDYT-2 (MAR)	5
10	M141995	18th ARDYT-2 (MAR)	6
11	M142005	18th ARDYT-2 (MAR)	10
12	M142017	18th ARDYT-2 (MAR)	11
13	M142025	18th ARDYT-2 (MAR)	12
14	M142038	18th ARDYT-2 (MAR)	14
15	M142045	18th ARDYT-2 (MAR)	16
16	M142069	18th ARDYT-2 (MAR)	19
17	M142070	18th ARDYT-2 (MAR)	20

نتایج و بحث

خلاصه نتایج هواشناسی

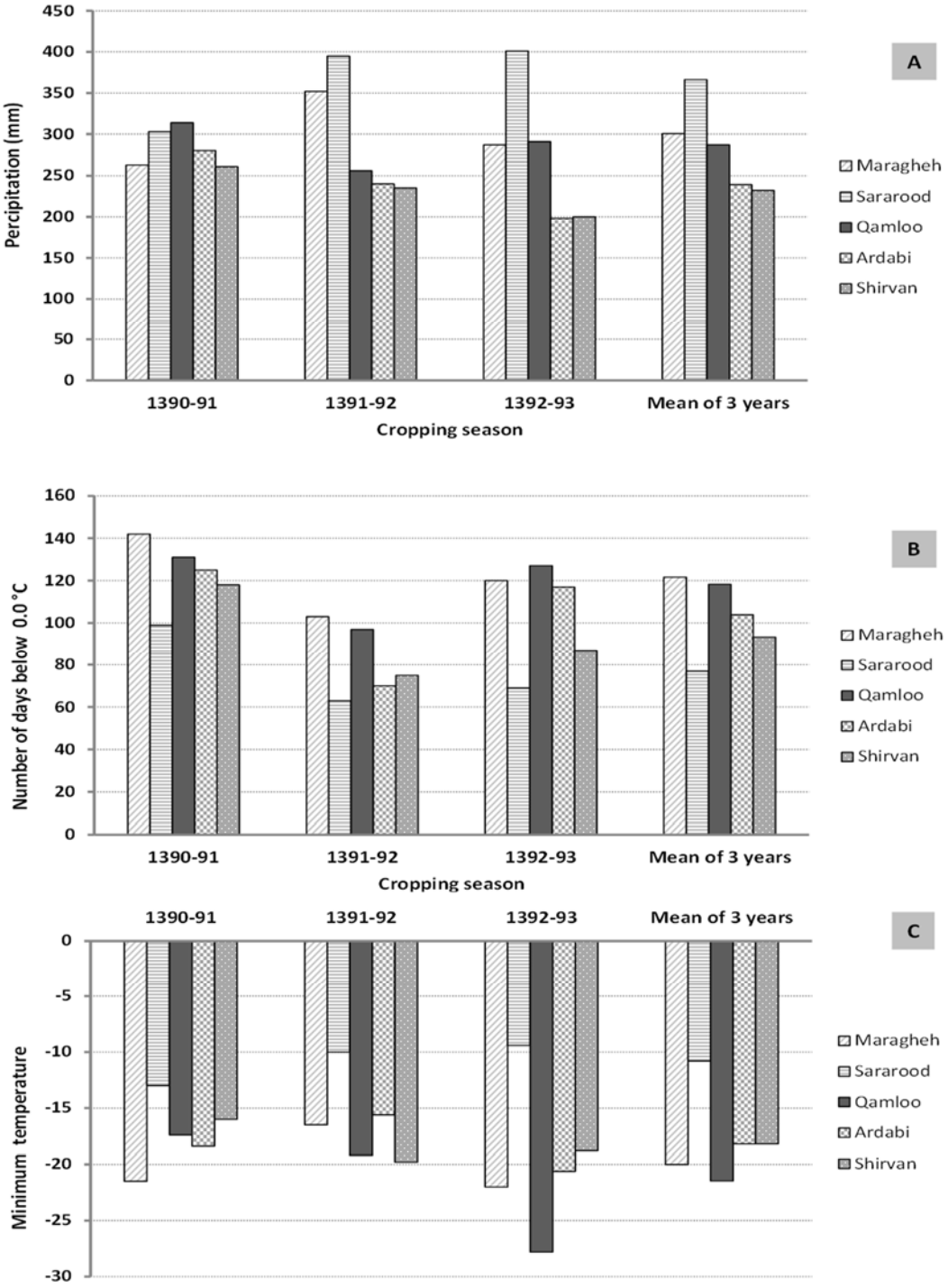
در طی سال های زراعی ۹۳-۱۳۹۰ میزان بارندگی در ایستگاه مراغه به ترتیب ۲۶۳، ۳۵۲ و ۲۸۷ میلی‌متر بود (شکل ۱). متوسط دمای سال‌های زراعی در مراغه به ترتیب ۳/۶، ۶/۲ و ۵/۰۲ درجه سانتی‌گراد گزارش شده بود. تنش شدید سرمایی در طول زمستان در منطقه حاکم بود به‌طوری‌که کمترین دمای مطلق ثبت شده در ایستگاه مراغه در بهمن‌ماه ۲۱/۵- درجه سانتی‌گراد بود. در اردیبهشت و خردادماه، مطلوب‌ترین شرایط آب و هوایی برای رشد گیاهان فراهم گردید. البته به دلیل بارندگی کم در تیرماه و افزایش دما، گیاهان با تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه مواجه شدند.

در طی سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰، میزان بارندگی در ایستگاه سراورد ۳۰۳ میلی‌متر بود که در مقایسه با میانگین بلندمدت ۱۱۱ میلی‌متر کاهش داشته است (شکل ۱). مجموع روزهای زیر صفر ۹۹ روز بوده که نسبت به میانگین

Archive of SID

www.SID.ir

بلندمدت ۱۸ روز افزایش داشته است. در یک جمع‌بندی می‌توان اظهار نمود مواد و ژرم‌پلاسم تحت بررسی در این سال در سرارود در معرض تنش‌هایی چون تنش سرما و یخبندان زمستانه، تنش خشکی و گرمای آخر فصل قرار داشته‌اند که این امر بر اهمیت و ارزش مواد انتخاب‌شده تحت چنین شرایطی می‌افزاید.



شکل ۱. میزان بارش (A)، تعداد روزهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد (B) و حداقل دمای مطلق (C) در ۵ منطقه اجرای آزمایش (مراغه، سرارود، قاملو، اردبیل و شیروان) طی ۳ سال زراعی (۹۳-۱۳۹۰)

Fig. 1. percipitation (A), number of days below 0°C (B) and minimun temperature (C) of 5 locations (Maragheh, Sararood, Qamloo, Ardabil and Shirvan) in 3 cropping seasons (2011-14)

www.SID.ir

در طی سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰، میزان بارندگی در ایستگاه قاملو ۳۱۴ میلی‌متر بود که در مقایسه با میانگین بلندمدت ۴۶/۴ میلی‌متر کاهش داشته است (شکل ۱). متوسط دمای این سال زراعی ۶/۲ درجه سانتی‌گراد بوده که در مقایسه با میانگین بلندمدت ۰/۱ درجه سانتی‌گراد افزایش و نسبت به سال زراعی گذشته ۰/۲۵ درجه سانتی‌گراد کاهش داشته است. مجموع روزهای زیر صفر ۱۳۱ روز بود و دما در بهمن‌ماه تا ۲۸- درجه سانتی‌گراد کاهش یافته بود.

در ایستگاه اردبیل میزان بارندگی ۲۸۰ میلی‌متر در سال زراعی ۹۱-۹۰ بود که در مقایسه با میانگین بلندمدت ۲۵ میلی‌متر افزایش داشته است (شکل ۱). حداقل (۲۳- درجه) و حداکثر (۳۱ درجه) به ترتیب در ماه‌های بهمن و خرداد اتفاق افتاد. تعداد روز زیر صفر در ایستگاه اردبیل ۱۲۵ روز بوده که در مقایسه با میانگین بلندمدت ۲۶ روز افزایش داشته است. به‌طور خلاصه شرایط آب و هوائی اردبیل و پراکنش بارندگی در این سال برای رشد گیاهان بسیار مطلوب بود.

در طی سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰، میزان بارندگی در ایستگاه شیروان ۲۶۱ میلی‌متر بود که در مقایسه با میانگین بلندمدت ۱۳/۶ میلی‌متر افزایش داشته است (شکل ۱). پراکنش بارندگی در پاییز ۱۰۷، در زمستان ۴۱ و در بهار ۱۱۳ میلی‌متر بوده است. مجموع روزهای زیر صفر ۱۱۸ روز بوده که نسبت به میانگین بلندمدت ۳۴ روز افزایش داشته است.

نتایج منطقه مراغه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه در مراغه طی دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۰ (داده‌های سال سوم به دلیل خسارت شدید سرمای زمستانه قابل‌تجزیه نبودند)، بین سال‌های اجرای آزمایش و لاین‌های موردبررسی اختلاف آماری معنی‌داری در هر دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی وجود دارد (جدول ۲). با توجه به وجود اثر متقابل ژنوتیپ در سال، واکنش لاین‌ها در طی سال‌ها متفاوت بوده است، به‌طوری که میانگین عملکرد لاین ها در سال دوم برای آزمایش آبیاری تکمیلی ۸۲ درصد و برای آزمایش دیم ۶۲ درصد افزایش نسبت به سال اول نشان می‌دهد. این افزایش عملکرد در سال دوم به دلیل افزایش بارندگی، کاهش تعداد روزهای زیر صفر و افزایش دمای حداقل در طی زمستان بوده است که درمجموع باعث کاهش خسارت سرمای زمستانه و خسارت خشکی در سال دوم گردیده است (شکل ۱).

انجام آبیاری در زمان کشت و گرده‌افشانی باعث افزایش عملکرد از ۱۷۸۰ کیلوگرم در هکتار در آزمایش دیم به ۲۳۲۵ کیلوگرم در آزمایش آبیاری تکمیلی گردید. در مطالعات قبلی نیز مشاهده شده است انجام آبیاری در مراحل گرده‌افشانی و پر شدن دانه با بهبود سطح برگ پرچم و بهبود عملکرد پنجه ها می‌تواند باعث افزایش عملکرد دانه گردد (Aggarwal and Sinha, 1987; Oweis et al., 1998; Tavakkoli and Oweis, 2004). به‌علاوه کاهش تنش خشکی در آزمایش آبیاری تکمیلی در مرحله بعد از گرده‌افشانی و پر شدن دانه باعث افزایش فعالیت ژن‌های تولیدکننده پروتئین های مؤثر در فتوسنتز، متابولیسم کربوهیدرات‌ها و انرژی، متابولیسم اسیدهای آمینه و سیستم دفاعی گیاه شده و درنتیجه باعث بهبود پر شدن دانه و عملکرد می‌گردد (Chen et al., 2015). از طرف دیگر، با سبز شدن زودهنگام گیاهچه‌ها در اوایل پاییز در نتیجه آبیاری، استقرار اولیه گیاهچه‌ها در خاک بهبود یافته، تحمل به سرمای زمستان افزایش یافته، بیوماس بهبود یافته و درنتیجه این عوامل در انتهای فصل رشد، عملکرد مخصوصاً در شرایط دیم سردسیر افزایش می‌یابد (Benli et al., 2007).

ایلبیی و همکاران (Ilbeyi et al., 2006) در مطالعه‌ای بر روی تأثیر کشت زودهنگام در پاییز به همراه آبیاری تکمیلی در عملکرد گندم دیم سردسیر گزارش کردند که با کشت زودهنگام و استقرار بهتر گیاه در پاییز تحمل گیاه به سرما افزایش‌یافته، کارایی استفاده از نزولات جوی بهبودیافته و درنتیجه عملکرد گندم تا ۶۵ درصد افزایش می‌یابد.

در مراغه، تمامی لاین‌ها عملکردی بیش از شاهد ساجی (رقم معرفی‌شده برای مناطق معتدل و معتدل-سرد) در هر دو آزمایش دیم و آبی داشتند، و لاین راسکون (RASCON_37/4/MAGH72/...) با عملکرد ۲۴۷۸ کیلوگرم در هکتار در آزمایش دیم و با ۳۵۱۵ کیلوگرم در آزمایش آبی برترین لاین دوروم بود (جدول ۳). عملکرد رقم دوروم ساجی در آزمایش دیم و آبی به ترتیب ۱۱۷۷ و ۱۸۹۱ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۲). علت عمده اختلاف عملکرد بین لاین راسکون و رقم ساجی به تحمل بسیار زیاد راسکون به سرمای زمستان است، به‌طوری‌که در سال سوم (که تمامی لاین‌های دوروم در آزمایش دیم به دلیل خسارت سرمای

Archive of SID

www.SID.ir

زمستانه و اوایل بهار کاملاً از بین رفته بودند (شکل ۱)، عملکرد لاین راسکون در آزمایش دیم و آبی به ترتیب ۱۳۶۱ و ۳۵۵۶ کیلوگرم بود. البته لازم به ذکر است لاین راسکون دارای تیپ رشد زمستانه و رقم ساجی دارای تیپ رشد بهاره متمایل به بینابین است. روند برتری لاین‌ها نسبت به شاهد در مورد سایر صفات موردبررسی نظیر پابلندی، زودرسی و وزن دانه ثابت نبوده و به‌طورکلی لاین‌های برتر از ترکیب مناسب صفات موردبررسی برخوردار بودند. با توجه به وجود همبستگی معنی‌دار عملکرد با صفات زودرسی، ارتفاع و وزن هزار دانه (جدول ۴)، این قبیل صفات نیز می‌توانند مبنای گزینش باشند.

بررسی همبستگی صفات در منطقه مراغه تحت شرایط دیم نشان داد ارتفاع گیاه (r=۰/۸۱**) و وزن هزار دانه (r = ۰/۶۲**) همبستگی مثبت با عملکرد دانه داشته ولی همبستگی عملکرد با صفات تعداد روز تا خوشه‌دهی (r=-۰/۷۴**)، رسیدگی (r=-۰/۴۵**) و طول دوره پر شدن دانه (r=-۰/۶۷**) منفی بود (جدول ۴).

در شرایط آبیاری تکمیلی نیز همبستگی بین صفات روندی تقریباً مشابه شرایط دیم داشت. تحت شرایط این تحقیق، با کمبود آب در مراحل آخر فصل زراعی، ژنوتیپ‌ها سعی کرده‌اند هر چه زودتر به مرحله زایشی وارد و به محصول‌دهی نهایی برسند. این عامل سبب گردیده که تنوع قابل ملاحظه‌ای در بین توده‌ها ازلحاظ صفات تعداد روز تا سنبله‌دهی و رسیدگی مشاهده نگردد. از طرف دیگر این صفات با عملکرد همبستگی منفی داشتند. وجود همبستگی منفی بین تعداد روز تا خوشه‌دهی و رسیدگی در این تحقیق نشان می‌دهد احتمالاً صفت دیررسی در شرایط وقوع تنش گرمایی آخر فصل در مراحل زایشی برای ژنوتیپ‌ها نامطلوب بوده و مانع از سازوکار فرار از تنش‌های محیطی شده و موجب کاهش پایداری عملکرد دانه در آن‌ها می‌گردد. کاهش رطوبت در زمان گرده‌افشانی به دلیل دیررسی گیاه می‌تواند با کاهش تعداد سنبله بارور و یا سنبلچه‌های بارور باعث کاهش عملکرد شود (Giunta et al., 1993). به‌علاوه دیررسی موجب می‌شود دوره پر شدن دانه مصادف با خشکی و گرمای آخر فصل گردیده و درنتیجه تسریع پیری برگ‌ها و کاهش طول دوره پر شدن دانه اتفاق بیافتد و درنهایت به کاهش عملکرد منتهی شود (Royo et al., 2000; Garcia del Moral et al., 2003). صادق‌زاده و همکاران (Sadeghzadeh et al., 2012) در بررسی صفات زراعی مؤثر بر عملکرد توده‌های بومی دوروم تحت شرایط دیم بیان کردند زودرسی با عملکرد دانه و وزن هزار دانه رابطه مثبت و معنی‌داری دارد که نشانگر اهمیت گزینش ژنوتیپ‌های زودرس در دیم‌زارها است.

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه در مراغه تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی در سال‌های زراعی ۹۲-۱۳۹۰

Table 2. ANOVA results for grain yield in Maragheh under rainfed and suplementary irrigation conditions

			آبیاری تکمیلی (Irrigated)		شرایط دیم (Rainfed)	
(SOV)	منابع تغییر	درجه آزادی (df)	MS	F	MS	F
Year	سال	1	44291139	152.5 **	18193557	10.6 *
e_1	خطای اول	4	290537	3.9	1713286	14.9
Genotype	ژنوتیپ	16	1788996	2.55 *	845305	1.2 ns
Year × Genotype	سال × ژنوتیپ	16	700892	9.38 **	728117	6.3 **
e2	خطای دوم	64	74761		115113	
Total	کل	101				
			CV = 12%		CV = 19%	

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪، ns: غیر معنی‌دار

**, * and ns Indicate significance at P=0.01 and 0.05, and non-significant, respectively.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳. میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در پنج منطقه تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی طی سال‌های زراعی ۹۳-۱۳۹۰. در منطقه مراغه نتایج دو سال و در منطقه شیروان نتایج یک سال ارائه گردیده است.

Table 3. Grain yield mean of genotypes in 5 locations in 3 years (2011-14). In Maragheh and Shirvan results of 2 and 1 years are presented, respectively.

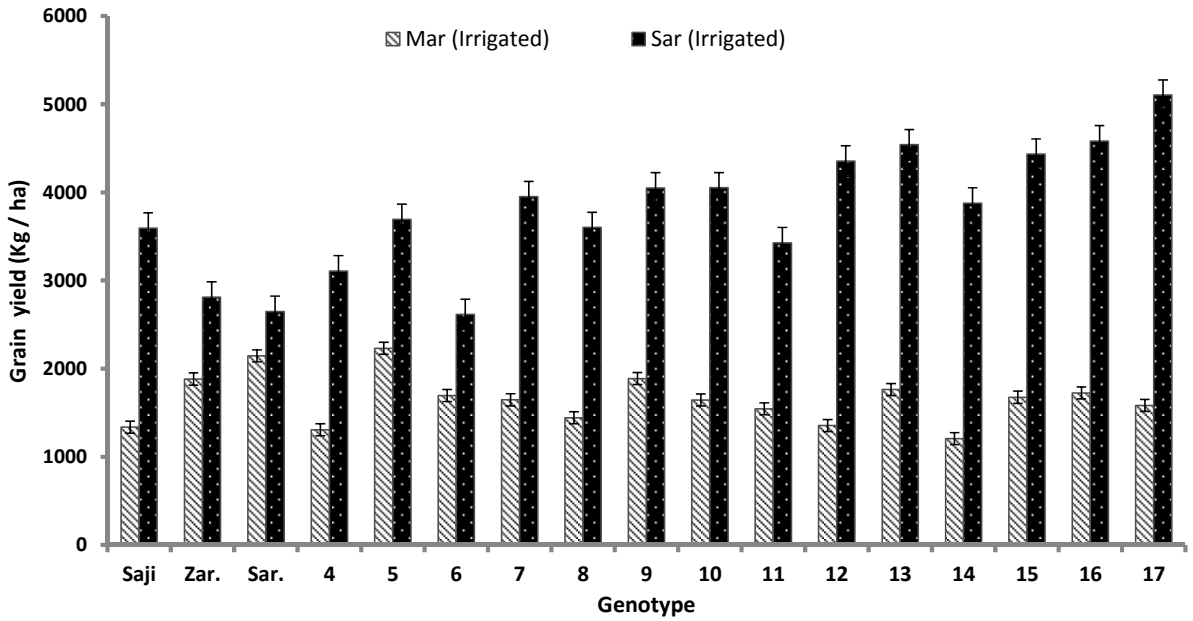
		میانگین عملکرد دانه Grain yield mean (kg/ha)							
		مراغه Maragheh		سرارود Sararood					
#	ژنوتیپ Genotype	دیم Rainfed	آبیاری Irrigated	دیم Rainfed	آبیاری Irrigated	قاملو Qamloo	اردبیل Ardabil	شیروان Shirvan	تمامی مکان‌ها All locations
1	Saji	1177 f	1891 efg	2214 ad	3645 cde	1718 def	1019 efg	529 c	1478 f
2	Zardak	2140 bc	3119 b	2406 a	3231 de	1875 bf	866 gh	1029 a	1729 cd
3	Sardari	2665 a	3486 a	2357 ab	3119 e	2835 a	1456 a	1148 a	2202 a
4	TOPDY_18 /…	1541 def	1853 fg	1960 def	3543 cde	1832 cf	719 h	591 bc	1434 f
5	RASCON_ 37	2478 ab	3515 a	2096 bf	3594 cde	2576 a	1379 ab	1032 a	2012 b
6	M84859	1807 cde	2370 cd	2060 cf	3204 de	2170 b	967 fg	649 bc	1654 cde
7	M141979	1885 cd	2537 c	2218 ad	3599 cde	1671 ef	1081 def	751 b	1619 de
8	M141982	1908 cd	2210 cf	2286 abc	3753 bcd	1875 bf	1154 cde	684 bc	1704 cd
9	M141994	1475 def	2023 dg	2345 ab	4067 abc	2043 bcd	1168 cde	542 c	1680 cd
10	M141995	1718 cde	2029 dg	2252 abc	3876 abc	2007 be	1232 bcd	716 bc	1719 cd
11	M142005	1514 def	2023 dg	2281 abc	3531 cde	1978 be	1125 cf	716 bc	1658 cde
12	M142017	1850 cde	1951 efg	2054 cf	4247 ab	1820 cf	1295 abc	649 bc	1654 cde
13	M142025	1747 cde	2229 cde	2345 ab	3958 abc	2090 bc	1342 ab	676 bc	1792 c
14	M142038	1653 de	1757 g	1931 ef	3791 ad	1695 ef	1165 cde	676 bc	1530 ef
15	M142045	1877 cd	2108 dg	2191 ae	3598 cde	1725 def	1238 bcd	711 bc	1661 cde
16	M142069	1524 def	2121 dg	2190 ae	4348 a	1946 bf	1256 bcd	613 bc	1653 cde
17	M142070	1404 ef	2046 dg	1876 f	3899 abc	1632 f	1111 def	605 bc	1439 f
	Mean	1786	2310	2180	3706	1970	1151	725	1683
	LSD 5%	391	315	300	505	288	149	166	166

Archive of SID

نتایج منطقه سرارود

در سرارود طی سه سال زراعی ۹۳-۱۳۹۰، بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه بین سال‌های اجرای آزمایش در شرایط دیم و لاین‌های موردبررسی در شرایط آبیاری تکمیلی اختلاف آماری معنی‌داری وجود دارد (جدول ۵). به‌علاوه واکنش لاین‌ها در طی سال‌ها در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی متفاوت بوده است، به‌طوری‌که میانگین عملکرد لاین‌ها در طی سه سال به ترتیب ۲۴۸۷، ۹۰۷ و ۳۱۴۷ کیلوگرم در هکتار بوده است که نشان از تغییرات زیاد عملکرد لاین‌ها طی سال‌ها است. برخلاف دیم، در آزمایش آبیاری تکمیلی تغییرات بین سال‌ها بسیار جزئی بود، به‌طوری‌که متوسط عملکرد لاین‌ها در سه سال به ترتیب ۳۷۰۷، ۳۶۹۵ و ۳۷۱۶ کیلوگرم در هکتار بود. در مطالعات قبلی نیز مشاهده شده است انجام آبیاری در مراحل گرده‌افشانی و پر شدن دانه با بهبود سطح برگ پرچم و بهبود عملکرد پنجه‌ها می‌تواند باعث افزایش عملکرد دانه گردد (Aggarwal and Sinha, 1987; Oweis et al., 1998; Tavakkoli and Oweis, 2004).

www.SID.ir



شکل ۲. میانگین عملکرد لاین‌ها به همراه شاهد ساجی در مناطق مراغه و سرارود تحت شرایط آبیاری تکمیلی طی ۳ سال

Fig. 2. Mean of genotypes and checks in Maragheh and Sararood under suplementary Irrigations

در شرایط دیم سرارود، برخی لاین‌ها نظیر شماره ۹ و ۱۳ تقریباً ۱۳۰ کیلوگرم عملکرد بیشتری نسبت به شاهد ساجی (رقم معرفی‌شده برای مناطق معتدل و معتدل-سرد) داشتند؛ و لاین راسکون (RASCON_37/4/MAGH72/...) با عملکرد ۲۰۹۶ کیلوگرم در هکتار در آزمایش دیم جزو لاین‌های متوسط بود (جدول ۳). در آزمایش آبی، تقریباً نصف لاین‌های موردمطالعه عملکردی بیش از رقم ساجی داشتند، به‌عنوان‌مثال عملکرد لاین شماره ۱۶ تقریباً ۲۰ درصد بیش از رقم ساجی بود. ضمناً لاین راسکون با عملکرد ۳۵۹۴ کیلوگرم در هکتار، از عملکرد متوسطی برخوردار بود (شکل ۲).

نتایج منطقه قاملو

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه در قاملو طی سه سال زراعی ۹۳-۱۳۹۰، بین سال‌های اجرای آزمایش و لاین‌های موردبررسی اختلاف آماری معنی‌داری در شرایط دیم وجود داشت (جدول ۶). به‌علاوه واکنش لاین‌ها در طی سال‌ها در شرایط دیم متفاوت بوده است، به‌طوری‌که میانگین عملکرد لاین‌ها در طی سه سال به ترتیب ۱۵۵۹، ۲۶۲۵ و ۱۷۲۷ کیلوگرم در هکتار بوده است که نشان از تغییرات زیاد عملکرد لاین‌ها طی سال‌ها است. این افزایش عملکرد در سال دوم نه به دلیل افزایش بارندگی، بلکه به خاطر کاهش تعداد روزهای زیر صفر و افزایش دمای حداقل در طی زمستان بوده است که درمجموع باعث کاهش خسارت سرمای زمستانه در سال دوم گردیده است (شکل ۱).

در قاملو، نیمی از لاین‌ها عملکردی بیش از شاهد ساجی (۱۷۱۸ کیلوگرم) داشتند؛ و لاین راسکون با عملکرد ۲۵۷۶ کیلوگرم در هکتار برترین لاین دوروم بود (جدول ۳). علت عمده اختلاف عملکرد بین لاین راسکون (با تیپ رشد زمستانه) و رقم ساجی (با تیپ رشد بهاره) در منطقه بسیار سرد قاملو به تحمل بسیار زیاد راسکون به سرمای زمستان است (شکل ۱). فاولر و همکاران (Fowler et al., 1981) و فیضی و همکاران (Feizi et al., 2013) نیز اظهار داشتند که ارقامی با تیپ رشد زمستانه به علت دارا بودن مقدار زیادی قند و کربوهیدرات‌های ذخیره‌شده در طوقه و سایر اندام‌ها، از قدرت مقاومت به سرمای بیشتری برخوردار می‌باشند.

نتایج منطقه اردبیل

در اردبیل طی سه سال زراعی ۹۳-۱۳۹۰، برای عملکرد دانه اختلاف آماری معنی‌دار بین لاین‌ها، سال‌ها و اثرات متقابل ژنوتیپ در سال مشاهده شد (جدول ۷). دامنه تغییرات متوسط عملکرد دانه لاین‌های دوروم در طی سه سال از

Archive of SID

www.SID.ir

۹۶۷ (مربوط به لاین ۶) تا ۱۳۷۹ کیلوگرم در هکتار (مربوط لاین راسکون) متغیر بود و متوسط عملکرد رقم دوروم ساجی ۱۰۱۹ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). به‌علاوه واکنش لاین‌ها در طی سال‌ها در شرایط دیم متفاوت بوده، به‌طوری‌که میانگین عملکرد لاین‌ها در سال اول (۲۴۹۵ کیلوگرم) تقریباً ۵۲۰ درصد بیش از سال‌های دوم و سوم بود که نشان از تغییرات بسیار زیاد عملکرد لاین‌ها طی سال‌ها است. البته باید خاطرنشان کرد که کاهش عملکرد در سال‌های دوم و سوم برای لاین راسکون بسیار کمتر از بقیه لاین‌ها بود. این تغییرات بیشتر به دلیل کاهش ۱۵ و ۳۰ در صدی بارندگی به ترتیب در سال‌های دوم و سوم ا ست. البته باید توجه کرد که مجموعه عواملی نظیر کاهش دما و تعداد روزهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد و خسارت سرما نیز در مناطق سردسیر بر کاهش عملکرد دانه بسیار مؤثر هستند (شکل ۱).

جدول ۴. همبستگی ساده بین صفات در ژنوتیپ‌ها در مراغه تحت شرایط دیم (A) و آبیاری تکمیلی (B) زراعی

Table 4. Correlationd between the traits in Maragheh under rainfed (A) and irrigated (B) conditions

Trait صفت	Green Coverage	GH	Vig. Till	DHE	DMA	G. Fill.	AS	PLH	TKW
Growth Habit (GH) تیپ رشد	0.67**								A
Vigoure at Till. (Vig. Till.) ویگور در مرحله پنجه	0.91**	0.58**							
Days to heading (DHE) روز تا خوشه‌دهی	0.22	-0.17	0.28						
Days to maturity (DMA) روز تا رسیدگی	-0.49**	-0.16	-0.49**	-0.58**					
Grain Filling Period (G. Fill.) دوره پر شدن دانه	-0.39*	0.02	-0.42*	-0.94**	0.73**				
Agronomic Score (AS) شاخص زراعی	0.89**	0.60**	0.80**	0.10	-0.52**	-0.32			
Plant height (PLH) ارتفاع گیاه	0.00	0.32	-0.12	-0.82**	0.62**	0.74**	0.11		
Thosands Kernel Weight (TKW) وزن هزار دانه	-0.15	0.12	-0.22	-0.67**	0.72**	0.66**	-0.15	0.70**	
Grian Yield عملکرد دانه	0.12	0.21	0.05	-0.74**	-0.45**	0.67**	0.28	0.81**	0.62**
Trait	**Green Coverage**	**GH**	**Vig. Till**	**DHE**	**DMA**	**G. Filling**	**AS**	**PLH**	**TKW**
Growth Habit (GH) تیپ رشد	0.34								B
Vigoure at Till. (Vig. Till.) ویگور در مرحله پنجه	0.89**	0.15							
Days to heading (DHE) روز تا خوشه‌دهی	-0.63**	0.01	-0.77**						
Days to maturity (DMA) روز تا رسیدگی	-0.66**	-0.07	-0.75**	0.89**					
Grain Filling Period (G. Fill.) دوره پر شدن دانه	-0.17	-0.06	-0.09	-0.28	0.08				
Agronomic Score (AS) شاخص زراعی	0.73**	0.30	0.46**	-0.25	-0.37*	-0.26			
Plant height (PLH) ارتفاع گیاه	0.80**	0.48**	0.74**	-0.47**	-0.47**	-0.24	0.57**		
Thosands Kernel Weight (TKW) وزن هزار دانه	-0.29	0.33	-0.53**	0.72**	0.63**	-0.15	0.14	-0.15	
Grian Yield عملکرد دانه	0.92**	0.28	0.87**	-0.75**	-0.79**	-0.23	0.59**	0.80**	-0.40*

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪، ns: غیر معنی‌دار

**, * and ns Indicate significance at P=0.01 and 0.05, and non-significant, respectively.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه در سرارود تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی در سال‌های زراعی ۹۳-۱۳۹۰

Table 5. ANOVA results for grain yield in Sararood under rainfed and suplementary irrigation conditions

(SOV) منابع تغییر		درجه آزادی (df)	آبیاری تکمیلی (Irrigated)		شرایط دیم (Rainfed)	
			MS	F	MS	F
Year	سال	2	5925	0.003 ns	67593394	59.6 **
e_1	خطای اول	6	1828028	6	1133371	18.8
Genotype	ژنوتیپ	16	1064395	1.7 *	228903	0.71 ns
Year × Genotype	سال × ژنوتیپ	32	646491	2.2 **	321490	5.34 **
e2	خطای دوم	96	291040		60170	
Total	کل	152				
			CV = 15%		CV = 11%	

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪، ns: غیر معنی‌دار

**, * and ns Indicate significance at P=0.01 and 0.05, and non-significant, respectively.

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه در قاملو تحت شرایط دیم طی سال‌های زراعی ۹۳-۱۳۹۰

Table 6. ANOVA results for grain yield in Qamloo under rainfed conditions in 3 years

(SOV) منابع تغییر		درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)	F	Prob.
Year	سال	2	16748976	64 **	<.001
e_1	خطای اول	6	261601	2.8	
Genotype	ژنوتیپ	16	922441	2.56 **	<.01
Year × Genotype	سال × ژنوتیپ	32	359727	3.8 **	<.001
e2	خطای دوم	96	94379		
Total	کل	152			
			CV = 16%		

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪، ns: غیر معنی‌دار

**, * and ns Indicate significance at P=0.01 and 0.05, and non-significant, respectively.

جدول ۷. نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه در اردبیل تحت شرایط دیم طی سال‌های زراعی ۹۳-۱۳۹۰

Table 7. ANOVA results for grain yield in Ardabil under rainfed conditions in 3 years

(SOV) منابع تغییر		درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)	F	Prob.
Year	سال	2	69047964	7159 **	<.001
e_1	خطای اول	6	9645	0.4	
Genotype	ژنوتیپ	16	311822	3.2 **	<.01
Year × Genotype	سال × ژنوتیپ	32	97449	3.84 **	<.001
e2	خطای دوم	96	25407		
Total	کل	152			
			CV = 14%		

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪، ns: غیر معنی‌دار

**, * and ns Indicate significance at P=0.01 and 0.05, and non-significant, respectively.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج منطقه شیروان

بر اساس نتایج تجزیه واریانس برای عملکرد دانه در شیروان طی سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰، بین لاین های موردبررسی اختلاف آماری معنی‌داری در شرایط دیم وجود داشت (جدول ۸). به‌علاوه عملکرد لاین‌های دوروم از ۵۲۹ کیلوگرم برای ساجی تا ۱۰۳۲ کیلوگرم در هکتار برای لاین را سکون در شرایط دیم شیروان متغیر بود. میانگین عملکرد لاین‌ها در شیروان ۷۲۴ کیلوگرم در هکتار بوده که کمترین میزان در بین تمامی مناطق اجرای آزمایش بود. با توجه به اینکه شیروان با ۲۶۱ میلی‌متر بارندگی کمترین میزان بارندگی را در بین تمامی مناطق داشت، پایین‌ترین عملکرد برای این منطقه نیز احتمالاً به همین دلیل باشد. البته خسارت سرما در فصل زمستان (کاهش دما تا ۱۶- درجه سانتی‌گراد) و گرمای آخر فصل نیز مؤثر بودند (شکل ۱).

جدول ۸. نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه در شیروان تحت شرایط دیم طی سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰

Table 8. ANOVA results for grain yield in Shirvan under rainfed conditions

(SOV)	منابع تغییر	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)	F	Prob.
Rep	**تکرار**	2	111864	11	
Genotype	**ژنوتیپ**	16	94062	9.4 **	<.001
e	**خطا**	32	9961		
Total	**کل**	50			
			CV = 14%		

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪، ns: غیر معنی‌دار

**, * and ns Indicate significance at P=0.01 and 0.05, and non-significant, respectively.

نتایج تمامی مناطق

بر اساس نتایج تجزیه واریانس برای عملکرد دانه در تمامی مناطق مراغه، سرارود، قاملو، اردبیل و شیروان در طی سه سال زراعی مشاهده شد که بین لاین‌های موردبررسی، محیط‌ها و اثر متقابل محیط در ژنوتیپ اختلاف آماری معنی‌داری در تمامی ایستگاه‌ها وجود دارد (جدول ۹). بزرگی اثرات اصلی برای محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به ترتیب ۸۰ درصد، ۴ درصد و ۹ درصد مجموع مربعات کل بود. بزرگی اثرات محیط بیانگر متفاوت بودن محیط‌ها بوده که باعث ایجاد اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و ایجاد تنوع در عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها شده است. بزرگی اثر متقابل محیط در ژنوتیپ نسبت به ژنوتیپ حدود ۲ برابر بود که حاکی از وجود احتمالی مگا-محیط‌ها (mega-environments) می‌باشد (Yan and Kang, 2003). تأثیر کم ژنوتیپ در توجیه تنوع موجود شاید به این دلیل باشد که ژنوتیپ‌های موجود در این آزمایش در سال‌های گذشته در برنامه اصلاحی گندم دوروم برای عملکرد برتر و سازگاری نسبی انتخاب‌شده و لذا نسبت به محیط و اثر متقابل محیط در ژنوتیپ نقش کمتری در توجیه تنوع موجود داشته‌اند که با نتایج سایر محققین نیز در تطابق است (Samonte et al., 2005; Yan, 2001; Fan et al., 2007; Rose IV et al., 2008).

نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه، در پنج منطقه نشان داد متوسط عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در بین ایستگاه‌ها دارای اختلاف بسیار معنی‌دار است؛ به‌عبارت‌دیگر تأثیر محیط بر روی عملکرد ژنوتیپ‌ها در مناطق اجرای آزمایش یکسان نبود (جدول ۳) و بایستی پایداری عملکرد در محیط‌های مختلف موردبررسی قرار گیرد. میانگین عملکرد تمامی لاین‌ها به‌جز لاین ۴ و ۱۷ از شاهد ساجی برتر بود و در این میان عملکرد لاین راسکون ۳۶ درصد بیشتر از ساجی بود. با توجه به شرایط مطلوب آب و هوائی سرارود، بیشترین عملکرد متوسط لاین‌ها (۲۱۸۰ کیلوگرم) مربوط به این منطقه و کمترین عملکرد متوسط لاین‌ها (۷۲۵ کیلوگرم) در شیروان مشاهده شد. با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ در محیط می‌توان گفت عملکرد، کمتر توسط اثرات ژنتیکی کنترل شده و بیشتر تحت تأثیر شرایط

Archive of SID

www.SID.ir

محیطی قرار گرفته و تغییرات آن از محیطی به محیط دیگر متفاوت بود. ضمناً وجود اثر متقابل ژنوتیپ در محیط نشان می‌دهد یک ژنوتیپ در تمام محیط‌ها عملکرد مشابهی ندارد. این موضوع انتخاب ژنوتیپ دلخواه را مشکل کرده و امکان معرفی ژنوتیپ(هایی) خاص برای تمامی مناطق را سخت خواهد کرد. به‌عنوان‌مثال در سرارود، لاین ۹ و رقم ساجی به ترتیب کمترین و بیشترین عملکرد را داشتند، درحالی‌که وضعیت این لاین‌ها در شیروان کاملاً برعکس بوده است. البته باید خاطرنشان کرد که لاین راسکون در تمامی مناطق به‌جز منطقه سرارود از برتری قابل ملاحظه‌ای برخوردار بود (جدول ۳).

جدول ۹. نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه در مناطق مراغه، سرارود، قاملو، اردبیل و شیروان (۱۲ محیط) تحت شرایط دیم طی سال‌های زراعی ۹۳-۱۳۹۰

Table 9. Combined ANOVA results for grain yield in 12 environments under rainfed conditions in 2011-14 years

(SOV)	منابع تغییر	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)	F	Prob.
Location	**سال**	11	42412693	65.7 **	<.001
e1	**خطای اول**	24	646024	9.9	
Genotype	**ژنوتیپ**	16	1322822	4.32 **	<.001
Location × Genotype	**سال × ژنوتیپ**	176	305924	4.7 **	<.001
e2	**خطای دوم**	384	65004		
Total	**کل**	611			
			CV = 15%		

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪، ns: غیر معنی‌دار

**, * and ns Indicate significance at P=0.01 and 0.05, and non-significant, respectively.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس با مدل AMMI برای عملکرد دانه، اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها وجود دارد (جدول ۸). اثرات محیط ۷۲ درصد، اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط ۱۰ درصد و اثر ژنوتیپ‌ها تنها ۲ درصد از مجموع تغییرات را توجیه می‌کنند. تأثیر زیاد محیط در تغییرات عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در مناطق مختلف می‌تواند به دلیل اختلاف زیاد مناطق اجرای آزمایش ازنظر میزان و پراکنش بارندگی، خسارت سرمای زمستانه، نوع و بافت خاک باشد. سهم بسیار کم ژنوتیپ‌ها (۲ درصد) از مجموع تغییرات، نشان می‌دهد سهم تغییرات محیطی بر روی صفات کمّی نظیر عملکرد دانه خیلی بیشتر است (جداول ۱، ۲، ۳)؛ البته باید توجه داشت که اختلاف معنی‌داری بین لاین‌ها در تمامی محیط‌ها وجود داشت. همچنین سهم پنج برابری اثر متقابل ژنوتیپ در محیط نسبت به اثر اصلی ژنوتیپ نشان می‌دهد عکس‌العمل ژنوتیپ‌ها در محل اجرای آزمایش‌های کاملاً مختلف بوده است. تجزیه اثر ضرب‌پذیر مدل امی نشان داد از سه مؤلفه اثر متقابل، تنها مؤلفه اول معنی‌دار بود و توانست ۸ درصد از ۱۱ درصد مجموع اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را توجیه کند.

بر اساس نتایج شاخص «در جه پایداری امی» (AMMI Stabilty Value) که توسط پورچاسه (Purchase et al., 2000) ابداع گردیده (جدول ۱۰)، ژنوتیپ‌های ۶، ۸، ۱۴ و ۱۵ به دلیل داشتن مقادیر ASV کم از پایدار عمومی خوبی برخوردار بوده، ولی ژنوتیپ‌هایی نظیر سرداری، زردک و راسکون به دلیل داشتن مقادیر زیادتر AVS از پایداری خصوصی بیشتری برخوردار هستند. به‌عنوان‌مثال راسکون در اغلب محیط‌های سرد و مخصوصاً مراغه، قاملو و اردبیل از حداکثر عملکرد برخوردار بوده درحالی‌که در منطقه سرارود عملکرد آن در هر دو آزمایش دیم و آبیاری تکمیلی کمتر از شاهد ساجی بود (جدول ۳). نتایج حاصل از تجزیه امی تا حدودی با نتایج GGE بای پلات در این تحقیق نیز مطابقت داشت (شکل ۳).

نمایش چندضلعی (Convex hull) حاصل از تجزیه GGE بای‌پلات ۱۷ لاین در ۱۲ محیط در شکل ۳ نشان

Archive of SID

www.SID.ir

داده شـــده اســـت. در این تجزیه دو مؤلفه اصـــلی اول مدل رگر سیون مکانی، ۷۴ در صد از کل تغییرات م شاهده شده (مجموع اثرات ژنوتیپ و ژنوتیپ در محیط) را توجیه نمودند. لاین‌های تشکیل‌دهنده رئوس چندضلعی (سرداری، راسکون، زردک، لاین ۴، ســـاجی، لاین های ۱۷ و ۹) بهترین و یا ضـــعیف‌ترین عملکرد دانه را در برخی از محیط‌ها و یا همه محیط‌ها داشتند، چراکه بیشترین فاصله از مرکز بای‌پلات را دارند (Yan and Kang, 2003). با توجه به خطوط عمودی بر هر ضـــلع پلی‌گون، محیط‌ها به ســـه گروه و ژنوتیپ‌ها به چهار گروه تفکیک‌شـــده‌اند. در اولین گروه محیطی (مراغه، قاملو، اردبیل و شیروان) که شامل دیم‌زارهای سرد می‌باشند، گندم نان سرداری و لاین گندم دوروم را سکون واقع شده‌اند که بیشـــترین عملکرد را نیز در این محیط‌ها داشـــتند. در دومین گروه محیطی (شـــامل ســـال اول قاملو و ســـال دوم سرارود) رقم زردک و لاین ۴ بیشترین عملکرد را داشتند. در گروه ســـوم محیطی (ســـال اول ســـرارود)، لاین شـــماره ۹ حداکثر عملکرد را داشـــت. به‌علاوه، لاین ۱۷ در هیچ‌یک از محیط‌ها برتر نبود و کمترین متوســـط عملکرد را در تمامی محیط‌ها داشـــت. همچنین لاین‌های واقع در نزدیکی مرکز بای‌پلات (۶، ۸ و ۱۵) ضـمن داشـتن عملکردی متوسـط، از کمترین اثر متقـابـل ژنوتیـپ در محیط برخوردار بوده و می‌توان گفت از سازگاری عمومی خوبی برخوردار هستند.

جدول ۱۰. دو مؤلفه اول اثر متقابل و ارزش پایداری امی (ASV) در لاین‌های دوروم در پنج منطقه طی سال‌های ۹۳-۱۳۹۰

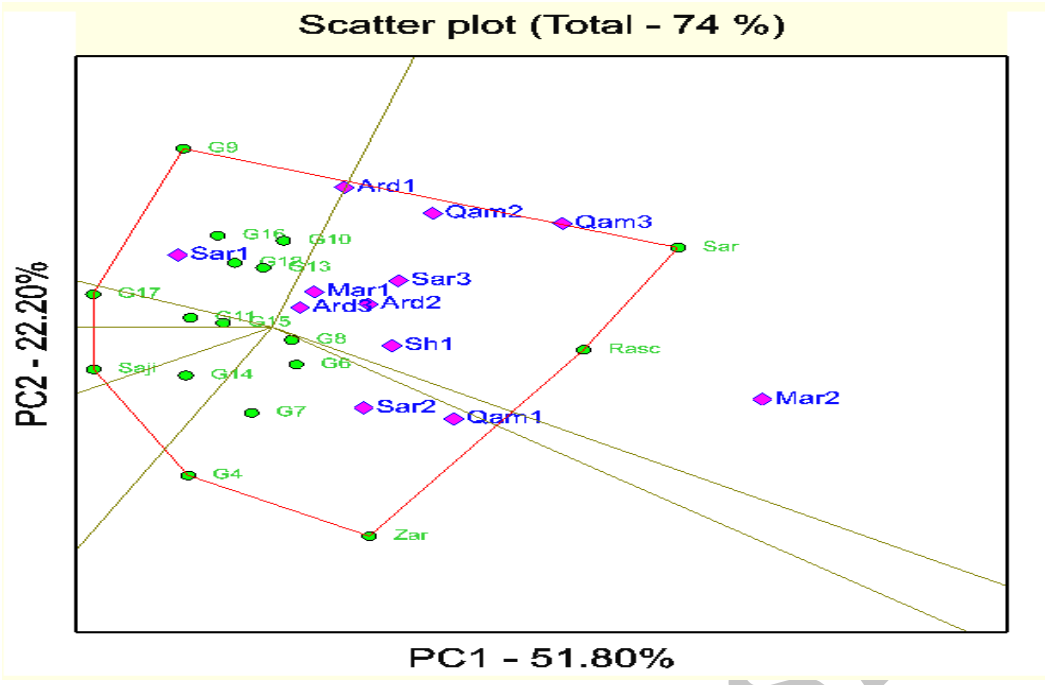
Table 10. Interaction Principle Component Parameters and AMMI stability value (AVS) in durum genotypes in 5 environments in 2011-14 years

کد ژنوتیپ Genotype Code	ژنوتیپ Genotype	میانگین عملکرد Yield mean	$IPCA_1$	$IPCA_2$	شاخص پایداری امی AMMI Stability Value
G1	Saji	1478	12.0	13.3	26
G2	Zardak	1729	-19.4	22.9	43
G3	Sardari	2202	-24.8	-21.0	52
G4	TOPDY_18/…	1434	-7.1	12.4	18
G5	RASCON_37…	2012	-26.3	-10.7	51
G6	M84859	1654	-6.1	-0.1	12
G7	M141979	1619	-4.1	9.9	13
G8	M141982	1704	-2.3	0.5	4
G9	M141994	1680	19.3	-14.4	39
G10	M141995	1719	4.3	-10.0	13
G11	M142005	1658	9.7	6.6	20
G12	M142017	1654	6.1	-8.2	14
G13	M142025	1792	8.8	1.6	17
G14	M142038	1530	1.8	5.2	6
G15	M142045	1661	5.4	3.7	11
G16	M142069	1653	9.6	-9.2	20
G17	M142070	1439	13.2	-2.5	25

برر سی همب ستگی بین محیط‌ها ن شان داد زاویه بین بردار محیط‌های مراغه و اردبیل کوچک بوده و همبســـتگی بین آن‌ها زیاد اســـت (شـــکل ۴). بیشـــترین همبســـتگی بین محیط‌هایی نظیر ســـال اول اردبیل، ســـال دوم و ســـوم قاملو ملاح ظه می گردد چرا که مابین این محیط ها زاو یه حاده وجود دارد. محیط‌هایی نظیر ســـال‌های دوم ســـرارود و قاملو دارای زاو یه نزد یک به قائ مه بوده و محیط های مجزا محســـوب می‌شـــوند. بین بردار محیط‌های ســـال اول و دوم ســـرارود زاویه باز (۱۸۰ درجه) وجود داشـــته که بیانگر همبستگی بسیار منفی (حدود ۱-) بین آن‌ها است. توجه به اطلاعات هواشـــناســـی ســـال اول و دوم در ســـرارود اختلاف زیادی در میزان بارندگی، تعداد روزهای زیر صـــفر و حداقل دمای مطلق بین این دو سال وجود دارد (شکل ۱).

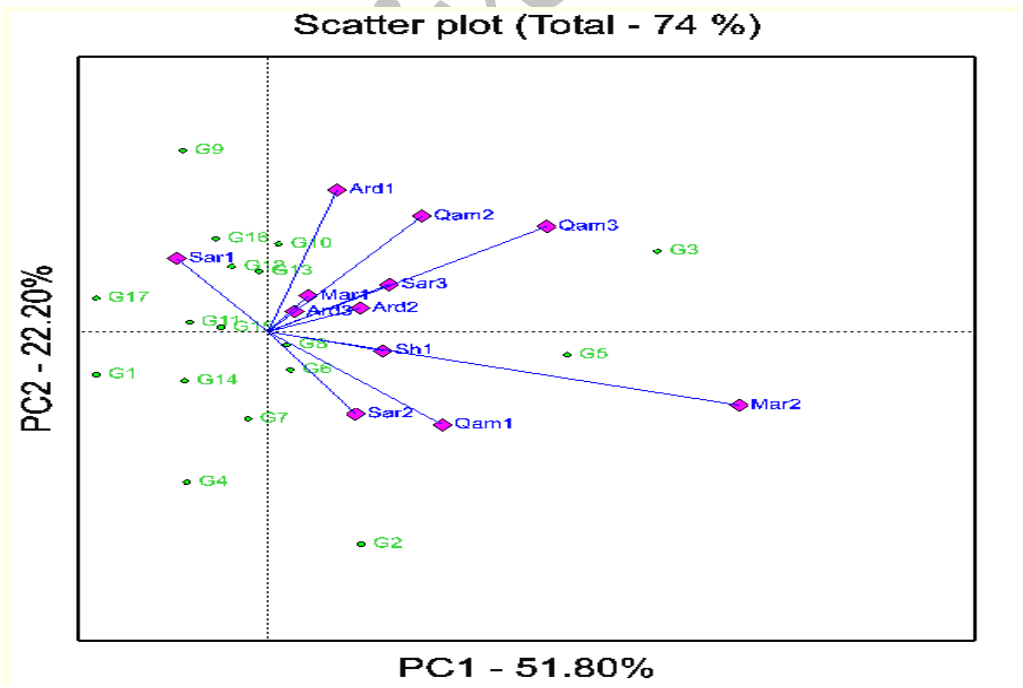
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳. نمایش گرافیکی GGE بای‌پلات جهت تعیین برتری کدام ژنوتیپ(ها) در کدام محیط(ها) برای ۱۷ ژنوتیپ تحت شرایط دیم در پنج منطقه مراغه، سرارود، قاملو، اردبیل و شیروان مشتمل بر ۱۲ محیط (Mar1, Mar2, Sar1, Sar2, Sar3, Qam1, Qam2, Qam3, Ard1, Ard2, Ard3, Sh1) (کدهای عددی ۱، ۲ و ۳ سال‌های اجرای آزمایش می‌باشند).

Fig. 3. Polygon views of the GGE-biplot based on symmetrical scaling for the which-won where pattern for 17 genotypes in 5 environments. Green and blue numbers stand for genotypes and environments, respectively.



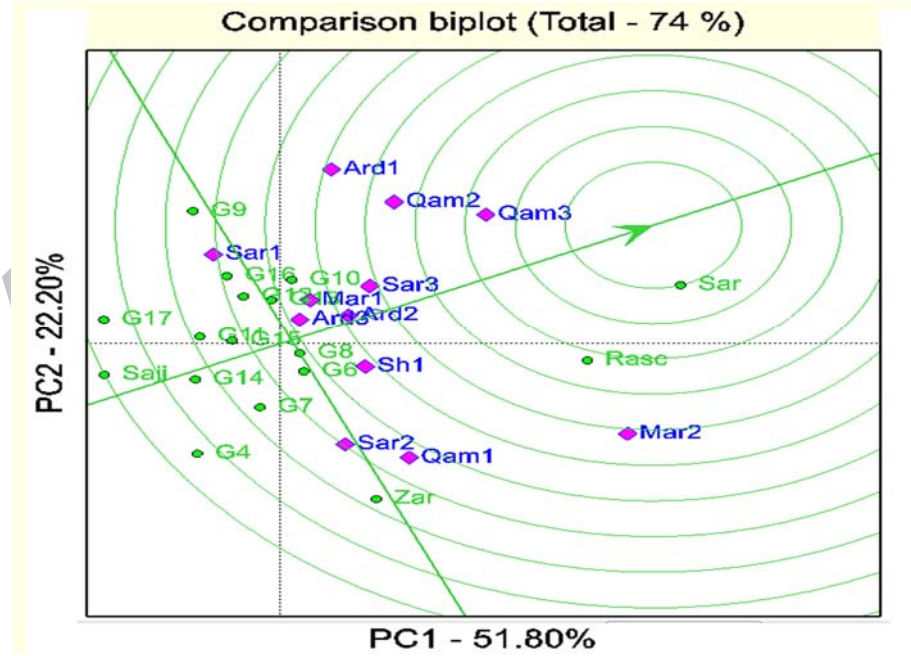
شکل ۴. بای‌پلات نقشه روابط محیطی (همبستگی) در ۱۲ محیط مورد آزمایش (Mar1, Mar2, Sar1, Sar2, Sar3, Qam1, Qam2, Qam3, Ard1, Ard2, Ard3, Sh1) (کدهای عددی ۱، ۲ و ۳ سال‌های اجرای آزمایش می‌باشند).

Fig. 4. GGE-biplot based on environment-focused scaling for 12 environments. Green and blue numbers stand for genotypes and environments, respectively.

www.SID.ir

قابلیت تمایز (Discriminating ability) یکی از ویژگی‌های مهم هر محیط بوده، به‌طوری‌که محیط‌های فاقد قابلیت تمایز نمی‌توانند اطلاعات مفیدی در مورد ارقام ارائه نمایند. ازاین‌رو در بای‌پلات همبستگی بین محیط‌ها، طول بردار محیط که تقریبی از انحراف معیار درون هر محیط است، شاخصی برای قابلیت تمایز محیط‌هاست (Yan and Kang, 2003). با توجه به طویل بودن بردار محیط‌های مراغه و قاملو، می‌توان گفت این محیط از قابلیت تمایز بیشتری نسبت به بقیه محیط‌ها برخوردار بوده و بهتر توانسته‌اند اختلاف بین ژنوتیپ‌ها را نشان دهند. احتمالاً سرمای بسیار شدید (۲۸- درجه سانتی‌گراد) و درنتیجه کاهش شدید عملکرد برخی از لاین‌های حساس به سرما دلیل اصلی افزایش قدرت تمایز این محیط‌ها باشد. ضمناً، قدرت تمایز محیط اردبیل (سال اول و دوم) و شیروان از بقیه محیط‌ها کمتر بود.

ژنوتیپ ایده‌آل بایستی از بیشترین میانگین عملکرد در محیط‌های موردمطالعه و پایدار نسبت به شرایط محیطی برخوردار باشد (Yan, 2002). چنین ژنوتیپی به‌عنوان ژنوتیپی که دارای بیشترین طول بر روی بردار میانگین ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و دارای حداقل نقش در اثر متقابل ژنوتیپ در محیط باشد، تعریف شده است. اگرچه چنین ژنوتیپی در عمل وجود ندارد، اما می‌تواند به‌صورت یک ژنوتیپ مرجع برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها مورداستفاده قرار گیرد. ژنوتیپی ایده‌آل است که به این مرجع نزدیک‌تر باشد. بنابراین برای استفاده از ژنوتیپ ایده‌آل به‌عنوان مرکز ارزیابی، دایره‌های هم‌مرکزی در بای‌پلات به‌منظور تعیین گرافیکی فاصله بین ژنوتیپ‌های مطالعه شده با ژنوتیپ ایده‌آل ایجاد شده است (شکل ۵). بر این اساس تنها گندم نان سرداری و لاین دوروم راسکون را می‌توان به‌عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب در نظر گرفت چراکه به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک‌تر بوده و از میانگین عملکرد و پایداری بالایی برخوردار می‌باشند. در مقابل رقم ساجی و لاین‌های G4، G17، G11 و G14 به‌عنوان ژنوتیپ‌های نامطلوب تعیین شدند زیرا دارای بیشترین فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل بودند.

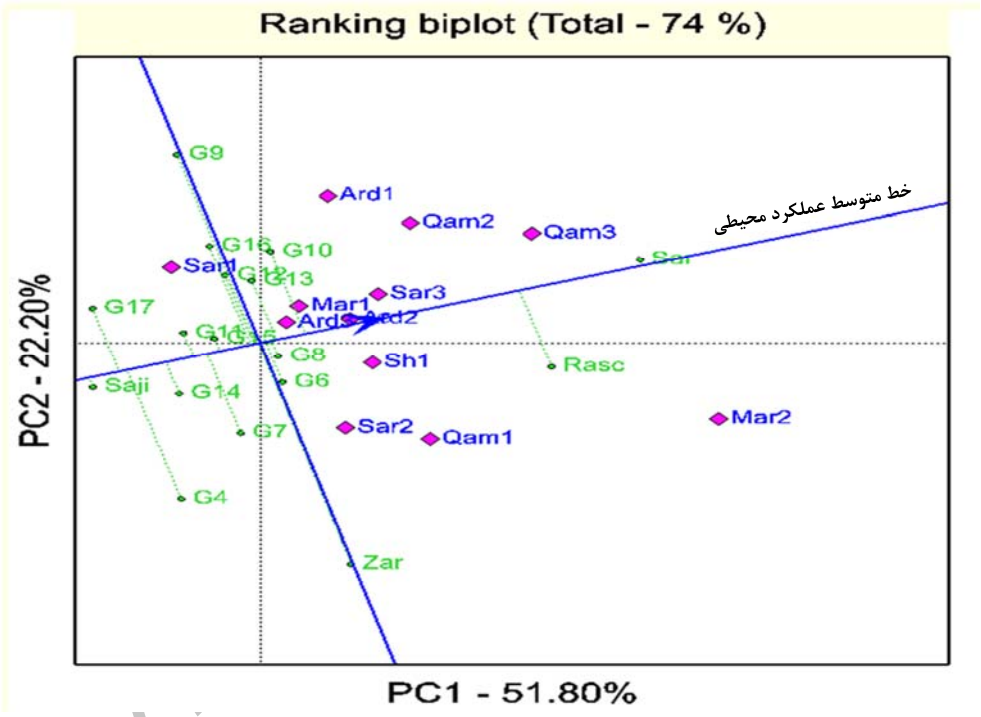


شکل ۵. ارزیابی ۱۷ ژنوتیپ موردبررسی نسبت به ژنوتیپ ایده‌آل در ۱۲ محیط مورد آزمایش (Mar1, Mar2, Sar1, Sar2, Sar3, Qam1, Qam2, Qam3, Ard1, Ard2, Ard3, Sh1) تحت شرایط دیم.

Fig. 5. GGE-biplot based on genotype-focused scaling for comparison 17 genotypes with the ideal genotype. Green and blue numbers stand for genotypes and environments, respectively.

www.SID.ir

ارزیابی هم‌زمان ژنوتیپ‌ها بر اســـاس عملکرد و پایداری یکی از جنبه‌های مهم مدل GGE بای‌پلات اســت. شـکل ۶ رتبه‌بندی ۱۷ ژنوتیپ بر اســـاس عملکرد دانه و پایداری عملکرد در محیط‌های مختلف را نشـــان می‌دهد. خط مورب که از مرکز بای‌پلات و از نقطه ایده‌آل (که نماینده متوســـط ضـــرایب دو مؤلفه اول اثر متقابل در مدل GGE بای‌پلات ا ست) می‌گذرد، خط متو سط عملکرد محیطی (Average Environment Coordination) نامیده می‌شـــود (Yan and Kang, 2003). ژنوتیپ‌هایی که به مرکز دایره که بر روی این خط قرار دار ند نزد یک‌تر باشـــند دارای عملکرد بی شتری می‌با شند. خطی که بر خط AEC عمود و از مرکز بای‌پلات می‌گذرد معیار سنجش پایداری ژنوتیپ‌ها است. هر چه ژنوتیپ‌ها از این خط AEC فاصله بیشتری داشته باشند در اثر متقابل نقش بیشـــتری داشـــته و پایداری کمتری خواهند داشت. بر این اساس رقم سرداری، ساجی، لاین‌های ۸ و ۱۵ پایدارترین ژنوتیپ ها بودند با این تفاوت که رقم ســـرداری دارای بیشـــترین و رقم ســـاجی دارای کمترین میانگین عملکرد در تمامی محیط ها بود. لاین راســـکون با بیشـــترین عملکرد در بین تمامی ژنوتیپ های دوروم از پایداری نســـبتاً بالایی برخوردار بود. رقم زردک و لاین ۹ ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها با عملکرد متوسط بودند.



شکل ۶. خط متوسط عملکرد محیطی در مقایسه ۱۷ ژنوتیپ موردبررسی بر اساس عملکرد دانه و پایداری در ۱۲ محیط مورد آزمایش (Mar1, Mar2, Sar1, Sar2, Sar3, Qam1, Qam2, Qam3, Ard1, Ard2, Ard3, Sh1) تحت شرایط دیم. خط مورب، خط متوسط عملکرد محیطی (Average Environment Coordination) نامیده می‌شود.

Fig. 6. Average environment coordination (AEC) views of the GGE-biplot based on environment-focused scaling for the means performance and stability of genotypes.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج این تحقیق نشـــان داد که واکنش ژنوتیپ‌ها به محیط‌ها ازلحاظ آماری متفاوت و معنی‌دار بود. بزرگی ۲۰ برابری اثر محیط نســـبت به اثر ژنوتیپ نشـــان‌دهنده وجود گروه‌های محیطی متفاوت و امکان انتخاب برای ســـازگاری خصوصی را فراهم می‌نماید. انجام آبیاری در مراحل کشت و اوایل گرده‌افشـــانی توانســـت عملکرد عمومی لاین‌ها را ۳۰ و ۷۰ در صد به ترتیب در مناطق مراغه و سرارود افزایش دهد

www.SID.ir

که این افزایش برای لاین راسکون در منطقه مراغه ۴۲ درصد بوده است که از این پتانسیل می‌توان برای معرفی ارقامی مناسب برای آبیاری تکمیلی بهره جست. بررسی همبستگی صفات در منطقه مراغه تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی نشان داد میزان پوشش سبز، تیپ رشد زمستانه، شاخص زراعی و ارتفاع گیاه همبستگی مثبت با عملکرد دانه در هر دو شرایط داشته ولی همبستگی عملکرد با صفات تعداد روز تا خوشه‌دهی و رسیدگی منفی بود.

ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌ها با استفاده از آماره‌های پایداری فنوتیپی نظیر شاخص پایداری امی (ASV) و GGE بای‌پلات نشان داد که امکان انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار و پرمحصول در بین لاین‌های پیشرفته دوروم نسبت به ارقام شاهد وجود داشته و لاین‌هایی نظیر راسکون در مناطق سردی مثل مراغه، قاملو و اردبیل و لاین ۱۳ در منطقه سرارود می‌توانند منبع ژنتیکی مطلوبی برای معرفی ارقام دوروم متحمل به تنش‌های خشکی و سرما در دیم‌زارهای این مناطق باشند. به‌علاوه، نتایج AMMI و شاخص پایداری امی (ASV) در مقایسه با نتایج GGE بای‌پلات نشان داد که تمامی این شاخص‌ها از پتانسیل خوب برای ارزیابی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها برخوردار بوده و این در حالی است که نتایج GGE بای‌پلات بسیار کاربردی‌تر بوده و می‌تواند به صورت گسترده‌ای در بررسی ژنوتیپ‌ها در مناطق و سال‌های متعدد در برنامه‌های اصلاح غلات بکار گیرد.

منابع

Aggarwal, P., Sinha, S., 1987. Response of droughted wheat to mid-season water application: recovery in leaf area and its effect on grain yield. Functional Plant Biology. 14, 227-237.

Akcura, M., Kaya, Y., Taner, S., 2005. Genotype-environment interaction and phenotypic stability analysis for grain yield of durum wheat in the Central Anatolian region. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 29, 369-375.

Benli, B., Pala, M., Stockle, C., Oweis, T., 2007. Assessment of winter wheat production under early sowing with supplemental irrigation in a cold highland environment using CropSyst simulation model. Agricultural Water Management. 93, 45-53.

Blum, A., 1988. Plant Breeding for Stress Environments. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida.

Cakmak, I., Pfeiffer, W.H., McClafferty, B., 2010. Review: biofortification of durum wheat with zinc and iron. Cereal Chemistry. 87, 10-20.

Chen, T., Xu, G., Wang, Z., Zhang, H., Yang, J., Zhang, J., 2015. Expression of proteins in superior and inferior spikelets of rice during grain filling under different irrigation regimes. Proteomics. 16, 102-121.

De Lacy, I.H., Basford, K.E., Cooper, M., Bull, J.K., Macclaren, C.G., 1996. Analysis of multi-environmental interaction and adaptation. In: Hayward, D., Bosemark, N.O., Romagosa, I., Eds. Plant Breeding, Principals and Prospects. Chapman and Hall. London UK.

Eberhart, S.A., Russell, W.A., 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science. 6, 36-40.

Fan, X.-M., Kang, M.S., Chen, H., Zhang, Y., Tan, J., Xu, C., 2007. Yield stability of maize hybrids evaluated in multi-environment trials in Yunnan, China. Agronomy Journal. 99, 220-228.

Feizi, M., Sadeghzadeh, B., Ansari, Y., Dolatpanah, T., 2013. Genetic variation of soluble sugars and growth habit, and the relationship between these traits with cold tolerance in barley genotypes. Journal of Research in Crop Sciences. 6, 1-10. [In Persian with English Summary].

Finlay, K.W, Wilkinson, G.N., 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. Crop and Pasture Science. 14(6), 742-754.

Fowler, D.B., Gusta, L.V., Tyler, N.J., 1981. Selection for winter hardiness in wheat. III. Screening methods. Crop Science. 21, 896-901.

Francis, T., Kannenberg, L., 1978. Yield stability studies in short-season maize. I. A descriptive method for grouping genotypes. Canadian Journal of Plant Science. 58, 1029-1034.

Archive of SID

www.SID.ir

Garcia del Moral, L.F., Rharrabti, Y., Villegas, D., Royo, C., 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean conditions: An ontogenic approach. Agronomy Journal. 95, 266-274.

Gauch, H.G., 1992. Statistical Analysis of Regional Trials. AMMI Analysis of Factorial Designs. Elsevier, New York, USA.

Gauch, H.G., 2006. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. Crop Science. 46, 1488-1500.

Gauch, H.G., Zobel, R.W., 1996. AMMI analysis of yield trials. In: Kang, M.S., Gauch, H.G., (eds.), Genotype by Environment Interaction. CRC Press: Boca Raton, FL.

Giunta, F., Motzo, R., Deidda, M., 1993. Effect of drought on yield and yield components of durum wheat and triticale in a Mediterranean environment. Field Crops Research. 33, 399-409.

Heidari-Sharifabad, H., 2008. Drought mitigation strategies for the agriculture sector. The 10th Iranian Congress of Crop Sciences. Karaj, Iran. [In Persian with English Summary].

Ilbeyi, A., Ustun, H., Oweis, T., Pala, M., Benli, B., 2006. Wheat water productivity and yield in a cool highland environment: Effect of early sowing with supplemental irrigation. Agricultural Water Management. 82, 399-410.

Iranian Ministry of Agriculture, 2011. Agricultural Statisctic Booklet. Misitry of Jihad-e-Agriculture, Department of Planning and Economics. [In Persian with English Summary].

Kang, M.S., 1993. Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for growers. Agronomy Journal. 85, 754-757.

Nachit, M.M., 2002. Breeding for improved resistance to drought in durum wheat. ICARDA Caravan, ICARDA.

Nachit, M.M., Nachit, G., Ketata, H., Gauch, H., Zobel, R., 1992. Use of AMMI and linear regression models to analyze genotype-environment interaction in durum wheat. Theoretical and Applied Genetics. 83, 597-601.

Ortiz-Ferrara, G., Yau, S., Assad Moussa, M., 1991. Identification of agronomic traits associated with yield under stress conditions. In: Acevedo, E., Conesa, A.P., Monneveux, P., Eds. Physiology Breeding of Winter Cereals for Stressed Mediterranean Environments. Paris: INRA.

Oweis, T., Pala, M., Ryan, J., 1998. Stabilizing rainfed wheat yields with supplemental irrigation and nitrogen in a Mediterranean climate. Agronomy Journal. 90, 672-681.

Purchase, J., Hatting, H., Van Deventer, C., 2000. Genotype× environment interaction of winter wheat, Triticum aestivum L. in South Africa: II. Stability analysis of yield performance. South African Journal of Plant and Soil. 17, 101-107.

Rose IV, L.W., Das, M.K., Taliaferro, C.M., 2008. A comparison of dry matter yield stability assessment methods for small numbers of genotypes of bermudagrass. Euphytica. 164, 19-25.

Royo, C., Abaza, M., Blanco, R., del Moral, L.F.G., 2000. Triticale grain growth and morphometry as affected by drought stress, late sowing and simulated drought stress. Functional Plant Biology. 27, 1051-1059.

Sadeghzadeh, B., Abediasl, G., Sadeghzadeh-ahari, D., 2012. Evaluating agronomic traits related to grain yield of durum wheat landraces in drylands condition. Iranian Journal of Dryland Agricultural Science. 1, 40-62 [In Persian with English Summary].

Samonte, S.O.P., Wilson, L.T., McClung, A.M., Medley, J.C., 2005. Targeting cultivars onto rice growing environments using AMMI and SREG GGE biplot analyses. Crop Science 45, 2414-2424.

Shukla, G., 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. Heredity. 29, 237-245.

Tavakkoli, A.R., Oweis, T.Y., 2004. The role of supplemental irrigation and nitrogen in producing bread wheat in the highlands of Iran. Agricultural Water Management. 65, 225-236. [In Persian with English Summary].

Trethowan, R., Reynolds, M., 2007. Drought resistance: genetic approaches for improving productivity under stress. In: Trethowan, R.M., Reynolds, M. (eds.), Wheat Production in Stressed Environments. Springer Pub., The Netherlands.

Wricke, G., 1962. Evaluation method for recording ecological differences in field trials. Z. Pflanzenzücht. 47, 92-96.

Yan, W., 2001. GGEbiplot - A Windows application for graphical analysis of multienvironment trial data and other types of two-way data. Agronomy Journal. 93, 1111-1118.

Archive of SID

www.SID.ir

Yan, W., 2002. Singular-value partitioning in biplot analysis of multienvironment trial data. Agronomy Journal. 94, 990-996.

Yan, W., Kang, M.S., 2003. GGE Biplot Analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists, and Agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL.

Yan, W., Kang, M.S., Ma, B., Woods, S., Cornelius, P.L., 2007. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. Crop Science. 47, 643-653.

Archive of SID

www.SID.ir