نشریه علمی زراعت و اصلاح نباتات ایران

ISSN NO: 2008-8485

جلد ۱۵، شماره ٦، بهار ۱۳۹۸، صفحات ۱۰٦-۸۵

ارزیابی سازگاری ژنوتیپ‌های برنج به روش GGE بای‌پلات به منظور کشت فراسرزمینی در چند کشور آسیای مرکزی و غربی

Assessing the adaptability of rice genotypes through GGE Biplot for farmland grabbing in some Central and West Asian countries

حسین رحیم سروش[۱]، عباس شهدی کومله[۱*]، علیرضا ترنگ[۱]، مریم حسینی چالشتری[۱]، مهرزاد اله‌قلی‌پور[۲] و علیرضا حقیقی حسنعلیده[۳]

تاریخ دریافت : تاریخ پذیرش:

چکیده

این تحقیق جهت بررسی سازگاری و مقایسه عملکرد و برخی صفات مهم زراعی و کیفی برنج با استفاده از ١٤ ژنوتیپ برنج شامل ۱۲ رقم و لاین ارسالی از مؤسسه تحقیقات برنج به همراه یک شاهد منطقه‌ای (خزر) و یک شاهد بومی (هاشمی، استقلال، یاسمین و عثمان‌چیک) در محیط شالیزارهای مناطقی از کشورهای ایران، آذربایجان، ترکیه و عراق به عنوان اوّلین پروژه تحقیقاتی بین‌المللی برای کشورهای منطقه آسیای مرکزی و غربی و تحت برنامه ایجاد شبکه تحقیقات و ارزیابی چند محیطی برای بهبود ذخایر ژنتیکی برنج در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تجزیه واریانس ساده و مرکب، مقایسه میانگین صفات و تجزیه پایداری به روشGGE بای‌پلات انجام گرفت. نتایج تجزیه پایداری عملکرد براساس تجزیه مرکب در سه منطقه ترکیه، عراق و ایران به روش GGE بای‌پلات نشان داد که پایدارترین ژنوتیپ‌ها به ترتیب ژنوتیپ‌های گوهر، درفک، -184104 34، 184104-11، 18333-12 و 18425-20 بودند. این ژنوتیپ‌ها دارای عملکرد بالاتر از متوسط کل بودند. نتایج حاصل از این پژوهش منجر به انتخاب لاین 18426-56-3 در ترکیه، دو رقم درفک و شیرودی در عراق، پنج لاین امیدبخش شامل 18425-20، 18426-56-3، 184104-34، 184104-11 و 18433-12 در ایران، ارقام گوهر، شیرودی، درفک و لاین 184104-11 در آذربایجان به عنوان لاین‌های با عملکرد بالا و متوسط و دارای خصوصیات زراعی وکیفیت دانه مطلوب، جهت ارزیابی در آزمایش‌های پیشرفته‌تر در برنامه اصلاح و معرفی مستقیم رقم، شد.

واژه‌های کلیدی: بای‌پلات، برنج، پایداری، سازگاری

۱- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.

۲- دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.

۳- کارشناس، مرکز بین‌المللی برنج آسیای مرکزی و غربی، رشت، ایران.

* نویسنده مسئول مکاتبات، پست الکترونیک: shahdiabbas8@gmail.com

مقدمه

از زمان وقوع بحران اقتصادی جهانی، روند برون‌سپاری (Outsourcing) جهت به دست آوردن تولیدات کشاورزی، خوراک و سوخت‌های زیستی توجه زیادی به خود جلب کرده است (Hules and Singh, 2017). اصطلاح «کشت فراسرزمینی» (Farmland grab) اولین بار در سال ۲۰۰۸ (GRAIN, 2008) عنوان شد و بلافاصله تحقیقات و گزارشات زیادی پیرامون آن منتشر شد. کشت فراسرزمینی به خرید و یا اجاره دراز مدت زمین توسط سرمایه‌گذاران خارجی دولتی یا خصوصی به منظور تولید محصولات کشاورزی برای بازارهای منطقه‌ای و بین‌المللی اطلاق می‌شود (Hules and Singh, 2017).

آمارها نشان می‌دهند که در سال ۲۰۱۹ در مجموع ۳۳/۴ میلیون هکتار از اراضی دنیا تحت کشت فراسرزمینی قرار دارند که در این میان کشور غنا با در اختیار قرار دادن ۱۸ میلیون هکتار از زمین‌های خود در رتبه اول قرار دارد. در بین کشورهای سرمایه‌گذار نیز، کشورهای چین و امریکا بیشترین سرمایه‌گذاری را در کشت فراسرزمینی انجام داده‌اند. نکته جالب این است که تنها کشورهای فقیر نیستند که اراضی خود را در اختیار سرمایه‌گذاران خارجی می‌گذارند، بلکه کشورهای توسعه یافته نیز با توجه به زیرساخت‌های خود و فواید اقتصادی این روش، اقدام به تهیه امکانات جهت کشت فراسرزمینی سرمایه‌گذاران خارجی دولتی و خصوصی می‌کنند. بعنوان مثال کشور روسیه حدود ۸ میلیون هکتار از اراضی خود را جهت کشت فراسرزمینی در اختیار سرمایه‌گذاران خارجی قرار داده است (The Land Matrix, 2019).

کشت فراسرزمینی یکی از راهکارهای ایجاد امنیّت غذایی در کشورهای در حال توسعه و کشورهایی که از نظر تأمین غذایی دچار مشکل هستند، است. بسیاری از کشورها به اهمیّت این مسئله پی برده و با توجه به محدودیت منابع داخلی اقدام به کشت در سایر کشورها می‌کنند به عنوان مثال کشور قطر که تنها یک درصد زمین‌هایش قابلیّت کشت محصول را دارد، اقدام به خرید زمین از ویتنام و کامبوج جهت کشت برنج نموده است (Daniel, 2011). در کشت فراسرزمینی اولویت با کشورهایی است که دارای مرز مشترک هستند. همچنین باید در نظر داشت، بر اساس اصل مهم جلوگیری از وابسته شدن به یک منبع خاص، لازم است که کشت فراسرزمینی در چند کشور پیگیری شود تا از ایجاد وابستگی به یک کشور، جلوگیری شود (Zand *et al.*, 2014). از طرف دیگر کشت فراسرزمینی در کشور میزبان نیز علاوه بر افزایش درآمدهای مالی، سبب بهبود زیر ساخت‌های صنعت کشاورزی و افزایش فرصت‌های شغلی می‌شود. بنابراین انجام تحقیقات در زمینه سازگاری و پایداری ارقام جهت استفاده در کشت‌های فراسرزمینی ضرورتی انکار ناپذیر است.

برای معرفی ارقام اصلاح شده، عملکرد ارقام به تنهایی یک معیار مناسب برای انتخاب نیست بلکه میزان سازگاری و پایداری نیز نقش مهمی دارد. بدین منظور آزمایش‌های مقایسه عملکرد در مناطق و سال‌های مختلف انجام می‌شود (Khush, 1990). در آزمایش‌های منطقه‌ای علاوه بر مقایسه میانگین‌ها، اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و پایداری نیز تجزیه و تحلیل می‌شود (Farshadfar, 2010). به طور کلی هر واریته در محیط خاصی دارای پایداری عملکرد بیشتری است. اصلاح کنندگان گیاه سعی می‌کنند واریته‌هایی با

پایداری عملکرد و سازگاری زیاد معرفی کنند، هرچند بیشتر صفات زراعی تابع عوامل محیطی هستند. وجود اثر متقابل موجب پیچیده شدن ارزیابی ارقام و کاهش بازده ناشی از انتخاب می‌شود. بنابراین مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در برنامه‌های اصلاحی کاملاً ضروری است (Mostafavi *et al*., 2014). وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط یکی از چالش‌های پیچیده در برنامه‌های اصلاحی برای تولید ژنوتیپ‌های پر محصول است که سبب کاهش بازده روش‌های اصلاحی شده و مانع از گسترش و توسعه ارقام اصلاح شده می‌شود و دارای اهمیّت ویژه‌ای است (Yan *et al*., 2007). آگاهی از اثر متقابل ژنوتیپ × محیط منجر به افزایش دقت در ارزیابی ژنوتیپ‌ها می‌شود (Roy, 2000). برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و تعیین ژنوتیپ‌های پایدار روش‌های متعددی همچون روش‌های پارامتری تک متغیره، چند متغیره و ناپارامتری وجود دارد (Mohaddesi *et al*., 2016).

روش GGE (Genotypes and Genotype × Environment interactions) بای‌پلات با استفاده از ویژگی‌های نمودار بای‌پلات و روش چند متغیره تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر خلاف روش مرسوم چند متغیره تجزیه پایداری AMMI (Additive Main effects and Multiplicative Interaction) که تنها اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را مد نظر قرار می‌دهد، از اثر اصلی ژنوتیپ نیز استفاده می‌کند. پژوهش‌های متعدد نشان داده است که در بیشتر آزمایش‌های تجزیه پایداری اثر اصلی محیط زیاد است، در حالی که تغییرات توجیه شده به وسیله اثر اصلی ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط که قابل توصیه و تفسیر هستند، کم است. از آنجایی که محیط عامل غیر قابل کنترل است، از این رو در روش GGE بای‌پلات از منابع تغییرات ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط استفاده می‌شود تا نتایج قابل اعتمادی حاصل شود. مدل رگرسیون محیطی (SREG) (Site regression) بر اساس اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و نیز اثر اصلی ژنوتیپ استوار است. با توجه به اینکه در آزمایش‌های ناحیه‌ای عملکرد، محیط بیشترین منبع ایجاد تغییرات بوده و علاوه بر آن غیر قابل کنترل است و از طرفی مدل AMMI فقط از اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای تفسیر پایداری استفاده می‌کند، به نظر می‌رسد که با استفاد از دو منبع اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نتایج بهتر و مؤثرتری به دست آید (Allahgholipour, 2016). نتایج حاصل از پژوهش‌های هاگوس و ابای (Hagos and Abay, 2013)، راد و همکاران (Rad *et al*., 2013) و جین و همکاران (Jain *et al*., 2019) نیز حاکی از برتری روش GGE بای‌پلات نسبت به سایر روش‌های تجزیه سازگاری و پایداری است.

www.iapb.kiau.ac.ir

روش بای‌پلات توسط محققین متعددی جهت ارزیابی سازگاری و پایداری ژنوتیپ‌های مختلف و روابط بین صفات در برنج (Allahgholipour, 2016؛ Donoso-Nanculao ؛Mohaddesi *et al*., 2016 ؛Ponnuswamy *et al*., 2018 ؛*et al*., 2016 ؛Sharifi and Ebadi, 2018 Inabangan-Asilo *et* ؛Chintalapati *et al*., 2019 ؛*al*., 2019 Jain *et* *al*., 2019) استفاده شده است.

برنج در ده کشور منطقه آسیای مرکزی و غربی در مساحت ۱/۱۶ میلیون هکتار با میزان تولید ۴/۹ میلیون تن و میانگین عملکرد ۴/۲۵ تن در هکتارکشت می‌شود. ایران حدود ۵۴ درصد از مساحت تحت کشت محصول برنج و ۶۱ درصد از کل میزان تولید برنج منطقه را به خود اختصاص داده است. این محصول در کشورهای دیگر منطقه در سطوح کمتر تولید می‌شود. طبق برآورد مؤسسه بین المللی تحقیقات برنج (IRRI) مصرف برنج در این ناحیه از حدود ۹ میلیون تن در سال ۲۰۰۹ به ۱۲ میلیون تن تا سال ۲۰۲۰ و ۱۶/۶ میلیون تن تا سال ۲۰۳۵ خواهد رسید. بنابراین میزان تولید برنج در منطقه، تأمین کننده نیاز متقاضیان که از سال ۱۹۸۰ سه برابر شده و در سال‌های اخیر به سرعت افزایش یافته است، نیست. از این رو این منطقه از نظر تقاضای برنج در بین کشورهایی از سراسر جهان قرار دارد که بیشترین تقاضا برای برنج را دارند (Shahdi and Foroghi, 2018). این پژوهش به عنوان اولین پروژه بین‌المللی برای کشورهای منطقه آسیای مرکزی و غربی و تحت برنامه ایجاد شبکه تحقیقات و ارزیابی چند محیطی برای بهبود ذخایر ژنتیکی برنج در کشورهای آسیای مرکزی و غربی (EMERGE) با هدف شناسایی و ارزیابی ژنوتیپ‌های برتر برنج از نظر میزان سازگاری، عملکرد، خصوصیات زراعی به منظور معرفی مستقیم به کشاورزان و یا بهره‌گیری از آن‌ها به عنوان منابع ژنتیکی مرتبط و مفید در برنامه‌های اصلاح برنج در چهار کشور ایران (مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت)، آذربایجان (لنکران)، ترکیه (ادیرنه) و عراق (نجف) انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش تعداد ۱۴ ژنوتیپ برنج شامل ۱۲ لاین منتخب ارسالی از مؤسسه تحقیقات برنج کشور به همراه دو شاهد (یک رقم پر محصول خزر به عنوان شاهد بین‌المللی و یک رقم بومی هرکشور) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مناطق مختلف کشورهای ایران (رشت، عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۳ دقیقه شرقی)، آذربایجان (لنکران، عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی)، ترکیه (ادیرنه، عرض جغرافیایی ۴۱ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۲۶ درجه و ۳۳ دقیقه شرقی) و عراق (نجف، عرض جغرافیایی ۳۲ درجه شمالی، طول جغرافیایی ۴۴ درجه و ۱۹ دقیقه شرقی) از نظر عملکرد، صفات زراعی و کیفیت دانه و سازگاری مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۱). لازم به توضیح است که ارسال ارقام و لاین‌ها به کشورهای همسایه، با رعایت تمامی موازین قانونی صورت گرفته و تنها ارقام و لاین‌هایی از ایران به کشورهای همسایه انتقال یافته است که هیچ گونه ممانعت قانونی جهت ارسال و تبادل وجود نداشته است. بذرپاشی درخزانه جوی و پشته‌ای و نشاءکاری در مرحله ۳ تا ۴ در زمین اصلی در کرت‌هایی به ابعاد ۱/۸ × ۵/۸ متر مربع و به فاصله ۲۰×۲۰ سانتی‌متر انجام شد. فاصله بین تکرار ها ۷۵

و فاصله بین کرت ها ۵۰ سانتی‌متر بوده است. مصرف کود شیمیایی به مقدار۲۰۰ کیلوگرم اوره (از منبع نیتروژن) و ۱۰۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم و ۱۰۰ کیلوگرم پتاس در هکتار در نظر گرفته شد. تمامی کود فسفاته و پتاسه به همراه ۴۰ درصد اوره هنگام تهیه زمین اصلی، ۳۰ درصد اوره در ابتدای مرحله پنجه زنی و ۳۰ درصد باقیمانده اوره در ابتدای تشکیل جوانه اولیه خوشه به صورت سرک مصرف گردید.

جدول ۱- اسامی، منشأ و مشخصات ژنوتیپ‌های برنج مورد بررسی در این تحقیق

Table 1. Name, origin of country and pedigree of rice genotypes used in this study

ژنوتیپ Genotype	ترکیب والدینی Parental composition	منشأ Origin
Khazar (Regional Check Variety)	IR2071-625-1-52/TANU7456	Iran
Dorfak	Salari/Sepidrood	Iran
Neda	Sangetarom/Hassansarayee/Amol 3	Iran
Nemat	Sangetarom/Amol 3	Iran
Gohar	Pusa1238-1/Pusa1238-81-6	Iran
Shiroodi	Deylamani/Khazar	Iran
18425-20-2-2-3-4-1	Hashemi / IR67418-110-3222	Iran
18426-56-2-2-2-2-1	Hashemi / IR67418-110-3222	Iran
18426-56-3-2-2-2-2	Hashemi / IR67418-110-3222	Iran
184104-34-3-3-2-2-2	Hashemi / IR67418-110-3222	Iran
184104-11-2-2-2-3-2	Hashemi / IR67418-110-3222	Iran
18333-12-2-2-1-1-1	Khazar/Domsiah	Iran
18333-15-2-2-2-2-1	Khazar/Domsiah	Iran
Local Check Variety	Iran (Hashemi), Azerbaijan (Esteghlal), Iraq (Yasmin), Turkey (Osmancik)	Iran, Azerbaijan, Iraq and Turkey

در طول دوره رشد صفات مهم زراعی مانند عملکرد دانه و تعداد روز از بذر پاشی تا ۵۰ درصد گلدهی درتمام محیط‌ها اندازه‌گیری و ثبت شد. محصول تیمارها در زمان رسیدن از ۵ متر مربع برداشت و با رطوبت ۱۴ درصد محاسبه گردید. برای تجزیه وتحلیل آماری از میانگین مشاهدات برای هر صفت استفاده شد. همچنین صفات تبدیل شلتوک به برنج سفید و صفات کیفیت پخت دانه در ایران طبق استانداردهای مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج (IRRI) اندازه‌گیری گردید. مقایسه میانگین صفات زراعی به روش آزمون توکی برای مقایسه تیمارها با یکدیگر و با شاهدها انجام گردید و سپس میانگین مشاهدات برای هر صفت جهت تجزیه واریانس مورد استفاده قرارگرفت.

آزمون بارتلت به روش کای‌دو برای ارزیابی یکنواختی اشتباهات آزمایشی در تجزیه واریانس ساده صفات برای همه محیط‌ها قبل از تجزیه واریانس مرکب انجام شد. تجزیه واریانس مرکب در چند محیط برای بررسی اثرات اصلی ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و اثر متقابل دو جانبه ژنوتیپ در محیط و بررسی سازگاری لاین‌ها انجام شد. آزمون F در تجزیه واریانس مرکب بر اساس امید ریاضی میانگین‌مربعات و با فرض تصادفی بودن مکان‌ها وثابت بودن ژنوتیپ‌ها یا ارقام و مقایسه میانگین‌ها به روش توکی انجام شد. برای تجزیه واریانس صفات از نرم افزارهای EXCEL و SAS و برای تعیین سازگاری و پایداری ژنوتیپ‌ها از تجزیه GGE بای‌پلات استفاده شد (Yan and Kang, 2003).

www.iapc.ir.ac.ir

رابطه مورد استفاده برای روش GGE بای‌پلات بر اساس تجزیه به مقادیر منفرد (Singular value decomposition) بود:

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = \sum \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{1j} + \varepsilon_{ij}$$

که در آن Y_{ij} میانگین ژنوتیپ i در محیط j، μ میانگین کل، β_j اثر اصلی محیط j، λ_i مقادیر منفرد برای مؤلفه اصلی (PCl, l=1,2 و برای بای‌پلات دو بعدی)، η_{1j} بردار ویژه محیط j برای PCl و ε_{ij} باقیمانده مدل است. این روش نوعی تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای مجموع اثر اصلی ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط است که در آن از راهبرد تجزیه به مقادیر منفرد استفاده می‌شود. داده‌های حاصل از ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها به صورت یک ماتریس دو طرفه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقادیر و بردارهای ویژه ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها استخراج می‌شوند.

مقیاس‌بندی متقارن (Symmetrical scaling) بردارهای ویژه ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها با استفاده از روابط زیر انجام شد:

$$\xi^*_{i1} = \lambda_1^{½} \xi_{i1} = (\lambda_1 \xi_{ik}) \lambda_1^{½}$$

$$\eta^*_{j1} = \lambda_1^{½} \eta_{j1} = \eta_{j1} \lambda_1^{½}$$

مقدار منفرد برای یک مؤلفه اصلی برابر ریشه دوم مجموع مربعات توجیه شده توسط آن مؤلفه اصلی است. بنابراین ریشه دوم مقادیر منفرد برای مؤلفه اصلی 1kام بر اساس رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\lambda_1^{½} = (X_1\ n)^{¼}$$

در این رابطه، X_1 مقدار منفرد برای مؤلفه اصلی 1ام و n تعداد ژنوتیپ است. پس از مقیاس‌بندی متقارن، بردارهای ویژه ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها، مقادیر مورد نیاز برای رسم نمودارهای بای‌پلات حاصل می‌گردد (Yan and Kang, 2003). در این تحقیق، نمودارهای بای‌پلات بر اساس چهار الگوی زیر رسم شدند:

- انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب برای هر محیط.
- رتبه‌بندی گرافیکی ژنوتیپ‌ها بر اساس ترکیب همزمان عملکرد دانه و پایداری.
- رتبه‌بندی گرافیکی ژنوتیپ‌ها بر اساس ژنوتیپ فرضی ایده‌ال.
- گروه‌بندی محیط‌ها بر اساس میزان تشابه و تفاوت آن‌ها در تفکیک ژنوتیپ‌ها.

نتایج و بحث

صفات کیفی

نتایج کیفیت پخت دانه شامل مقدار آمیلوز، قوام ژل، دمای ژلاتینی و ری‌آمدن (طویل شدن دانه بعداز پخت) نشان داد که ارقام ندا و نعمت با آمیلوز بیش از ۲۵ درصد از ارقام با آمیلوز بالا هستند. لاین -18425 20 با ۱۹/۴ درصد از گروه آمیلوز متوسط به پایین بوده و سایر ژنوتیپ‌ها با آمیلوز بین ۲۰ تا ۲۵ درصد در زمره برنج‌های با آمیلوز متوسط هستند.

دانه‌های برنج بدون آمیلوز و یا با مقدار آمیلوز پایین (کمتر از ۱۰ درصد) مانند فوجیمینوری پس از پخت کاملاً چسبنده بوده و فاقد انبساط حجمی هستند، امّا دانه‌های برنج با مقدار آمیلوز متوسط (حدود ۲۵-۲۰ درصد) مانند گروه صدری پس از پخت دانه نرم بوده و تا ساعت‌ها پس از پخت حالت نرمی خود را حفظ می‌کنند و دانه‌های برنج با مقدار آمیلوز بالا (بیشتر از ۲۵ درصد) مانند رقم نعمت پس از پخت کاملاً از هم جدا بوده و بر اثر سرد شدن خشک و سخت می‌شود (Habibi, 2013). قوام ژل نشان دهنده میزان حرکت ژل برنج پخته است که در برنج به سه گروه قوام ژل سخت، متوسط و نرم تقسیم‌بندی می‌شود. بیشتر مردم ایران برنج‌های معطر، قلمی، با طویل شدن عالی، نرم و غیرچسبنده بعد از پخت را ترجیح می‌دهند. بنابراین، تولید و توسعه ارقام با کیفیت بالا یکی از موضوعات مهم در برنامه‌های اصلاحی برنج در ایران به شمار می‌رود (Rahim Soroush *et al*., 2007). از نظر قوام ژل ارقام ندا و نعمت با طول ژل برنج پخته کمتر از ۴۰ میلی‌متر جزو برنج‌های با ژل سخت هستند. ژنوتیپ‌های شیرودی، 11-184104 و 12-18333 با طول ژل بیشتر از ۶۱ میلی متراز برنج‌های با ژل نرم بوده و سایر ژنوتیپ‌ها با ژل بین ۴۱ تا ۶۰ میلی‌متر در گروه برنج‌های با ژل متوسط قرار دارند (جدول ۲).

از نظر دمای ژلاتینی بجز رقم نعمت با نمره ۷، سایر ژنوتیپ‌ها داری نمره ۳ تا ۵ بوده و در زمره برنج‌های با دمای ژلاتینی متوسط محسوب می‌شوند. چنانچه حرارت ژلاتینی رقمی بالا باشد برنج پخته آن سفت و خشک می‌شود. ارقامی که دارای آمیلوز همسان می‌باشند درجه حرارت ژلاتینی مختلفی از خود نشان می‌دهند. عواملی چون آب و هوا به ویژه حرارت بالا در زمان رسیدن بر روی حرارت ژلاتینی تأثیر گذاشته و آنرا بالا می‌برد. ری‌آمدن یا طویل شدن دانه بعداز پخت نشان داد که ری آمدن لاین 20-18425 در حد رقم شاهد هاشمی (۱/۵۷) و ری‌آمدن سایر لاین‌های امیدبخش بیشتر از هاشمی بوده است‌که مطلوب است. دربین ارقام اصلاح شده ری‌آمدن ارقام شیرودی و گوهر بیشتر از هاشمی و سایر کمتر از آن بوده است (جدول ۲).

بررسی کیفیت تبدیل دانه نشان داد که ارقام درفک و ندا با راندمان تبدیل به ترتیب ۵۹/۸۵ و ۶۳/۴۰ درصد، در جایگاه پایین‌تر از رقم شاهد بومی هاشمی و رقم شاهد منطقه‌ای خزر قرار داشتند. سایر ژنوتیپ‌ها دارای راندمان تبدیل بیشتر از این دو شاهد یعنی بین ۶۶ تا ۷۵/۶۷ درصد بودند و از بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش راندمان تبدیل لاین‌های امیدبخش بیشتر و مطلوب‌تر از ارقام اصلاح شده بوده است (جدول ۲).

www.iapb.kiau.ac.ir

جدول ۲- میانگین صفات کیفیت دانه ژنوتیپ‌های برنج اندازه‌گیری شده در ایران.

Table 2. Mean for grain quality traits of rice genotypes measured in Iran

ژنوتیپ Genotype	محتوای آمیلوز (درصد) Amylose Content (%)	قوام ژل (میلی‌متر) Gel Consistency (mm)	دمای ژلاتینی شدن Gelatinization Temperature	طول دانه (میلی‌متر) Grain Length (mm)	ضریب ری آمدن Elongation	راندمان تبدیل (درصد) Milling (%)
Hashemi	21.2	45	4.41	7.3	1.57	64.48
Khazar	22.6	50	4.5	6.9	1.51	66.0
Nemat	28.4	30	7	8.1	1.48	69.57
Neda	27	31	4.16	7.43	1.42	63.40
Dorfak	24.3	52	3.91	7.58	1.51	59.85
Shiroodi	23.5	82.5	5.0	7.56	1.59	67.20
Gohar	23.6	40	6.8	7.89	1.64	69.0
18425-20-2-2-3-4-1	19.4	45	3.75	7.11	1.56	74.47
18426-56-2-2-2-2-1	22.3	60	4.33	6.75	1.75	75.06
18426-56-3-2-2-2-2	21.9	55	4.25	7.03	1.71	75.27
184104-34-3-3-2-2-2	20.5	48	4.08	7.08	1.72	69.07
184104-11-2-2-2-3-2	22.1	72	4.83	6.98	1.75	72.47
18333-12-2-2-1-1-1	21.9	72	4.75	7.15	1.79	75.67
18333-15-2-2-2-2-1	22.3	51	4.25	6.71	1.74	71.13

صفات زراعی

نتایج تجزیه واریانس ساده صفات زراعی اندازه‌گیری شده در هر یک از مکان‌های (محیط‌ها) مورد بررسی از چهار کشور آسیای مرکزی و غربی نشان دادکه بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی و عملکرد شلتوک تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای وجود دارد که درسطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است (جدول‌های ۳ و ۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس ساده تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی در چهار کشور آسیای مرکزی و غربی

Table 3. Simple variance analysis for day to 50% flowering in four Central and West Asian countries

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square			
		ترکیه Turkey	عراق Iraq	ایران Iran	آذربایجان Azerbaijan
بلوک Block	2	2.7 ns	1.2 ns	1.5 ns	14.3 ns
ژنوتیپ Genotype	13	236.8**	184.8**	106.6**	394.9**
خطای آزمایشی Error	26	3.9	4.0	0.3	3.9
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		2.1	2.4	0.6	2.6

ns، * و **: غیر معنی‌دار ، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, *, **: Non-significant, Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ٤- تجزیه واریانس ساده برای صفت عملکرد در چهار کشور آسیای مرکزی و غربی

Table 4. Simple variance analysis for yield in four Central and West Asian countries

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square			
		ترکیه Turkey	عراق Iraq	ایران Iran	آذربایجان Azerbaijan
بلوک Block	2	534869.7 ns	1885416.7 ns	145084.7 ns	20476.2 ns
ژنوتیپ Genotype	13	4081771.3**	19974359.0**	3379405.2**	14148763.7**
خطای آزمایشی Error	26	155896.1	322916.7	174072.3	8613.4
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		6.1	11.2	6.3	1.9

ns، * و **: غیر معنی‌دار ، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, *, **: Non-significant, Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

از نظر صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی در ترکیه تعداد ۴ لاین با رقم شاهد بومی عثمان چیک (۸۱/۳ روز) در گروه E بودند و فاقد اختلاف معنی‌دار با شاهد بودند. ارقام درفک و خزر و سه لاین دیگر با کمتر از ۹۸ روز دارای اختلاف معنی‌داری با شاهد بومی بوده‌اند. سایر ژنوتیپ‌ها دارای تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی بیش از ۱۰۰ روز بودند که از بین آنها ارقام ندا، نعمت، گوهر و شیرودی در گروه A قرار گرفتند. در عراق رقم شاهد بومی یاسمین بیشترین تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی را داشت و با شاهد منطقه‌ای خزر و رقم گوهر اختلاف معنی‌دار نداشت. سایر ژنوتیپ‌ها با کمتر از ۸۷ روز، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی کمتری نسبت به رقم شاهد داشتند. در ایران لاین 18425-20 با رقم شاهد هاشمی (۸۵/۷ روز) اختلاف معنی‌داری نداشت ولی لاین 18333-12 با ۸۳/۳ روز بطور معنی‌داری زودرس‌تر از رقم هاشمی بود. ارقام خزر، ندا، نعمت، گوهر و شیرودی بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر در گروه A قرار گرفتند. در آذربایجان لاین‌های 18426-56-2 و 18333-15 به ترتیب با۶۱/۳ و ۶۴/۳ روز با شاهد بومی استقلال (۷۰ روز) اختلاف معنی‌دار داشتند. لاین‌های 18426-56-3 و 184104- 34 با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند. سایر ژنوتیپ‌ها با دارا بودن مقادیر بین ۷۵ تا ۸۶ روز در زمره ژنوتیپ‌های زودرس و متوسط رس قرار گرفتند (جدول ۵).

برای صفت عملکرد دانه در کشور ترکیه ارقام گوهر، ندا و شیرودی به ترتیب با ۹۲۵۰، ۷۸۵۴/۰ و ۷۸۲۶/۷ کیلوگرم در هکتار به طور معنی‌داری بیشتر از شاهد عثمان چیک با ۷۳۴۲ کیلوگرم در هکتار بوده است. ارقام درفک، نعمت و لاین‌های 18333-15 و 18426-56-3 به ترتیب با میانگین عملکرد ۷۷۰۸/۷ ، ۷۵۲۴، ۶۹۷۴/۷ و ۶۷۰۰ کیلوگرم در هکتار با رقم شاهد عثمان چیک اختلاف معنی‌داری نداشتند. در عراق رقم نعمت با ۱۰۵۸۳ و رقم گوهر با ۹۲۵۰ کیلوگرم در

www.iapb.kiau.ac.ir

هکتار بطور قابل توجه و با اختلاف معنی‌داری بیشتر از رقم بومی شاهد یاسمین با ۷۰۰۰ کیلوگرم در هکتار شلتوک محصول تولید کردند. ارقام درفک، ندا و شیرودی به ترتیب با ۶۶۶۶/۷ ، ۶۰۸۳ و ۵۶۶۶/۷ با یاسمین اختلاف معنی‌دار نداشته و در یک گروه قرارگرفتند. سایر ژنوتیپ‌ها با اختلاف معنی‌داری از شاهد یاسمین عملکرد کمتری تولید کردند. در ایران رقم گوهر با ۸۴۲۲ کیلوگرم در هکتار و لاین -18333 12 با ۵۳۰۲ کیلوگرم درهکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد را به خود اختصاص دادند که از عملکرد شاهد بومی هاشمی با ۴۳۳۷ کیلوگرم در هکتار بطور معنی‌دار بیشتر بوده است. عملکرد شلتوک سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیز بین ۶۰۰۰ تا ۶۳۶۹ کیلوگرم در هکتار بوده است. ارقام درفک، نعمت و لاین امیدبخش 184104-34 به لحاظ عملکرد دانه با رقم خزر در یک گروه قرار گرفته و اختلاف معنی‌داری با آن نداشتند. در آذربایجان لاین 18333-12 و رقم گوهر به ترتیب ۸۰۰۰ و ۷۵۰۰ کیلوگرم در هکتار شلتوک تولید کردند که بیشتر از رقم شاهد بومی با ۶۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده است. رقم نعمت نیز با تولید ۶۰۰۰ کیلوگرم در هکتار دارای اختلاف معنی‌دار با شاهد بود. ارقام درفک، شیرودی و لاین -184104 11 با تولید عملکرد ۴۹۰۰ تا ۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار در یک گروه قرار گرفتند و اختلاف معنی‌دار با یکدیگر نداشتند (جدول ۶).

جدول ۵- مقایسه میانگین تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی در چهار کشور آسیای مرکزی و غربی

Table 5. Mean comparison for day to 50% flowering in four Central and West Asian countries

ژنوتیپ	ترکیه	عراق	ایران	آذربایجان
Genotype	Turkey	Iraq	Iran	Azerbaijan
Khazar (Regional Check Variety)	93.7 bc	97.7 a	97.7 a	73.7 de
Dorfak	96.3 ab	84.0 cde	93.3 b	78.0 bc
Neda	100.3 a	86.3 bcd	99.3 a	85.0 a
Nemat	100.7 a	87.3 bc	98.7 a	85.0 a
Gohar	101.0 a	92.3 ab	99.3 a	85.0 a
Shiroodi	100.7 a	77.7 f	98.7 a	85.0 a
18425-20-2-2-3-4-1	78.7 e	76.0 f	84.3 ef	75.3 cd
18426-56-2-2-2-2-1	98.0 ab	77.7 f	89.3 c	61.3 h
18426-56-3-2-2-2-2	89.3 cd	76.0 f	88.3 c	71.3 e
184104-34-3-3-2-2-2	94.3 bc	78.7 ef	91.7 b	66.7 fg
184104-11-2-2-2-3-2	79.3 e	81.0 def	89.7 c	85.7 a
18333-12-2-2-1-1-1	79.7 e	78.3 ef	83.3 f	76.3 bcd
18333-15-2-2-2-2-1	84.3 de	77.0 f	86.3 d	64.3 hg
Local Check Variety	81.3 e	98.3 a	85.7 de	70.0 ef

اختلاف میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک هستند از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد.

Means difference within the same column sharing the same letters are not statistically significant.

جدول ٦- مقایسه میانگین عملکرد (کیلوگرم در هکتار) در چهار کشور آسیای مرکزی و غربی

Table 6. Mean comparison for yield (Kg/h) in four Central and West Asian countries

ژنوتیپ	ترکیه	عراق	ایران	آذربایجان
Genotype	Turkey	Iraq	Iran	Azerbaijan
Khazar (Regional Check Variety)	6574.7 bcd	3833.3 ed	6709.7 bc	4100.0 f
Dorfak	7708.7 ab	6666.7 b	7131.7 bc	4966.7 e
Neda	7854.0 a	6083.3 b	7930.7 ab	3750.0 gh
Nemat	7524.0 ab	10583.3 a	6994.0 bc	6000.0 d
Gohar	9250.0 a	9250.0 a	8422.0 a	7500.0 b
Shiroodi	7826.7 a	5666.7 bc	7447.3 ab	5000.0 e
18425-20-2-2-3-4-1	4460.7 f	2833.3 def	6297.3 cd	3000.0 i
18426-56-2-2-2-2-1	5016.7 ef	2083.3 f	6162.0 cd	3766.7 gh
18426-56-3-2-2-2-2	6699.3 abc	3666.7 def	6289.0 cd	3700.0 h
184104-34-3-3-2-2-2	6137.7 cde	4083.3 cd	6724.3 bc	3800.0 gh
184104-11-2-2-2-3-2	5459.3 def	3750.0 def	6369.0 cd	4900.0 e
18333-12-2-2-1-1-1	4879.3 f	2166.7 ef	5302.0 de	8000.0 a
18333-15-2-2-2-2-1	6974.7 abc	3500.0 def	6360.7 cd	3900.0 g
Local Check Variety	7341.3 ab	7000.0 b	4337.0 e	6500.0 c

اختلاف میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک هستند از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد.

Means difference within the same column sharing the same letters are not statistically significant.

www.iapb.kiau.ac.ir

قبل از انجام تجزیه واریانس مرکب، آزمون بارتلت به روش کای‌دو (χ^2) به منظور بررسی یکنواختی اشتباهات آزمایشی موجود در منابع تجزیه واریانس ساده صفات انجام شد. نتایج نشان داد که برای تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی (χ^2=۱۹/۹) و عملکرد شلتوک (χ^2=۵۸/۷) مقدار کای‌دو محاسبه شده از کای‌دو جدول کمتر و معنی‌دار بوده است. بدین معنی که اختلاف بین اشتباهات آزمایشی در چهار آزمایش معنی‌دار بوده و اشتباهات آزمایشی یکنواخت نبودند. بنابراین می‌توان اظهار کرد که تجزیه مرکب این صفات برای چهار محیط یا کشور مورد آزمایش صحیح نخواهد بود. یک راه حل این است که تک تک آزمایشات به نوبت در محاسبه کای‌دو حذف شوند تا در صورت یکنواختی اشتباهات آزمایشی در باقی‌مانده آزمایشات بتوان اقدام به تجزیه واریانس مرکب نمود (Farshadfar, 2010). برای صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی با حذف آزمایش ایران کای‌دو محاسبه شده (χ^2=۱/۸) و همچنین برای صفت عملکرد دانه با حذف آذربایجان کای‌دو محاسبه شده (χ^2=۴/۱) معنی‌دار نبوده است. بنابراین برای این دو صفت، تجزیه واریانس مرکب با سه آزمایش یا محیط انجام شد.

تجزیه مرکب با استفاده از میانگین هر ژنوتیپ در مجموع برای ۱۳ ژنوتیپ (با حذف شاهد بومی) و با فرض تصادفی بودن مکان‌ها و ثابت بودن ژنوتیپ‌ها و آزمون F با استفاده از امید ریاضی میانگین مربعات انجام گرفت (جدول ۷). نتایج حاصل از تجزیه مرکب نشان داد که اثر ساده ژنوتیپ برای تمام صفات مورد ارزیابی درسطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. این موضوع بیانگر وجود اختلافات ژنتیکی در صفات عملکرد دانه و تعداد روز تا۵۰ درصد گلدهی بین ژنوتیپ‌های مختلف بوده است. همچنین اثر ساده مکان برای صفات مورد نظر درسطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد که به معنی وجود تفاوت در میانگین این صفات در ژنوتیپ‌های مختلف از یک مکان به مکان دیگر است، به طوری که عواملی مانند خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، طول وعرض جغرافیایی وغیره باعث اختلاف مکان‌ها شده‌اند. بعلاوه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای صفات یاد شده درسطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است. یعنی مکان‌ها برروی ژنوتیپ‌ها تاثیر داشته‌است و ژنوتیپ‌ها از نظر صفات عملکرد و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی در مکان‌های مختلف، وضعیت متفاوتی داشته‌اند. به عبارت دیگر مثلاً درمورد صفت عملکرد، پرمحصول‌ترین ارقام عمدتاً تحت تأثیر عوامل و شرایط متعدد حاکم بر محیط‌ها قرارگرفتند و در محیط‌های مختلف عملکرد متفاوتی نشان دادند.

جدول ۷- تجزیه واریانس مرکب صفات زراعی برنج در سه محیط ازآسیای مرکزی و غربی

Table 7. Combined variance analysis for agronomic traits in three environment of Central and West Asian countries

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square	
		روز تا ۵۰٪گلدهی (حذف ایران) Day to 50% flowering (Iran Deletion)	عملکرد (حذف آذربایجان) (kg/h) Yield (Azerbaijan Deletion) (Kg/h)
محیط Environment	2	2549.3**	38835754.2**
خطای نوع ۱ Error Type 1	6	4.1	943126.5
ژنوتیپ Genotype	12	314.5**	18083032.6**
ژنوتیپ × محیط Genotype × Environment	24	130.8**	4518173.7**
خطای نوع ۲ Error Type 2	72	4.6	217560.5
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		2.6	7.7

ns، * و **: غیر معنی‌دار ، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, *, **: Non-significant, Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

مقایسه میانگین کل عملکرد دانه ژنوتیپ‌های برنج درسه محیط از کشورهای ترکیه، عراق و ایران براساس تجزیه واریانس مرکب به روش توکی (جدول ۸) نشان داد که رقم نعمت با میانگین عملکرد ۸۳۶۷ کیلوگرم در هکتار بیشترین محصول را داشته و بعد از آن رقم گوهر قرار داشت که ۸۱۶۷ کیلوگرم در هکتار عملکرد تولید کرده است. همچنین عملکرد دانه ارقام ندا، خزر و شیرودی بین ۷۱۰۰ تا ۷۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده است.کمترین عملکرد دانه مربوط به لاین 12-18333 با میانگین ۴۰۸۶ کیلوگرم در هکتار در کل محیط‌ها بوده است. میانگین تولید عملکرد در پنج ژنوتیپ بین ۵۱۹۳ تا ۵۷۰۹ کیلوگرم در هکتار نوسان داشت.

مقایسه میانگین کل تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی ژنوتیپ‌های برنج در سه محیط از کشورهای ترکیه، عراق و آذربایجان نشان داد که کمترین تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی در کل محیط‌ها را ژنوتیپ‌های -18333 15 و 18425-20 به ترتیب با ۷۸ تا ۷۸/۶ روز داشتند که از سایر ژنوتیپ‌ها زودرس‌تر بودند. بیشترین مقدار این صفت را ارقام گوهر، ندا، نعمت، خزر و شیرودی نشان دادند که با دامنه تغییرات بین ۹۰ تا ۹۵ روز دیررس‌تر از سایر ژنوتیپ‌ها بودند. پنج ژنوتیپ دیگر دامنه تغییرات بین ۷۹/۴ تا ۸۳/۹ روز تا ۵۰ درصد گلدهی را بخود اختصاص دادند (جدول ۸).

مقایسه میانگین عملکرد و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی برای کل ژنوتیپ‌ها در هریک از سه محیط از

www.iapb.kiau.ac.ir

کشورها (جدول ۹) نشان داد که میانگین عملکرد دانه کل ژنوتیپ‌ها در دوکشور ایران و ترکیه به ترتیب ۶۸۱۸/۴ و ۶۴۵۱/۱ کیلوگرم در هکتار در یک گروه قرار داشته و بیشتر از کشور عراق با ۴۹۳۵/۹ کیلوگرم در هکتار بوده است. این موضوع بیانگر این است که مجموع شرایط محیطی برای ژنوتیپ‌های مورد آزمایش به لحاظ تولید کل عملکرد دانه در ایران نسبت به دو کشور دیگر مساعدتر بوده است.کشور ترکیه به لحاظ تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی برای کل ژنوتیپ‌ها بیشترین تعداد روز را با میانگین ۹۲ روز داشته است. بعد از آن کشورهای عراق و آذربایجان به ترتیب با ۸۲/۳ و۷۶/۰ روز در یک گروه قرار داشته و اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند که حاکی از تأثیر متفاوت طول روز و درجه حرارت بر زمان گلدهی ژنوتیپ‌ها در سه کشور بوده است (جدول ۹).

جدول ۸- مقایسه میانگین صفات زراعی ژنوتیپ‌های برنج در تمام محیط‌های مورد بررسی

Table 8. Mean comparison of rice genotypes for agronomic traits in all studied environments

ژنوتیپ Genotype	روز تا ۵۰٪گلدهی (حذف ایران) Day to 50% flowering (Iran Deletion)	عملکرد (حذف آذربایجان) (kg/h) Yield (Azerbaijan Deletion) (Kg/h)
Khazar (Regional Check Variety)	90.7 ab	7509 abc
Dorfak	87.9 ab	7169 abc
Neda	92.8 ab	7289 abc
Nemat	91.7 ab	8367 a
Gohar	94.4 a	8167 ab
Shiroodi	90.5 ab	7147 abc
18425-20-2-2-3-4-1	78.6 b	4530 bc
18426-56-2-2-2-2-1	81.6 ab	4421 bc
18426-56-3-2-2-2-2	81.3 ab	5552 abc
184104-34-3-3-2-2-2	82.8 ab	5648 abc
184104-11-2-2-2-3-2	83.9 ab	5193 abc
18333-12-2-2-1-1-1	79.4 ab	4086 c
18333-15-2-2-2-2-1	78.0 b	5612 abc

اختلاف میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک هستند از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد.

Means difference within the same column sharing the same letters are not statistically significant.

جدول ۹- مقایسه میانگین صفات زراعی کل ژنوتیپ‌ها برای هر محیط از سه کشورآسیای مرکزی و غربی.

Table 9. Mean comparison for agronomic traits of all genotypes for each environment from three Central and West Asian countries.

کشور Country	روز تا ۵۰٪ گلدهی (حذف ایران) Day to 50% flowering (Iran Deletion)	کشور Country	عملکرد (حذف آذربایجان) (kg/h) Yield (Azerbaijan Deletion) (Kg/h)
Turkey	92 a	Iran	6818.4 a
Iraq	82.3 b	Turkey	6451.1 a
Azerbaijan	76.0 b	Iraq	4935.9 b

اختلاف میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک هستند از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد.

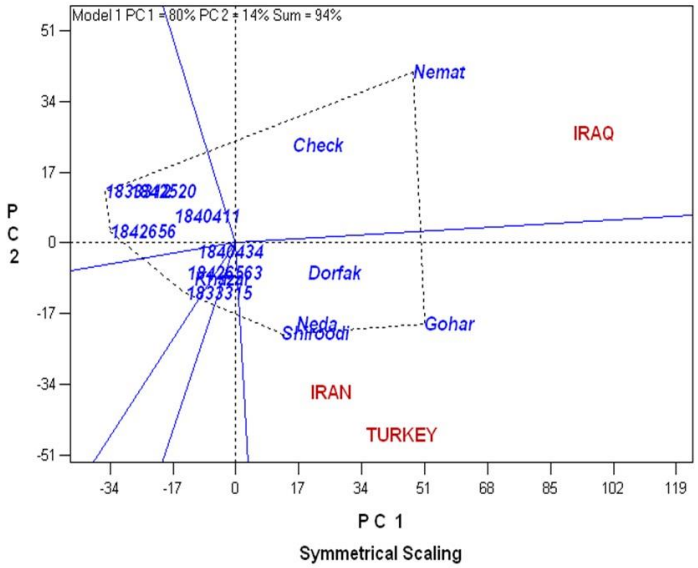
Means difference within the same column sharing the same letters are not statistically significant.

بررسی روند تغییرات میانگین عملکرد در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این پژوهش نشان داد که ارقام مورد ارزیابی روند تغییرات عملکردی ثابت و مشخصی در شرایط محیطی مختلف نشان ندادند و از نظر صفات مورد ارزیابی در محیط‌های مختلف دارای نوسانات زیادی بودند. با توجه به وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین معمولی قادر به توجیه پایداری و تشخیص ژنوتیپ‌های مناسب و برتر نیست و بنابراین لازم است تا با استفاده از روش‌های آماری پیشرفته، ماهیت پیچیده این نوع اثر متقابل بررسی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد تا بتوان ژنوتیپ‌های با عملکرد بیشتر و پایدار را شناسایی نمود (Allahgholipour and Rabiei, 2016).

نتایج حاصل از روش GGE بای‌پلات نشان داد که دو مؤلفه اصلی اول (معرف اثر اصلی ژنوتیپ) و دوم (معرف اثر متقابل ژنوتیپ × محیط) به ترتیب ۸۰ و ۱۴ درصد و در مجموع ۹۴ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند (شکل ۱). بنابراین، دو مؤلفه اول می‌توانند به منظور توجیه عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها استفاده شوند. جین و همکاران (Jain *et al*., 2019) نیز در پژوهشی روی برنج بیان کردند که مؤلفه اصلی اول ۶۱/۱ درصد، مؤلفه اصلی دوم ۱۲/۸ درصد و این دو مؤلف در مجموع ۷۳/۹ درصد تغییرات کل داده‌ها را برای صفت عملکرد توجیه می‌کند. برای شناسایی محیط‌های بزرگ و ژنوتیپ‌های برتر، نمودار چند ضلعی GGE بای‌پلات، با استفاده از میانگین عملکرد در سه منطقه ترکیه، عراق و ایران رسم شد. در این شکل، ژنوتیپ‌هایی که حداکثر فاصله را از مبدأ بای‌پلات دارند، توسط خطوط مستقیمی به یکدیگر وصل شده و یک چند ضلعی حاصل می‌شود. سپس از مبدأ مختصات، خطوطی عمود بر اضلاع این چند ضلعی رسم شده و محیط‌های بزرگ مشخص می‌شوند. ژنوتیپ‌های واقع در رأس چند ضلعی، ارقام برتر آن محیط هستند (Yan *et al*., 2000).

بر اساس نحوه قرارگرفتن ژنوتیپ‌ها در چند ضلعی بدست آمده، شش بخش حاصل گردید که ژنوتیپ‌های موجود در هر بخش دارای شباهت زیادی با یکدیگر بودند و شش ژنوتیپ شامل گوهر، شیرودی، -18333 15، 2-56-18426، 12-18333 و نعمت در رأس چند ضلعی قرارگرفتند (شکل ۱). این ارقام از نظر عملکرد دانه بهترین یا ضعیف‌ترین در بعضی از محیط‌ها و یا همه محیط‌ها هستند، چرا که بیشترین فاصله را از مرکز بای‌پلات دارند. بر این اساس، ارقام گوهر، شیرودی، ندا و درفک در ایران و ترکیه و رقم نعمت در عراق بیشترین عملکرد دانه را داشته، در حالی‌که سایر ژنوتیپ‌ها علیرغم واقع شدن در رأس چند ضلعی، در هیچ‌یک از محیط‌ها عملکرد دانه خوبی نداشتند و جزء ژنوتیپ‌های ضعیف در این مطالعه به حساب می‌آیند. در این بررسی، دو محیط بزرگ و مجزا مشخص گردید. اولین محیط بزرگ واقعی شامل کشور عراق با ژنوتیپ برتر گوهر و دومین محیط بزرگ واقعی شامل دو کشور ایران و ترکیه بود.

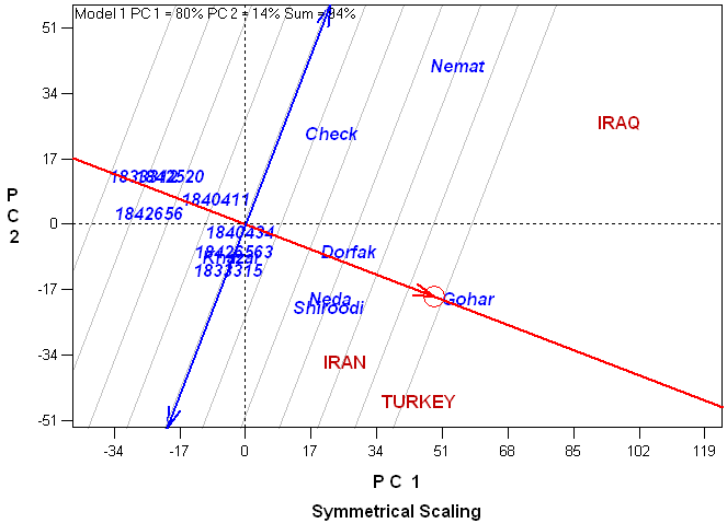
www.japb.kiau.ac.ir



شکل ۱- نمودار بای‌پلات بر اساس الگوی کدام- برتر- کجا برای شناسایی محیط های بزرگ و ژنوتیپ‌های برتر

Figure 1. GGE biplot based on symmetrical scaling for the which-won-where pattern of the genotypes and environments

از نمودار محور پایداری یا دوبعدی مختصات تستر متوسط (Average tester coordinate) برای بررسی همزمان پایداری و عملکرد ژنوتیپ‌ها استفاده می‌شود. خط افقی با دایره و فلش نشان‌دهنده پایداری است و هر ژنوتیپی که به این محور نزدیک باشد پایدارتر است. در عین حال خط عمودی نشان‌دهنده متوسط عملکرد ژنوتیپ‌ها است و ژنوتیپ‌های موجود در سمت چپ این خط دارای عملکرد پایین‌تر و ژنوتیپ‌های موجود در سمت راست این خط دارای عملکرد بالاتر از متوسط کل می‌باشند (Yan *et al.*, 2000). بر این اساس، ترتیب ژنوتیپ‌ها از نظر پایداری به صورت گوهر، درفک، 184104-34، 184104-11، 18333-12 و 18425-20 است (شکل ۲).

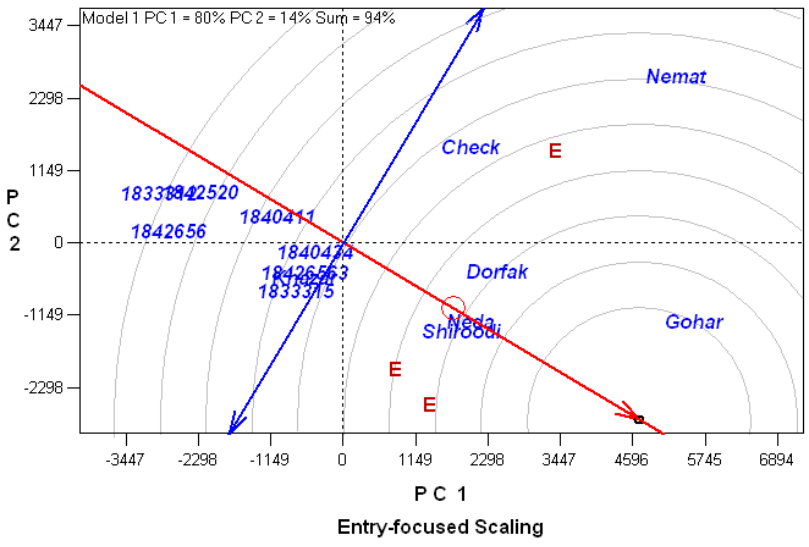


شکل ۲ - نمودار دو بعدی مختصات تستر متوسط با ی‌پلات برای بررسی همزمان پایداری و عملکرد ژنوتیپ‌ها

Figure 2. Average tester coordination (ATC) views of the GGE-biplot for performance and stability of the genotypes

نمودار ژنوتیپ ایده‌آل بر اساس تعیین فاصله ژنوتیپ‌ها از ژنوتیپ ایده‌آل فرضی است. این ژنوتیپ ایده‌آل فرضی بر اساس پایدارترین و پرمحصول‌ترین ژنوتیپ تعریف می‌شود. چنین ژنوتیپی بر اساس بیشترین طول روی بردار میانگین ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و دارای حداقل نقش در اثر متقابل ژنوتیپ × محیط تعریف شده است. به طوری‌که در نمودار، ژنوتیپ ایده‌آل فرضی به صورت یک دایره کوچک روی محور میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها نشان داده می‌شود و هر ژنوتیپی که نزدیک‌ترین فاصله را از این ژنوتیپ فرضی داشته باشد به عنوان یک ژنوتیپ برتر محسوب می‌شود (Yan and Kang, 2003). سامونته و همکاران (Samonte *et al.*, 2005) با مطالعه شش ژنوتیپ برنج طی ۳ سال زراعی در چهار منطقه تگزاس آمریکا با استفاده از دو روش AMMI و SREG GGE biplot، ژنوتیپ کوکودری (Cocodrie) را به عنوان بهترین رقم از نظر عملکرد دانه و پایداری گزارش نمودند.

برای استفاده از ژنوتیپ ایده‌آل به عنوان مرکز ارزیابی، دایره‌های هم‌مرکزی در بای‌پلات به منظور تعیین گرافیکی فاصله بین ژنوتیپ‌های مطالعه شده با ژنوتیپ ایده‌آل ایجاد شده است (شکل ۳). هر ژنوتیپی که در مرکز دایره‌ها بوده و یا نزدیک‌ترین فاصله را از این ژنوتیپ فرضی داشته باشد، به عنوان یک ژنوتیپ برتر با عملکرد و پایداری بالا محسوب می‌شود (Yan and Kang, 2003). در شکل ۳، دو رقم شیرودی و ندا کمترین فاصله را از ژنوتیپ ایده‌آل فرضی دارد، بنابراین برترین ژنوتیپ‌ها هستند و پس از آن‌ها دو رقم گوهر و درفک مناسب‌ترین ژنوتیپ هستند. در مقابل، رقم نعمت بیشترین فاصله را ازاین ژنوتیپ فرضی دارد و به عنوان نامناسب‌ترین ژنوتیپ در این بررسی بوده است.



شکل ۳- نمودار بای پلات برای مقایسه ژنوتیپ های مطالعه شده با ژنوتیپ ایده آل

Figure 3. GGE biplot for comparing the studied genotypes with the ideal genotype

jab.kiau.ac.ir

نتایج تجزیه پایداری عملکرد دانه براساس تجزیه مرکب در سه منطقه ترکیه، عراق و ایران به روش GGEبای‌پلات نشان داد که پایدارترین ژنوتیپ‌ها به ترتیب ژنوتیپ‌های گوهر، درفک، 34-184104، 11-184104، 12-18333 و 20-18425 می‌باشند. این ژنوتیپ‌ها دارای عملکرد بالاتر از متوسط کل هستند.

نتایج حاصل از این تحقیق را می‌توان در یک جمع‌بندی کلی به این صورت بیان نمود که در ترکیه لاین 3-56-18426 به دلیل داشتن اختلاف معنی‌دار از نظر عملکرد و دارا بودن دوره رشد قابل قبول و کیفیت پخت، شکل ظاهری و راندمان تبدیل دانه مطلوب جهت ارزیابی بیشتر انتخاب شد. در عراق دو رقم درفک و شیرودی به دلیل دارا بودن عملکرد دانه معادل یاسمین، صفات زراعی مناسب و دارا بودن کیفیت پخت، کیفیت تبدیل و کیفیت ظاهری مطلوب و قابل قبول جهت ارزیابی در آزمایشات پیشرفته‌تر انتخاب شدند. در کشور ایران پنج لاین امیدبخش شامل 20-18425، 3-56-18426، 34-184104، 11-184104 و 12-18433 به عنوان لاین‌های با کیفیت دانه مطلوب و دارای صفات زراعی و عملکرد بیشتر از رقم بومی هاشمی برای ارزیابی آزمایش پیشرفته انتخاب شدند. در کشور آذربایجان ارقام گوهر، شیرودی، درفک و لاین 11-184104 به عنوان لاین‌های با عملکرد بالا و متوسط، دوره رشد مناسب و کیفیت دانه مطلوب جهت ارزیابی در آزمایش‌های پیشرفته‌تر در برنامه اصلاح و معرفی مستقیم رقم انتخاب شدند.

References فهرست منابع

Allahgholipour, M. 2016. Genotype × environment interaction effect in rice genotypes using GGE Biplot. Cereal Research, 6(1): 1-14. (In Persian)

Allahgholipour, M. and B. Rabiei. 2017. Identification of heterotic combinations for paste viscosity properties of rice grain using GGE biplot method. Cereal Research, 6(3): 367-383. (In Persian)

Chintalapati, P., D. Balakrishnan, T. V. Venu Gopal Nammi, S. Javvaji, S. K. Muthusamy, S. R. Lella Venkata, S. Neelamraju and G. Katti. 2019. Phenotyping and Genotype × Environment Interaction of Resistance to Leaffolder, *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee (Lepidoptera: Pyralidae) in Rice. Frontiers in Plant Science, 10: 49.

Daniel, S. 2011. Land Grabbing and Potential Implications for World Food Security. In: Behnassi M., S. Shahid and J. D'Silva (eds.) Sustainable Agricultural Development (pp. 25-42). Springer, Dordrecht, Germany.

Donoso-Nanculao, G., M. Paredes, V. Becerra, C. Arrepol and M. Balzarini. 2016. GGE biplot analysis of multi-environment yield trials of rice produced in a temperate climate. Chilean Journal of Agricultural Research, 76(2): 152-157.

Farshadfar, E. 2010. New discussions in biometrical genetics. Islamic Azad University of Kermanshah Press, Kermanshah, Iran. 830 p. (In Persian)

GRAIN, O. 2008. Seized! The 2008 land grab for food and financial security. Grain Briefing.

Habibi, F. 2013. Experimental methods for measuring quality characteristic in rice grain. Ministry of Jihad-e-Agricuture, Agricultural Research, Education and Extension Organization. Rice Research Institute of Iran Press, Rasht, Iran. 30 p. (In Persian)

Hagos, G. H. and F. Abay. 2013. AMMI and GGE biplot analysis of bread wheat genotypes in the northern part of Ethiopia. Journal of Plant Breeding and Genetics, 1(1): 12-18.

Hules, M. and S. J. Singh. 2017. India's land grab deals in Ethiopia: Food security or global politics?. Land Use Policy, 60: 343-351.

Inabangan-Asilo, M. A., B. M. Swamy, A. F. Amparado, G. I. L. Descalsota-Empleo, E. C. Arocena and R. Reinke. 2019. Stability and G × E analysis of zinc-biofortified rice genotypes evaluated in diverse environments. Euphytica, 215(3): 61.

Jain, B. T., A. K. Sarial and P. Kaushik. 2019. Understanding G × E interaction of elite basmati rice (*Oryza sativa* L.) genotypes under north indian conditions using stability models. Applied Ecology and Environmental Research, 17(3): 5863-5885.

www.japb.kiau.ac.ir

Khush, G. S. 1990. Strategies for rice varietal improvement for 21st century. Crop Science, 15: 27-31.

Mohaddesi, A., R. Erfani, P. Sharifi, H. Aminpanah and A. Abbasian. 2016. Studying the relationships between yield and yield components and stability of some of rice genotypes using biplot method. Cereal Research, 6(4): 411-421. (In Persian)

Mostafavi, K., S. Hosseini Imeni and M. Firoozi. 2014. Stability Analysis of Grain Yield in Lineas and Cultivars of Rice (*Oriza sativa* L.) Using AMMI (Additive Main effects and Multiplicative Interaction) Method. Iranian Journal of Field Crop Science, 45(3): 445-452. (In Persian)

Ponnuswamy, R., A. Rathore, A. Vemula, R. R. Das, A. K. Singh, D. Balakrishnan, ... and T. Ram. 2018. Analysis of multi-location data of hybrid rice trials reveals complex genotype by environment interaction. Cereal Research Communications, 46(1): 146-157.

Rad, N. M., M. A. Kadir, M. Y. Rafii, H. Z. Jaafar, M. R. Naghavi and F. Ahmadi. 2013. Genotype × environment interaction by AMMI and GGE biplot analysis in three consecutive generations of wheat (*Triticum aestivum*) under normal and drought stress conditions. Australian Journal of Crop Science, 7: 956-961.

Rahim Soroush, H. B. Rabiei, M. Nahvi and M. Ghodsi. 2007. Study of some qualitative agronomic traits and stability of rice genotypes. Pajouhesh-va-Sazandegi, 20(2): 25-32. (In Persian)

Roy, D. 2000. Plant breeding analysis and exploitation of variation. Alpha Science International Ltd. U.K. 798 p.

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

Shahdi, K. A. and M. Foroghi. 2018. Agro-Eco-Tourism in Central-West Asia in line with sustainable development. LAP Lambert Academic Publishing, Riga, Latvia. 124 p.

Sharifi, P. and A. A. Ebadi. 2018. Relationships of rice yield and quality based on genotype by trait (GT) biplot. Annals of the Brazilian Academy of Sciences, 90(1): 343-356.

The Land Matrix. 2019. Web of transnational deals. Retrieved July 9, 2019, from https://landmatrix.org/charts/web-of-transnational-deals/.

Yan, W. and M. S. Kang. 2003. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists and agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.

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

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

Zand, E., M. R. Jalal-Kamali and S. Nazari. 2014. Some frontiers of knowledge in crop sciences and their impacts on food security. In 1st International and 13th Iranian Crop Science Congress, 3rd Iranian Seed Science and Technology Conference, Karaj, Iran. (In Persian)

www.iapb.kiau.ac.ir

ISSN NO: 2008-8485

Journal of Agronomy and Plant Breeding

Vol 15. No. 1, 2019

Assessing the adaptability of rice genotypes through GGE Biplot for farmland grabbing in some Central and West Asian countries

H. Rahim Soroush[1], A. Shahdi Kumleh*[1], A. Tarang[1], M. Hosseini Chaleshtori[1], M. Allahgholipour[2] and A. Haghighi Hasanalideh[3]

Received date: Accepted date:

Abstract

In order to evaluate the adaptability, yield and some important agronomic and qualitative traits of rice, this study was carried out with 14 rice genotypes, including 12 rice lines and varieties from Rice Research Institute of Iran along with a regional (Khazar) and a local (Hashemi, Esteghlal, Yasmin and Osmancik) check in paddy areas of Iran, Azerbaijan, Turkey and Iraq as the first regional project for Central and West Asian countries under a research program entitled "Establishing a Multi-location Evaluation and Research Network for Genetic Enhancement in Central and West Asia (EMERGE-CWA)". The experimental design was a randomized complete block design with three replications. Simple and combined analysis of variance, comparison means of traits and stability analysis through GGE Biplot was conducted. Stability analysis results for yield based on compound analysis in three regions of Turkey, Iraq and Iran by GGE Biplot method revealed that the most stable genotypes are Gohar, Dorfak, 184104-34, 184104-11, 18333-12 and 18425-20, respectively. These genotypes had higher yield than average. This research resulted in selecting line 18426-56-3 in Turkey, Shiroodi and Dorfak varieties in Iraq, five promising line including 18425-20, 18436-56-3, 184104-34, 184104-11 and 18433-12 in Iran as the genotypes with high and intermediate yield and desirable agronomic and grain quality characteristics. These genotypes would be utilized in advanced trials of various rice breeding programs to release directly as new varieties.

Keywords: Biplot, rice, adaptability, stability

1 - Research Assistant professor, Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.
2 - Research Associate professor, Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.
3 - Expert, Central and West Asian Rice Center (CWARice), Rasht, Iran.
* Corresponding author, email: shahdiabbas8@gmail.com