"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و دوم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹

مقاله پژوهشی

ارزیابی برهمکنش ژنوتیپ در محیط و پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های منتخب برنج (*Oryza sativa* L.) هوازی در شمال ایران

Assessment of genotype × environment interaction and grain yield stability of selected aerobic rice (*Oryza sativa* L.) genotypes in northern region of Iran

علی مومنی[۱]، ولی ارازی[۲]، مهدی رستمی[۳] و ناهید فتحی[۴]

چکیده

مومنی، ع.، و. ارازی، م. رستمی و ن. فتحی. ۱۳۹۹. ارزیابی برهمکنش ژنوتیپ در محیط و پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های منتخب برنج (*Oryza sativa* L.) هوازی در شمال ایران. **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۲ (۲): ۳۲۰-۳۰۵.**

دسترسی به آب کافی عامل محدود کننده عملکرد برنج و پایداری آن در شرایط فعلی کشور محسوب می‌شود. در برنامه تغییر الگوی کشت از شیوه غرقابی به هوازی (در بستر خشک و خاک غیراشباع)، شش ژنوتیپ برنج هوازی همراه با دو رقم شاهد طارم محلی و ندا، جهت ارزیابی پایداری عملکرد دانه در شرایط هوازی در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سه سال (۱۳۹۲ تا ۱۳۹۴) در استان‌های مازندران و گلستان مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس ساده هر آزمایش نشان داد که بین ژنوتیپ‌های برنج برای کلیه صفات از جمله عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری وجود داشت. بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب، برهمکنش سال در مکان و سال در مکان در ژنوتیپ بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های برنج معنی‌دار بود. تجزیه پایداری با روش‌های چندمتغیره AMMI و GGEبای‌پلات نشان داد که رقم هوازی Vandana با میانگین عملکرد دانه ۲۷۶۰ کیلوگرم در هکتار، در کلیه محیط‌ها پایداری بالاتر و نوسان عملکرد کمتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشت. از ویژگی‌های بارز این رقم، زودرسی (روز تا ۵۰ درصد گلدهی حدود ۹۷ روز) و ارتفاع بوته کوتاه (۹۸/۸ سانتی‌متر) بود. دو ژنوتیپ IR78908-193-B-3-B و IR80508-B-194-3-B نیز به‌ترتیب با عملکرد ۲۲۷۰ و ۲۲۹۲ کیلوگرم در هکتار، در اغلب محیط‌ها دارای پایداری مطلوبی بوده و از لحاظ عملکرد دانه در رتبه دوم قرار گرفتند. بر اساس نتایج بدست آمده، می‌توان از این سه ژنوتیپ به‌ترتیب به عنوان ژنوتیپ‌های برتر جهت استفاده در برنامه اصلاحی و یا کشت در شرایط هوازی در استان‌های مازندران و گلستان، به ویژه در سال‌های کم‌آب و خشکسالی، استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: برنج، تجزیه AMMI، تجزیه بای‌پلات، پایداری عملکرد و شیوه کشت هوازی.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۰۸ تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۰۶/۱۹ این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی شماره ۹۲۱۰۷-۰۴-۰۴-۰۴ مصوب موسسه تحقیقات برنج کشور می‌باشد.

۱- دانشیار پژوهش موسسه تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، آمل، ایران (مکاتبه کننده)
(پست الکترونیک: amoumeni@areeo.ac.ir)
۲- محقق مرکز تحقیقات و آموزش تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
۳- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، آمل، ایران
۴- کارشناس موسسه تحقیقات برنج کشور - معاونت مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، آمل ، ایران

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.4.2.5]
[DOI: 10.52547/abj.22.4.305]

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.4.2.5]

[DOI: 10.52547/abj.22.4.305]

مقدمه

آب یکی از منابع مهم محدودکننده در تولید محصولات زراعی، به ویژه برنج، به شمار می‌آید (Scheiermeier, 2008). گزارش‌ها حاکی از آن است که بیش از ۵۵ درصد از سطح زیر کشت برنج در جهان (حدود ۷۵ درصد از تولید جهانی)، مبتنی بر شیوه کشت غرقابی دائم است (Fairhurst and Dobermann, 2002). با توجه به کاهش مقدار و کیفیت آب قابل دسترس از یک سو و رقابت در استفاده از آب در بخش‌های شهری و صنعتی از سوی دیگر، لزوم توجه و توسعه شیوه‌های جدید کشت برنج که از آب کمتری استفاده شده و در عین حال عملکرد نسبتا مطلوبی داشته باشد، ضروری می‌باشد (Nie *et al.*, 2012). از این رو به‌نژادگران برنج در جستجوی راهکارهایی برای اصلاح ارقام برنج با قابلیت تحمل به خشکی مانند برنج‌های آپلند، مقاومت به خوابیدگی بوته و قدرت رقابت بالا با علف‌های هرز هستند (Templeton and Bayot. 2011).

سابقه تحقیقات مربوط به توسعه کشت برنج هوازی در چین به سال ۱۹۸۰ مربوط می‌شود. در پی کمبود آب در چین توجه به تولید برنج هوازی بسیار جدی‌تر شد (Geng *et al.*, 2001). پس از آن در موسسه تحقیقات بین‌المللی برنج (IRRI) از سال ۲۰۰۱ با همکاری موسسات مختلف در چین، هند و فیلیپین، مطالعات در زمینه برنج هوازی توسعه یافت (Templeton and Bayot. 2011). نتایج تحقیقات اولیه نشان داد که عملکرد ارقام برنج در شیوه کشت هوازی در حدود ۴/۷ تا ۶/۶ تن در هکتار بوده و عملکرد دانه ارقام برنج پرمحصول در شیوه آبیاری معمول حدود ۸/۰ تن در هکتار گزارش شده بود (Bouman *et al.*, 2002).

تحقیق در باره برنج هوازی در ایران از اواخر دهه ۱۳۸۰ شروع شد. در این آزمایش‌ها ژنوتیپ‌های برنج هوازی دریافت شده از موسسه تحقیقات بین‌المللی برنج (IRRI) همراه با تعدادی ارقام بومی و اصلاح شده برنج ایرانی در شرکت زراعی دشت ناز ساری در شرایط آبیاری بارانی و در بستر خشک و غیراشباع کشت شدند. نتایج نشان داد که اغلب ارقام و ژنوتیپ‌هایی که برای شیوه کشت هوازی توسعه داده شده بودند، دارای واکنش مطلوبی در شرایط آزمایش بودند، در حالی که اغلب ارقام ایرانی به شدت پاکوتاه و دچار حساسیت به بیماری بلاست شده و عملکرد آنها فاقد ارزش اقتصادی بود (Moumeni, 2014). بر اساس نتایج آزمایش، پنج لاین با ویژگی‌های برتر از نظر زودرسی (مصرف آب کمتر) و کیفیت پخت نسبت انتخاب و جهت ارزیابی پایداری عملکرد در استان‌های مازندران و گلستان در نظر گرفته شدند. گزارش شده است که موفقیت در گزینش ارقام و لاین‌های دارای عملکرد مناسب، اغلب تحت تأثیر محیط نظیر مکان، بافت و حاصلخیزی خاک محل اجرای آزمایش است (Mostafavi *et al.*, 2014). بدین جهت ارزیابی ژنوتیپ‌های امیدبخش و اصلاحی در چند مکان متنوع در چند سال، ابزار مناسبی برای به‌نژادگران جهت ارزیابی عملکرد و برآورد پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد بررسی است (Yan *et al.*, 2000; Akcura *et al.*, 2006). در دهه‌های اخیر، ارزیابی سازگاری و پایداری عملکرد ارقام برنج از نظرعملکرد دانه در آزمایش‌های مقایسه عملکرد در محیط‌های چندگانه (Multi-Environmental Trials; METs) به طور گسترده‌ای انجام شده است (Kang, 1988). روش‌های مختلفی جهت مطالعه سازگاری و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های جدید حاصل از برنامه‌های اصلاحی قبل از معرفی آنها انجام می‌شود و در نهایت ژنوتیپ‌های مناسب برای مناطق و سال‌های مختلف شناسایی می‌شوند (Mostafavi *et al.*, 2014). برای معرفی ارقام، عملکرد دانه به تنهایی معیار مناسبی نبوده و تعیین درجه سازگاری و ثبات عملکرد دانه به همراه میزان عملکرد،

مطمئن‌تر هستند. مدل‌های مختلفی از جمله مدل برهمکنش ژنوتیپ در محیط با استفاده از روش‌های چندمتغیره مانند مدل اثرات اصلی افزایشی و اثر متقابل ضرب‌پذیر (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction; AMMI) (Gauch and Zobel, 1996) و روش GGE بای‌پلات (Yan and Kang, 2003) جهت تفسیر چنین برهمکنش‌هایی توسعه داده شدند. مطالعات زیادی درباره بررسی برهمکنش ژنوتیپ در محیط و تعیین سازگاری و پایداری ارقام برنج در شیوه غرقابی دائم صورت گرفته است (Mostafavi *et al.*, 2014; Allahgholipour *et al.*, 2015; Moumeni *et al.*, 2019; Stanley *et al.*, 2005; Tarakanovas and Ruzgas, 2006; Anandan and Eswaran, 2006). در زمینه سازگاری ارقام برنج هوازی گزارش‌های اندکی منتشر شده و یک نمونه آن آزمایشی است که روی ۱۴ ژنوتیپ برنج آپلند همراه با شش ژنوتیپ شاهد در برزیل انجام شد (Balestre *et al.*, 2010). نتایج این آزمایش نشان داد که دو ژنوتیپ آپلند با ژنوتیپ مطلوب با سازگاری و پایداری عملکرد مناسب، شباهت داشتند. در ایران نیز آزمایشی روی ژنوتیپ‌های رایج برنج و ارقام هوازی در شرایط تنش خشکی انجام شد و تعدادی از ژنوتیپ هوازی نظیر Panda و IR82639-B-B-140-1 که دارای برتری بودند، شناسایی شدند (Sabouri *et al.*, 2018).

تاکنون گزارشی از نتایج مطالعات مقدماتی و پیشرفته پیوسته جهت معرفی ارقام مناسب برنج برای شیوه کشت هوازی، منتشر نشده است. بدین جهت این تحقیق با هدف برآورد برهمکنش ژنوتیپ در محیط و ارزیابی پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های منتخب برنج هوازی در دو استان مازندران و گلستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی مورد استفاده در این آزمایش شامل تعداد پنج لاین منتخب برنج هوازی و رقم وندانا (Vandana)(شاهد بین‌المللی) به همراه دو رقم شاهد طارم‌محلی و ندا (جمعا هشت ژنوتیپ) بودند (جدول ۱). ژنوتیپ‌های برنج در دو استان مازندران (شرکت زراعی دشت ناز، ساری) و گلستان (ایستگاه عراقی محله، مرکز تحقیقات کشاورزی، گرگان) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سه سال (۱۳۹۲ تا ۱۳۹۴) کشت شده و مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این آزمایش، محیط‌های E1: سال اول و مکان اول (ساری)، E2: سال اول و مکان دوم (گرگان)، E3: سال دوم و مکان اول (ساری)، E4: سال دوم و مکان دوم (گرگان)، E5: سال سوم و مکان اول (ساری)، E6: سال سوم و مکان دوم (گرگان) در نظر گرفته شدند. ویژگی‌های خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است. بذرهای هر ژنوتیپ در کرت‌هایی شامل شش ردیف سه متری با فاصله ۳۰ سانتی‌متر بین ردیف و فاصله تقریبی ۳ تا ۵ سانتی‌متر روی ردیف به صورت خشک و در بستر خشک کاشته شدند.

بعد از کاشت بذرها، آبیاری کرت‌ها به روش بارانی و به صورتی انجام گرفت تا رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی در حد غیرغرقاب / غیراشباع حفظ شود. آبیاری با فواصل حدود یک هفته (چهار تا ۸ روز) زمانی که رطوبت خاک به حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد ظرفیت زراعی رسید، انجام شد. برای کنترل علف‌های هرز پهن برگ و باریک برگ از علف‌کش‌های بنتازون و پروپانیل در یک تا دو مرحله استفاده شد و بعلاوه یک بار هم وجین دستی انجام شد. بر اساس نتایج آزمون خاک، کودهای شیمیایی نیتروژن به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار (از منبع اوره) در دو نوبت (بار اول ۴۰ درصد پایه و ۶۰ درصد در زمان وجین دستی علف‌های هرز)، ۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات (از منبع سوپرفسفات تریپل) و ۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاس (از منبع سولفات پتاسیم)، قبل از کاشت بذر به

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.4.2.5]
[DOI: 10.52547/abj.22.4.305]

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.4.2.5]

[DOI: 10.52547/abj.22.4.305]

جدول ۱- شجره و منشأ ژنوتیپ‌های برنج مورد ارزیابی

Table 1. Pedigree and origin of rice genotypes

ژنوتیپ‌های برنج Rice genotypes		شجره Pedigree	منشأ Origin
G1	Vandana	C 22/Kalakeri	India
G2	IR 78908-193-B-3-B	Vandana/IR 64	IRRI
G3	IR 78875-176-B-1-B	PSB RC 9/IR 64	IRRI
G4	IR 79971-B-201-2-4	VANDANA/WAY RAREM	IRRI
G5	IR 80508-B-194-4-B	PSB RC 9/AUS 257	IRRI
G6	IR 80508-B-194-3-B	PSB RC 9/AUS 257	IRRI
G7	Neda (Tolerant check)	Sang-tarom/Amol3	Iran
G8	Tarommohali (Susceptible check)	Traditional	Iran

جدول ۲- خصوصیات اقلیم و خاک محل اجرای آزمایش در طول فصل رشد (ساری و گرگان)

Table 2. Climate and soil characteristics of experiment sites during growing season (Sari and Gorgan)

خصوصیات خاک Soil properties		بافت خاک Soil texture	شن Sand (%)	لومی Loam (%)	رس Clay (%)	K (meq.l $^{-1}$)	P (meq.l $^{-1}$)	N (%)	O.C (%)	T.N.V (%)	pH	هدایت الکتریکی ECe ($dS.m^{-1}$)	درصد اشباع S.P (%)	بارندگی Precipitation (mm) ۱۳۹۲ 2013	۱۳۹۳ 2014	۱۳۹۴ 2015	دما Temperature (˚C) ۱۳۹۲ 2013	۱۳۹۳ 2014	۱۳۹۴ 2015
Sari (Dasht-e-Naz)	ساری	Clay	14	27	59	180	10	18	1.8	10	6.2	0.68	-	590.7	568.6	726.2	17.2	17.6	17.9
Gorgan (Araghi-Mahalleh)	گرگان	Loam-silty	16	64	20	372	-	18	1.8	-	7.7	1.00	51.8	386.9	374.6	499.0	17.8	18.3	18.5

خاک داده شدند. صفات گیاهی اندازه‌گیری شده شامل تعداد روز از کاشت بذر تا ۵۰ درصد گلدهی، ارتفاع بوته، طول خوشه، وزن ۱۰۰۰ دانه، تعداد دانه پر و پوک در خوشه (ساقه اصلی)، طول و عرض دانه، راندمان تبدیل و عملکرد دانه (پس از حذف یک ردیف از حاشیه و ۳۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای ردیف‌های کاشت) (با رطوبت ۱۴ درصد)، بودند. خصوصیات موثر بر کیفیت فیزیکی و پخت دانه شامل راندمان تبدیل (درصد)، میزان برنج سالم و خرد (درصد)، طول دانه سفید (میلی‌متر)، طول دانه بعد از پخت (میلی‌متر)، نسبت طویل شدن دانه بعد از پخت، میزان آمیلوز دانه (درصد) بر اساس روش جولیانو (Juliano, 1971)، قوام ژل بر اساس روش کاگامپانگ و همکاران (Cagampang *et al.*, 1973) و هضم قلیایی براساس روش لیتل و همکاران (Little *et al.*, 1958) اندازه‌گیری شدند.

تجزیه آماری داده‌ها برای میانگین صفات در هر آزمایش (مکان و سال) بطور جداگانه با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 و روش PROC GLM براساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد (SAS, 2013). قبل از انجام تجزیه مرکب، از آزمون بارتلت جهت آزمون صحت همگن بودن واریانس خطای آزمایش‌ها در سال‌ها و مکان‌ها استفاده شد. تجزیه مرکب با فرض تصادفی بودن اثرسال و مکان و ثابت بودن اثر ژنوتیپ‌ها و آزمون اثرات مختلف براساس روش ارایه شده توسط مور و دیکسون (Moore and Dixon, 2015) انجام شد. تجزیه پایداری عملکرد دانه بر اساس روش‌های چند متغیره شامل AMMI (Gauch and Zobel, 1996) با استفاده از نرم‌افزارهای CropStat 7.2 و مدل GGE biplot (Yan and Kang, 2003) با استفاده از نرم‌افزار GGEbiplot ver 3.8 انجام شد. محاسبه‌های آماری بر اساس میانگین داده‌های ثبت شده روی پنج بوته از هر کرت انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس ساده در هر محیط نشان داد که ژنوتیپ‌های برنج مورد ارزیابی در کلیه محیط‌ها تنها از نظر عملکرد دانه و ارتفاع بوته دارای تفاوت معنی‌دار بودند. تفاوت بین طول خوشه برای محیط‌های ۴ (گرگان، سال دوم) و ۵ (ساری، سال سوم) و تعداد پنجه برای محیط‌های ۲، ۴ و ۶ (گرگان در هر سه سال) معنی‌دار بودند. مقایسه میانگین‌ها برای تعدادی از صفات مهم به تفکیک محیط‌ها (سال و مکان) نشان داد که در سال اول ژنوتیپ‌های G1 (VANDANA) و G2 دارای بیشترین عملکرد دانه (به‌ترتیب ۳۳۱۹/۲ و ۳۰۳۰/۸ کیلوگرم در هکتار) در مکان دشت ناز ساری (مازندران) بودند. در استان گلستان (منطقه گرگان) سه ژنوتیپ G4 با ۲۵۷۷/۷ کیلوگرم، G1 با ۲۵۷۱/۳ کیلوگرم و G5 با ۲۲۸۰/۱ کیلوگرم در هکتار در یک گروه با بیشترین عملکرد قرار داشتند. به لحاظ تعداد روز از بذرکاری تا ۵۰ درصد گلدهی در منطقه گرگان، ژنوتیپ‌های G2، G1 و G4 در یک گروه قرار گرفته و زودرس‌تر از سایر ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۳). این ژنوتیپ‌ها بطور متوسط دو هفته زودرس‌تر از منطقه دشت ناز ساری بودند. در سال دوم آزمایش و در منطقه دشت ناز ساری سه لاین G6، G1 و G2 دارای عملکردی بیش از ۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بودند. در همین سال و در منطقه گرگان، ژنوتیپ G1 بیشترین عملکرد (۳۴۲۷/۵ کیلوگرم در هکتار) را دارا بود و به تنهایی در یک گروه قرار گرفت. از لحاظ تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی نیز لاین‌های G5، G3، G1 و G4 زودرس‌تر از سایر ژنوتیپ‌ها بوده و در گروه با گلدهی زودتر قرار گرفتند. در گرگان نیز واکنش ژنوتیپ‌ها برای تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی تقریباً مشابه دشت ناز ساری بود (جدول ۳).

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.4.2.5]
[DOI: 10.52547/abj.22.4.305]

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات گیاهی ژنوتیپ‌های برنج در شیوه کشت هوازی (دو مکان و سه سال)

Table 3. Mean comparison of plant traits of rice genotypes in aerobic production system (two locations and three years)

	صفات گیاهی Plant traits	مکان ۱ (دشت ناز ـ ساری، مازندران) Location 1 (Dasht-e-Naaz, Sari, Mazandaran)								مکان ۲ (گرگان، گلستان) Location 2 (Gorgan, Golestan)							
		Rice genotypes ژنوتیپ‌های برنج								Rice genotypes ژنوتیپ‌های برنج							
		G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
	YLD	3319.2a	3030.8ab	2417.0abc	953.2c	1675.6a	2348.8abc	2971.8abc	1176.7c	2571.7a	1032.7a	1072.3a	2577.7a	2280.1a	1386.6b	273.6c	155.3c
	PLH	91.5abcd	109.5a	88.7bcd	87.6dc	103.5abc	92.1abc	78.4d	106.5ab	106.3abc	79.2d	115.5a	92.3bcd	95.3abc	87.7dc	54.5e	110.3ab
	PL	21.9ab	23.1a	21.8ab	22.1ab	23.1a	19.9b	20.4b	22.2ab	25.0a	16.8c	21.0b	19.2b	21.0b	20.6b	14.3d	24.7a
	TLR	12.5a	13.5a	12.9a	11.4ab	9.7b	12.5a	12.5a	12.8a	7.9ab	8.4ab	6.3b	10.6ab	5.8b	9.7ab	13.5a	4.5b
۱۳۹۲	FLR	-	-	-	-	-	-	-	-	90.0ab	86.3b	97.7a	90.3ab	96.0ab	98.3a	97.3a	98.7a
2013	NFG	28.7b	58.8b	23.3b	39.5ab	37.7ab	21.0b	17.7b	39.3ab	31.9b	13.8d	29.4b	29.7b	22.1c	27.5bc	12.9d	50.6a
	FG	73.9b	93.7ab	64.0b	49.9b	134.6a	68.7ab	55.3b	64.6b	137.8a	41.3ef	60.2de	76.0cd	87.7bc	74.3cd	37.1c	100.1b
	TGW	-	-	-	-	-	-	-	-	19.4b	21.6b	24.4a	20.6b	19.5b	16.0c	21.5b	20.2b
	GL	-	-	-	-	-	-	-	-	7.9d	9.2ab	8.5c	8.4cd	7.9d	7.9d	9.7a	8.9bc
	GW	-	-	-	-	-	-	-	-	2.1ab	1.9b	2.2a	2.1ab	1.9b	1.8b	1.9b	1.9b
	YLD	3857.6a	3564.0ab	3343.3ab	2805.4abc	2536.6bc	3980.2a	2110.6c	1696.5c	3427.5a	2175.9b	2062.1bc	1446.6cd	1602.7bc	1429.6cd	1387.4cd	824.0d
	PLH	104.9a	104.2a	92.1bc	93.9bc	86.0c	108.1a	65.9d	99.5ab	106.9b	127.0a	101.1bc	122.8a	106.5b	124.8a	58.7c	108.b
	PL	20.1a	23.3a	21.8a	21.8a	22.3a	19.0a	18.6a	18.1a	20.7bc	21.6bc	23.6a	20.5c	22.3ab	21.3bc	17.7d	22.2abc
	TLR	8.8bc	7.6bc	11.0abc	7.3bc	6.9c	14.2ab	7.7bc	16.5a	10.2cd	8.4ef	10.6bcd	9.8de	11.8b	11.2bc	18.6a	8.3f
۱۳۹۳	FLR	102.7b	111.7a	99.3b	104.3b	100.0b	111.3a	103.0b	-	68.0b	79.3a	68.3b	67.7b	69.7b	79.3a	68.3b	56.7c
2014	NFG	-	-	-	-	-	-	-	-	30.5bc	27.2c	24.8c	37.7ab	45.7a	25.1c	11.5d	32.7bc
	FG	-	-	-	-	-	-	-	-	90.5a	47.5bc	86.3a	39.1c	99.9a	53.9b	44.8bc	36.5c
	TGW	22.7abc	21.8bc	22.7abc	25.4ab	22.5bc	27.7a	22.5bc	20.1c	20.8b	24.5a	18.0c	18.5c	16.5d	24.5a	21.3b	16.3d
	GL	6.1a	5.9a	6.3a	6.6a	6.4a	6.4a	6.7a	6.7a	-	-	-	-	-	-	-	-
	GW	1.9ab	1.7b	1.8ab	1.8ab	1.8ab	1.9ab	1.9ab	2.0a	-	-	-	-	-	-	-	-
	YLD	1960.0ab	1940.0ab	1666.7ab	1786.7ab	1093.3b	2606.7a	1113.3b	1353.3b	1430.0bc	1876.7ab	1735.0ab	1547.7abc	1743.3ab	2003.3a	1235.8cd	876.7d
	PLH	74.6c	92.7ab	64.1d	75.6c	74.8c	97.7a	46.3d	88.6b	108.7de	120.1bc	126.7a	103.6e	120.6abc	124.7ab	59.5c	114.6cd
	PL	16.9b	20.4a	19.7a	20.2a	19.3a	20.9a	16.6b	21.3a	14.0a	15.2a	15.0a	17.7a	16.6a	15.0a	14.5b	15.3a
۱۳۹۴	TLR	9.9ab	11.3ab	9.9ab	9.8ab	6.9b	12.5a	13.1a	10.9ab	19.3d	23.5abc	24.1ab	24.3ab	25.0a	23.5bc	19.3d	22.5c
2015	FLR	116.0c	135.0a	123.3bc	124.7b	116.0c	143.3a	128.7ab	123.3bc	83.0bc	87.3b	102.3a	82.0bc	84.0bc	102.7a	82.6bc	77.3c
	NFG	18.0bcd	17.4bcd	16.7cd	23.5bc	24.4ab	15.3d	16.7cd	31.5a	28.5ab	33.7a	15.5cd	22.0bc	33.6a	30.6ab	9.5d	25.1abc
	FG	62.7a	56.7a	61.0a	45.6ab	58.9a	60.3a	25.5b	25.9b	50.4bc	64.2b	101.9a	110.9a	113.2a	71.3b	49.7bc	39.9c
	TGW	19.7cd	25.9ab	14.9e	18.4cde	15.5de	26.3a	21.7bc	21.9abc	19.8c	21.8abc	21.5abc	25.1a	24.2ab	19.9bc	22.1abc	22.4abc

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test.

-: داده‌های گم شده، YLD، PLH، PL، TLR، FLR، NFG، FG، TGW، GL و GW: به‌ترتیب عملکرد دانه، ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد پنجه، روز تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد سنبلچه پوک، تعداد دانه پر (خوشه)، وزن هزار دانه، طول دانه و عرض دانه

-: missing data, YLD, PLH, PL, TLR, FLR, NFG, FG, TGW, GL and GW: grain yield (kg.ha^{-1}), plant height (cm), panicle length (cm), number of panicle.plant^{-1}, sterile spikelet.panicle^{-1}, filled-grain.panicle^{-1}, 1000 grain weight (g), grain length (mm) and grain width (mm), respectively

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.4.2.5]
[DOI: 10.52547/abj.22.4.305]

در سال سوم آزمایش وضعیت ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه برای تعدادی از صفات مهم و روند آنها تا حد زیادی مشابه دو سال قبل بود. در آزمایش دشت ناز ساری ژنوتیپ‌های G6، G1، G2 و G4 بر اساس عملکرد دانه (۱۷۸۶/۷ تا ۲۶۰۶/۷ کیلوگرم در هکتار) در یک گروه دسته‌بندی شدند و در منطقه گرگان نیز ژنوتیپ‌های G6، G1، G2 و G5 با عملکرد دانه بالاتر (۱۷۳۵/۰ تا ۲۰۰۳/۳ کیلوگرم در هکتار) در یک گروه قرار گرفتند. به لحاظ تعداد روز تا گلدهی، در دو منطقه دشت ناز ساری و گرگان ژنوتیپ‌های G1، G4 و G5 زودرس‌تر از سایر ژنوتیپ‌ها بودند(جدول ۳).

آزمون همگنی واریانس اشتباهات آزمایشی محیط‌های مختلف (شش محیط) نشان داد که بین آنها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($\chi^2_{cal=}$ ۷/۶۵ < $\chi^2_{tab=}$ ۸/۰۷) و در نتیجه فرض یکنواختی واریانس‌ها در میان محیط‌های آزمایشی این تحقیق اثبات شد. براین اساس، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با فرض تصادفی بودن سال‌ها و مکان‌ها و ثابت بودن ژنوتیپ‌ها انجام شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر ساده سال و مکان برای تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، اثر ژنوتیپ و برهمکنش سال در مکان و سال در مکان در ژنوتیپ، برای کلیه صفات مورد مطالعه به جز چند مورد از جمله اثر ژنوتیپ برای تعداد پنجه (خوشه در بوته) و طول خوشه و برهمکنش سال در مکان برای طول خوشه و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، در سطوح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار بودند.

با توجه به معنی‌دار شدن برهمکنش ژنوتیپ در مکان در سال برای عملکرد دانه، برآورد اجزای پایداری براساس مدل چند متغیره AMMI و روش GGE بای‌پلات جهت شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه AMMI نشان داد که سهم اجزای مختلف شامل ژنوتیپ، محیط و برهمکنش ژنوتیپ در محیط به ترتیب ۳۱/۷، ۳۶/۰ و ۳۲/۲ درصد و هر سه جزء معنی‌دار بودند (جدول ۴). تفکیک برهمکنش ژنوتیپ در محیط به اجزای آن نشان داد که مولفه‌های برهمکنش اول و دوم معنی‌دار و مولفه‌های برهکمنش سوم و چهارم غیرمعنی‌دار بودند. مولفه‌های برهمکنش اول و دوم به ترتیب ۴۰/۹ و ۲۴/۹ درصد از تغییرات برهمکنش ژنوتیپ در محیط و ۱۳/۲ و ۸/۰ درصد از تغییرات کل عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند و ۳۴/۰۷ درصد از تغییرات مربوط به مولفه‌های غیرمعنی‌دار سوم و چهارم و مولفه باقیمانده

جدول ۴- تجزیه واریانس عملکرد دانه ژنوتیپ‌های برنج در شیوه کشت هوازی بر اساس مدل AMMI

Table 4. Analysis of variance for grain yield of rice genotypes in aerobic production system based on AMMI model

Sources of variation	منابع تغییر	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS	سهم هر مولفه Percentage relative of component	واریانس تجمعی Cumulative percentage
Genotype	ژنوتیپ	7	0.169 E+07**	31.70	31.70
Environment	محیط	5	0.269 E+07**	36.01	67.71
Genotype × Environment	ژنوتیپ × محیط	35	345397**	32.29	-
First component (IPAC1)	مولفه اول	11	611055*	40.94 (13.29)†	40.94 (81.00)§
Second component (IPAC2)	مولفه دوم	9	372934*	24.99 (8.07)	65.93 (89.07)
Third component (IPAC3)	مولفه سوم	7	184326ns	12.35 (3.99)	78.28 (93.06)
Fourth component (IPAC4)	مولفه چهارم	5	99098.7ns	6.64 (2.14)	84.92 (95.20)
Residual	باقیمانده	3	225101	15.08 (4.87)	100.0 (100.00)
Total	کل	47	796838.3		

ns: غیرمعنی‌دار، * و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

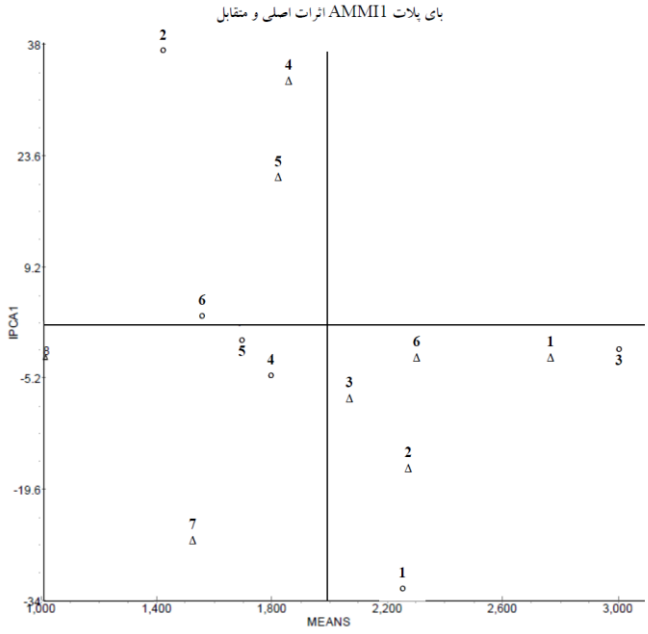
ns: Not significant, * and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

†: سهم هر جزء از تغییرات کل و §: سهم تجمعی هر جزء در کل

†: ercentage relative of component and §: cumulative percentage of each component

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.4.2.5]
[DOI: 10.52547/abj.22.4.305]

(به‌ترتیب با ۳/۹، ۲/۱ و ۴/۸ درصد) از تغییرات کل، بود. بنابراین مدل I بای‌پلات AMMI با دومولفه اصلی که ۸۹/۰۷ درصد از تغییرات کل را توجیه می‌نمود، به عنوان بهترین مدل در نظر گرفته شد (شکل ۱). در این بای‌پلات، ژنوتیپ‌های G6، G3، G2 نسبت به ژنوتیپ G1 در فاصله نزدیک‌تر از مرکز بای‌پلات قرار داشتند. ژنوتیپ‌های G1، G2، G3 و G6 در محیط‌های ۱ و ۳ که منطقه دشت ناز ساری در سال‌های اول و دوم آزمایش بیشترین عملکرد را داشته و ژنوتیپ‌های G4 و G5 در محیط‌های ۲ و ۶ که منطقه گرگان از استان گلستان را شامل می‌شد، بهترین وضعیت را داشتند.

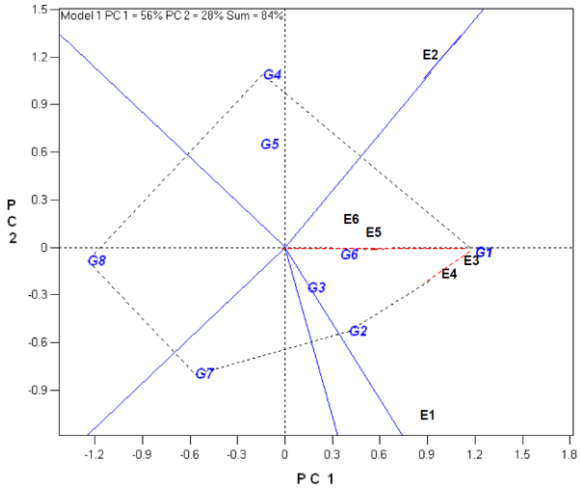


شکل ۱- بای‌پلات میانگین ژنوتیپ‌های برنج (مثلث: ∆) و محیط‌ها (دایره: o) و مقادیر اولین مولفه اصلی آن‌ها (AMMI1)

Fig. 1. Biplot of rice genotypes mean (∆) and environments (o) with first principle component value (AMMI1)

جهت شناسایی ژنوتیپ‌های برتر تجزیه GGE بای‌پلات نیز انجام شد. نمودار چند ضلعی مربوط به میانگین ژنوتیپ‌های برنج در سه سال در شکل ۲ نشان داده شده است. در این شکل ژنوتیپ‌هایی که حداکثر فاصله را از مبدا داشتند به یکدیگر وصل شده و یک چند ضلعی حاصل شد، سپس از مبدا مختصات خطوطی عمود بر اضلاع این چند ضلعی رسم شده و سه ژنوتیپ برتر G1، G2 و G4 به همراه دو رقم شاهد در رأس این چند ضلعی قرار گرفتند. ژنوتیپ G1 دارای سازگاری مناسب به محیط‌ها و بالاترین میزان عملکرد دانه در سال‌های اول و دوم در دشت ناز و گرگان و پایداری مناسب بود. ژنوتیپ‌های G7 و G8 که از ارقام شاهد ایرانی بودند دارای کمترین عملکرد در شرایط هوازی در کلیه محیط‌ها بودند. ژنوتیپ هوازی G6 نیز به لحاظ سازگاری به محیط و پایداری در تولید عملکرد دانه در این محیط‌ها (سال‌ها و مکان‌ها) در مرتبه بعدی قرار گرفت.

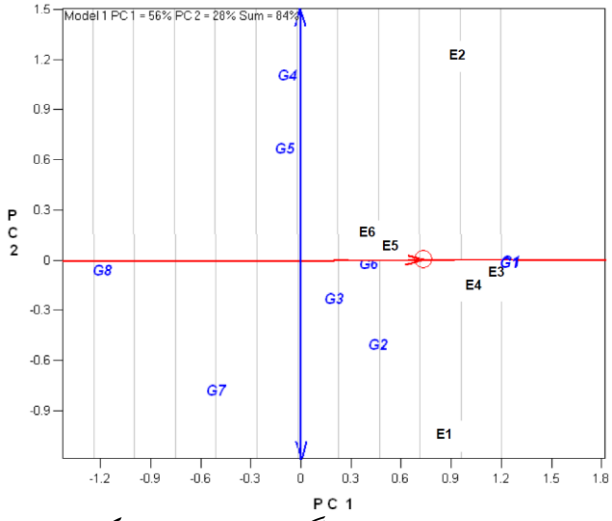
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.4.2.5]
[DOI: 10.52547/abj.22.4.305]



شکل ۲- چندضلعی GGEبای‌پلات برای گروه‌بندی محیط‌ها در سه سال
E محیط‌های آزمایش و G ژنوتیپ‌های برنج هستند

Fig. 2. Polygons of GGE biplot for grouping environments in three years
E and G are environments and rice genotypes, respectively

به منظور بررسی همزمان پایداری و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های برنج از نمودار مختصات محیط متوسط استفاده شد. در این نمودار محور افقی که دارای یک پیکان است از مبداء مختصات می‌گذرد. تصویر ژنوتیپ‌ها روی این محور، تقریبی از عملکرد ژنوتیپ‌ها می‌باشد. این محور را محور میانگین محیط نیز می‌نامند (شکل ۳). در این نمودار، هر ژنوتیپی که به محور مشخص‌شده با دایره و پیکان نزدیک باشد، پایدارتر است و هرچه در جهت نوک پیکان محور مذکور دورتر شود از عملکرد بالاتری برخوردار است. بر این اساس دو ژنوتیپ هوازی G1 و G6 براساس پایداری و عملکرد دانه برترین ژنوتیپ‌ها بودند.

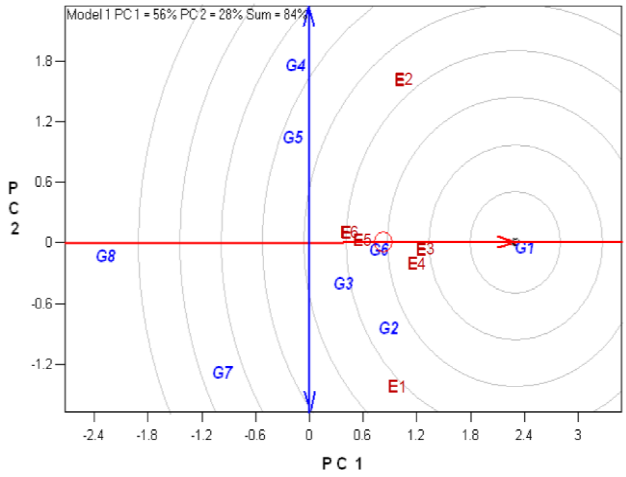


شکل ۳- بای‌پلات مختصات محیط متوسط (AEC) برای گزینش همزمان عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌های برنج
E_i محیط‌های آزمایش و G_j ژنوتیپ‌های برنج هستند

Fig. 3. Biplot of average environment coordinate for simultaneous selection of grain yield and stable aerobic rice genotypes
E_i and G_j are environments and rice genotypes, respectively

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.4.2.5]
[DOI: 10.52547/abj.22.4.305]

ژنوتیپ مطلوب فرضی نیز برای میانگین داده‌های محیط‌ها و بر اساس حداکثر پایداری و حداکثر عملکرد رسم شد (شکل ۴). ژنوتیپ‌هایی که نزدیک‌ترین فاصله را با ژنوتیپ فرضی داشته باشد به عنوان ژنوتیپ برتر محسوب می‌شوند. در این بای‌پلات، نزدیک‌ترین ژنوتیپ به ژنوتیپ مطلوب فرضی، ژنوتیپ G1 بود و پس از آن ژنوتیپ G6 بوده و نامطلوب‌ترین ژنوتیپ G8 بود که رقم شاهد (طارم محلی) بود.



شکل ۴- نمودار ژنوتیپ مطلوب فرضی برنج در محیط‌ها در سه سال
E محیط‌های آزمایش و G ژنوتیپ‌های برنج هستند

Fig. 4. Ideal genotypes biplot for rice genotypes in three years
E and G are environments and rice genotypes, respectively

نتیجه ارزیابی کیفیت پخت دانه و خصوصیات فیزیکی دانه ژنوتیپ‌های برنج در دشت ناز ساری در جدول ۶ ارائه شده است. نتایج نشان داد که میزان آمیلوز این ژنوتیپ‌ها از ۲۱/۱ درصد برای ژنوتیپ G5 تا ۲۳/۷ درصد برای ژنوتیپ G2 متغیر بود. میزان برنج سالم نیز در این ژنوتیپ‌ها از ۵۹/۰ درصد برای G4 تا ۶۳/۲ درصد برای دو ژنوتیپ G1 و G3 متغیر بود. این ژنوتیپ‌ها اغلب دانه بلند بوده و طول دانه قهوه‌ای در این ژنوتیپ‌ها از ۹/۴ میلی‌متر در G2 تا ۱۲/۴ میلی‌متر برای G6 متفاوت بوده و درصد طویل شدن دانه بعد از پخت نیز از ۱/۷ تا ۱/۹ برابر برای ژنوتیپ‌های برنج مورد ارزیابی متغیر بود. ژنوتیپ‌های برتر این تحقیق شامل G1، G6 و G2 به لحاظ آمیلوز (به‌ترتیب ۲۱/۸، ۲۱/۵ و ۲۳/۷ درصد) در محدوده آمیلوز متوسط (۲۵> AC> ۲۰) بودند. قوام ژل این ژنوتیپ‌ها در محدوده متوسط (به‌ترتیب ۵۵، ۴۵ و ۴۰) و ارزش هضم قلیایی (۳/۸، ۳/۵ و ۳/۹) بودند. راندمان تبدیل و نسبت طویل شدن دانه بعد پخت این لاین‌ها نیز به‌ترتیب ۶۷/۵، ۷۰/۸ و ۶۹/۹ درصد و ۱/۷، ۱/۸ و ۱/۸ بود.

در سال‌های اخیر تغییر شرایط اقلیمی کره زمین و کاهش قابلیت دسترسی به آب از یک سو و نیروی کار از سوی دیگر در کشت برنج، توجه به شیوه کشت هوازی با عملکرد پایدار در شرایط کم آبی که نیاز به آب و نیروی کار کمتر باشد، مورد توجه قرار گرفته و آزمایشی با تعداد متنوعی از ژنوتیپ‌های هوازی جهت بررسی پایداری عملکرد بر اساس مدل AMMI در چندین کشور آسیایی شامل فیلیپین، هند، بنگلادش، نپال و لائوس در شرایط هوازی انجام شد. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های IR92521-143-2-2-1، IR91326-7-13-1-1، IR 91328-43-6-2-1 و IR91326-20-2-1-4

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.4.2.5]
[DOI: 10.52547/abj.22.4.305]

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.4.2.5]

[DOI: 10.52547/abj.22.4.305]

جدول ۶- صفات فیزیکی و کیفیت پخت دانه ژنوتیپ‌های برنج در شیوه کشت هوازی

Table 6. Physical and cooking quality characteristics of rice genotypes under aerobic production system

		صفات Traits								
ردیف No.	ژنوتیپ‌های برنج Rice genotypes	هضم قلیایی Alkali spreading value	قوام ژل Gel consistency	میزان آمیلوز Amylose content (%)	طویل شدن Elongation	طول برنج پخته Cooked grain length (mm)	برنج سفید Raw grain length (mm)	برنج خرد Broken rice (%)	برنج سالم Head rice (%)	راندمان تبدیل Milling recovery (%)
G1	Vandana	3.8	55.0	21.8	1.7	9.8	5.6	4.4	63.2	67.5
G2	IR 78908-193-B-3-B	3.9	45.0	23.7	1.8	9.4	5.2	6.7	60.2	69.9
G3	IR 78875-176-B-1-B	4.0	93.7	22.6	1.7	10.2	5.8	7.1	63.2	70.3
G4	IR 79971-B-201-2-4	4.0	43.3	21.8	1.9	10.6	5.7	4.3	59.0	63.3
G5	IR 80508-B-194-4-B	3.7	37.0	21.1	1.8	10.2	5.6	4.5	62.7	67.2
G6	IR 80508-B-194-3-B	3.5	40.0	21.5	1.8	12.4	7.0	6.9	61.2	70.8
G7	Neda	3.5	43.0	21.3	1.8	12.4	7.0	9.6	61.2	70.8
G8	Tarommohali	3.8	37.0	19.3	2.0	13.5	6.8	5.2	64.3	69.5

دارای پایداری مناسبی بودند (Sandhu *et al.*, 2019). با توجه به اینکه انتخاب ژنوتیپ‌ها براساس عملکرد در یک محیط معیار مناسبی نمی‌باشد، لازم است تا ژنوتیپ‌ها در چند مکان و سال مورد ارزیابی قرار گیرند تا با سنجش میزان عملکرد و پایداری، بهترین و پایدارترین آن‌ها که عملکرد بالاتری از میانگین داشته باشند، شناسایی شوند (Farshadfar, 1998; Mohammadi *et al.*, 2015). در اولین گام، تفاوت‌های معنی‌دار مشاهده شده بین ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی برای صفات مختلف از جمله عملکرد دانه در محیط‌های مختلف نشان دهنده وجود تنوع و تفاوت در ژنوتیپ‌های انتخابی بود. وجود تفاوت‌های معنی‌دار در ژنوتیپ‌های آزمایشی در آزمایش‌های ساده در آزمایش‌های سازگاری گزارش شده است (Mostafavi *et al.*, 2014; Allahgholipour *et al.*, 2015; Moumeni *et al.*, 2019). نتایج عملکرد ژنوتیپ‌های برنج طی سال‌ها و مکان‌ها حاکی از بیشتر بودن عملکرد در دو سال اول در دشت ناز ساری بود که این موضوع می‌تواند مربوط به ویژگی‌های اقلیمی و مناسب بودن شرایط محل آزمایش به لحاظ حاصلخیزی و تا حدود زیادی مدیریت مناسب زراعی در طی اجرای آزمایش باشد (Mohammadi *et al.*, 2015).

در تحقیق حاضر تفاوت در رفتار ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف (سال و مکان)، کمک خواهد کرد تا برنامه اصلاح و معرفی ژنوتیپ‌هایی از برنج هوازی با سازگاری عمومی و یا اختصاصی بالا برای مکان‌های مورد مطالعه بخوبی انجام شود. در این تحقیق برهمکنش سال در مکان معنی‌دار بود. این موضوع نشان دهنده وجود تنوع کافی بین ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف است (Mostafavi *et al.*, 2014; Balestre *et al.*, 2010). معنی‌دار بودن اثر ساده سال، نشان می‌دهد که عوامل جوی از قبیل میزان بارندگی، طول روز، حداقل و حداکثر دمای هوا و خاک بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها اثر گذاشته است. معنی‌دار بودن اثر مکان نیز نشان دهنده تأثیر عواملی مانند خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا در بروز تفاوت‌ها و بر پتانسیل عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های برنج هوازی باشد (Mohammadi *et al.*, 2015). در یک آزمایش چند ساله در موسسه بین‌المللی تحقیقات برنج (IRRI)، مشخص شد که به ازای افزایش یک درجه سانتی‌گراد در میانگین دمای شبانه، میزان عملکرد دانه برنج حدود ۱۰ درصد کاهش یافت (Peng *et al.*, 2004) از این رو بخشی از نوسانات در میزان عملکرد دانه ژنوتیپ‌های برنج، به ویژه در سال سوم و در دو مکان را می‌توان با افزایش میانگین دما (بر اساس اطلاعات جدول ۲) مرتبط دانست.

بطور کلی در تجزیه و تحلیل از طریق بای‌پلات، هر ژنوتیپ که به محیطی نزدیک باشد در آن محیط سازگارتر و هر ژنوتیپ که به خط افقی نزدیک‌تر باشد، پایدارتر است. نتایج حاصل از تجزیه پایداری با استفاده از دو روش چند متغیره AMMI و GGEبای‌پلات نشان داد که ژنوتیپ G1 (Vandana) از ژنوتیپ‌های پرمحصول سازگار به اغلب محیط‌ها و با پایداری مناسبی بود. تجزیه ساختار برهمکنش ژنوتیپ در محیط به روش AMMI نشان داد که دو مولفه اول بیشترین تغییرات برهمکنش ژنوتیپ در محیط را توجیه نموده و ژنوتیپ‌های G1، G6، G2 و G3 به مرکز مختصات نزدیک‌تر و عملکرد آنها در حد متوسط بوده و به عنوان ژنوتیپ‌هایی با پایداری مناسب شناخته شدند. براین اساس ژنوتیپ G1 (Vandana) در دو محیط E3 و E4 سازگارتر بوده و ژنوتیپ G6 در دو محیط E5 و E6 سازگاری بیشتری داشتند. ژنوتیپ‌های G1، G6، G3 و G2 با محیط‌های E1، E3، E4، E5 و E6 دارای سازگاری بوده و ژنوتیپ‌های G4 و G5 به محیط E2 سازگاری داشتند، اما دو ژنوتیپ G8 و G7 در هیچیک

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.4.2.5]
[DOI: 10.52547/abj.22.4.305]

از محیط‌ها سازگار نبوده و جز ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد و پایداری شناخته شدند. در همین رابطه گزارش شده است که بهترین مدل، مدلی است که فقط دو مؤلفهٔ اصلی اول معنی‌دار شده و سایر مؤلفه‌ها، واریانس غیرمعنی‌داری داشته باشند (Gauch and Zobel, 1996). در نتیجه ژنوتیپی که از نظر عملکرد (محور افقی) مقدار بیشتر و از نظر اولین مؤلفهٔ برهمکنش (محور عمودی) مقدار کمتری (نزدیک به صفر) داشته باشد، ژنوتیپ مطلوب‌تری خواهد بود. چنین ژنوتیپی هم عملکرد بالایی داشته و هم پایدار محسوب می‌شود (Anandan and Eswaran, 2006). در تحقیق حاضر جهت شناسایی پایدارترین ژنوتیپ‌ها از روش GGEبای‌پلات نیز استفاده شد. یکی از دلایل مهم در استفاده از روش GGEبای‌پلات در این تحقیق، ایجاد نمودار چند ضلعی است که با استفاده از آن می‌توان تفسیرهای مناسبی از پایداری بعمل آورد (Yan and Kang, 2003). در این روش نیز ژنوتیپ G1 (Vandana) بالاترین میزان سازگاری به محیط‌ها و پایداری عملکرد نسبت به به سایر ژنوتیپ‌ها در اغلب محیط‌ها را داشته و در مرتبه بعد ژنوتیپ G6 قرار گرفت، زیرا دقیقاً روی محور فرضی مرتبط قرار گرفتند. چنین استنتاجی توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Koocheki *et al.*, 2012). بر اساس این روش نزدیک‌ترین ژنوتیپ‌ها به ژنوتیپ مطلوب فرضی برتر نیز دو ژنوتیپ G1 و G6 بودند.بر اساس صفات و شاخص‌های کیفی دانه نیز ژنوتیپ‌های برنج مورد ارزیابی در محدوده ژنوتیپ‌هایی با کیفیت پخت مناسب قرار گرفته و دارای آمیلوز، قوام ژل و دمای ژلاتینه شدن متوسطی بوده و دارای طویل شدن دانه مناسبی بعد از پخت بودند.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که روش‌های مورد استفاده جهت تجزیه و تحلیل پایداری، باعث شناسایی ژنوتیپ‌های برنج پایدار و با سازگاری عمومی و خصوصی مطلوب در شیوه کشت هوازی شدند. ژنوتیپ هوازی G1 (Vandana) یک رقم آپلند و هوازی با میانگین عملکرد ۲۷۶۰ کیلوگرم در هکتار، در کلیه محیط‌ها دارای پایداری بالاتری بود. این ژنوتیپ زودرس (حدود ۹۷ روز) و دارای ارتفاع بوته نسبتا کوتاه (۹۸/۸ سانتی‌متر) بود. دو ژنوتیپ G2 (با شجره IR78908-193-B-3-B) و G6 (با شجره IR80508-B-194-3-B) (به‌ترتیب با عملکرد دانه ۲۲۷۰ و ۲۲۹۲ کیلوگرم در هکتار)، در اغلب محیط‌ها دارای پایداری مطلوبی بودند. هر چند که عملکرد دانه ژنوتیپ‌های برنج مورد ارزیابی در این تحقیق پایین به نظر می‌رسد، لیکن این مقدار عملکرد در شیوه کشت هوازی که هیچگونه سابقه‌ای از اعمال بهترین مدیریت زراعی برای این نوع شیوه کشت در ایران وجود نداشت، حاصل شده است.

سپاسگزاری

بدینوسیله از شرکت زراعی دشت ناز ساری و مسئولان و کارکنان شرکت از جمله آقای مهندس علی‌اکبر مومنی که فرصت اجرای بخشی از این تحقیق را فراهم نمودند و همچنین همکاران موسسه تحقیقات برنج کشور ـ معاونت مازندران از جمله سرکار خانم مهندس فاطمه توسلی لاریجانی همکار پیش‌کسوت، و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان که در پشتیبانی و اجرای این تحقیق همکاری نمودند، سپاسگزاری می‌شود. این تحقیق در قالب پروژه تحقیقاتی موسسه تحقیقات برنج کشور با شماره مصوب ۹۲۱۰۷-۰۴-۰۴-۰۴ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی انجام شده است.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.4.2.5]
[DOI: 10.52547/abj.22.4.305]

References منابع مورد استفاده

Akcura, M., Y. Kaya, S. Taner and R. Ayranci. 2006. Parametric stability analyses for grain yield of durum wheat. Plant Soil Environ. 52: 254-261.

Allahgholipour, M., A. Mohaddesi, M. Nahvi, N. Sharafi, H. Shafiei-Sabet, M. Mohamadi, M. Yekta, A. Vafadar and M.M. Yousefi. 2015. Stabilty and adaptability of rice promising lines in Guilan. Rice Research Institute of Iran. (In Persian with English abstract).

Anandan, A. and R. Eswaran. 2006. Genotype by environment interactions of rice (*Oryza sativa* L.) hybrids in the east coast saline region of Tamil Nadu. In the Proceedings of 2nd International Rice Congress, October 9-13, New Delhi, India.

Balestre, M., V.B. dos Santos, A.A. Soares and M.S. Reis. 2010. Stability and adaptability of upland rice genotypes. Crop Breed. Appl. Biotech. 10: 357-363.

Bouman, B.A.M., Y. Xiaoguang, W. Huaqi, W. Zhiming, Z. Junfang, W. Changgui and C. Bin. 2002. Proceedings of the 12th International Soil Conservation Organization Conference, 26-31 May, Beijing, China. Tsinghua University Press.

Cagampang, G.B., C.M. Perez and B.O. Juliano. 1973. A gel consistency test for early quality of rice. J. Sci. Food Agric. 24: 1589-1594.

Fairhurst, T.H. and A. Dobermann. 2002. Rice in the global food supply. *In:* Better crops for international. Special supplementary, 3-7. [Online]. Available at: http://www.ipni.net/ppiweb/bcropint.nsf/ $webindex/ 0E477FFC43BD62DA8525 6BDC00722F62/ $file/BCI-RICEp03.pdf.

Farshadfar, E. 1998. Application of Biometrical Genetics in Plant Breeding. (Second Ed.). Tagh Bostan publisher. Razi University Publications. Kermanshah, Iran. (In Persian).

Gauch, J.H.G. and R.W. Zobel. 1996. AMMI analysis of yield trials. *In:* M.S. Kang and H.G. Gauch (Eds.), Genotype-by-Environment Interaction, pp. 85–122, CRC Press, Boca Raton, FL., USA.

Geng, S., Y. Zhou, M. Zhang and K.S. Smallwood. 2001. A sustainable agro-ecological solution to water shortage in the North China Plain (Huabei Plain). J. Environ. Plan. Manage. 44: 345-355.

Juliano, B.O. 1971. A Simplified assay for milled rice amylose. Cereal Sci. Today, 16: 334-338, 340, 360.

Kang, M. 1988. A rank-sum method for selecting high yielding, stable corn genotypes. Cereal Res. Commun. 16 (1/2): 113-115.

Koocheki, A.R., B. Sorkhilaleloo and M.R. Eslamzadeh Hesari. 2012. Yield stability of barley elite genotypes in cold regions of Iran using GGE biplot. Seed Seedling Breed. 28-1(4): 533-543. (In Persian with English abstract).

Little, R.R., G.B. Hilder and E.H. Dawson. 1958. Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. Cereal Chem. 35: 111-129.

Mohammadi, M., P. Sharifi and R. Karimizadeh. 2015. Stability analysis of seed yield of safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.). J. Crop Breed. 7(16): 104-114. (In Persian with English abstract).

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.4.2.5]

[DOI: 10.52547/abj.22.4.305]

Moore, K.J. and P.H. Dixon. 2015. Analysis of combined experiments revisited. Agron. J. 107: 763–771.

Mostafavi, K., S.S. Hosseini-Imeni and M. Firoozi. 2014. Stability analysis of grain yield in line as and cultivars of rice (*Oryza sativa* L.) using AMMI (Additive Main effects and Multiplicative Interaction) method. Iran. J. Field Crops Sci. 45(3): 445-452. (In Persian with English abstract).

Moumeni, A. 2014. Study on possibility of changing rice cultivation system from irrigation to aerobic condition in Mazandaran province. J. Crop Prod. 6(4): 215-228. (In Persian with English abstract).

Moumeni, A., A. Mohaddesi, M. Amo-oughli-Tabari, F. Tavassoli-Larijani and V. Khosravi. 2019. Stability analysis and genotype × environment interaction for grain yield of rice (*Oryza sativa* L.) promising breeding lines. Iran. J. Crop Sci. 20(4): 329-344. (In Persian with English abstract).

Nie, L., S. Peng, M. Chen, F. Shah, J. Huang, K. Cui and J. Xiang. 2012. Aerobic rice for water-saving agriculture. A review. Agron. Sustain. Dev. 32: 411-418.

Peng, S., J. Huang , J.E. Sheehy, R.C. Laza, R.M. Visperas, X. Zhong, G.S. Centeno, G.S. Khush and K.G. Cassman. 2004. Rice yields decline with higher night temperature from global warming. Proceed. Nat. Acad. Sci. 101(27): 9971–9975.

Sabouri, A., R. Afshari, T. Raiesi, H. Babaei-Raouf, E. Nasiri, M. Esfahani, A. Kafi Ghasemi and A. Kumar. 2018. Superior adaptation of aerobic rice under drought stress in Iran and validation test of linked SSR markers to major QTLs by MLM analysis across two years. Mol. Biol. Reports. 45(5): 1037-1053.

Sandhu, N., R.B. Yadaw, B. Chaudhary, H. Prasai, K. Iftekharuddaula, C. Venkateshwarlu, A. Annamalai, P. Xangsayasane, K.R. Battan, M. Ram, M.T.S. Cruz, P. Pablico, P.C. Maturan, K.A. Raman, M. Catolos and A. Kumar. 2019. Evaluating the performance of rice genotypes for improving yield and adaptability under direct seeded aerobic cultivation conditions. Front. Plant Sci. 10:159. 1-15.

SAS Institute. 2013. The SAS System for Windows. Release 9.4, SAS Inst., Cary, NC. USA.

Scheiermeier, Q. 2008. A long dry summer. Nature, 452: 270-273.

Stanley, O., P.B. Samante, T. Wilson, M.M. Anna and J. Medley. 2005. Targeting cultivars onto rice growing environments using AMMI and SREG GGE biplot analyses. Crop Sci. 45: 2414-2424.

Tarakanovas, P., and V. Ruzgas. 2006. Additive main effect and multiplicative interaction analysis of grain yield of wheat varieties in Lithuania. Agric. Res. 4: 91-98.

Templeton, D. and R. Bayot. 2011. Aerobic rice - responding to water scarcity: An impact assessment of the 'developing a system of temperate and tropical aerobic rice (STAR) in Asia' project. CGIAR Challenge Program on Water and Food. Available at: www.waterandfood.org.

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 Sci. 40: 597-605.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.4.2.5]

[DOI: 10.52547/abj.22.4.305]

Assessment of genotype × environment interaction and grain yield stability of selected aerobic rice (*Oryza sativa* L.) genotypes in northern region of Iran

Moumeni, A.[1], V. Arazi[2], M. Rostami[3] and N. Fathi[4]

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.4.2.5]

[DOI: 10.52547/abj.22.4.305]

ABSTRACT

Moumeni, A., V. Arazi, M. Rostami and N. Fathi. 2020. Assessment of genotype × environment interaction and grain yield stability of selected aerobic rice (*Oryza sativa* L.) genotypes in northern region of Iran**. Iranian Journal of Crop Sciences. 22(3): 305-320. (In Persian).**

For sustainable rice production in Iran the optimum use of production resources and the reduction of production costs are the two important issues. In this situation, water availability is a major limiting factor in sustainable rice production. Hence, changing of rice production system from lowland irrigated to aerobic production system, which is based on dry-seed sowing in non-puddled and non-satuared soil, is main goal in the national research plan. Six selected aerobic rice genotypes from preliminary yield trials together with two local checks of rice including; Neda, as tolerant and Tarom, as susceptible cultivars to aerobic conditions were evaluated using randomized comlete block design with three replications in Mazandaran and Golestan, Iran, provinces for three years from 2013-2015. Simple analysis of variance for each location showed significant differences among rice genotypes for all traits. Combined analysis of variance for grain yield was performed. There were highly significant differences for main effect of genotype, year × location and year × location ×genotype interactions effect. Grain yield stability analysis through AMMI and GGE bioplot methods indicated that aerobic rice cv. Vandana with an average grain yield of 2760 kg.ha^{-1} over all environments had high and grain yield with yield stability. This cultivar was also close to ideal rice genotype with lower plant height (98.8 cm) and phenology (97.0 days to 50% flowering), followed by the other two aerobic rice genotypes; G2 (IR78908-193-B-3-B) and G6 (IR80508-B-194-3-B) with high grain yield over all environments. Therefore, these aerobic rice genotpes were selected and could be used in the national rice breeding programs or recommended for being grown in aerobic rice production system in Mazandaran and Golestan province under water-shortage conditions.

Key words: Aerobic production system, AMMI analysis, Biplot analysis, Grain yield stability and Rice.

Received: December, 2019 Accepted September, 2020

1. Associate Prof., Rice Research Institute of Iran, Mazandaran Branch, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Amol, Iran (Corresponding author) (Email: amoumeni@areeo.ac.ir)
2. Researcher, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Gorgan, Iran
3. Assistant Prof., Rice Research Institute of Iran, Mazandaran Branch, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Amol, Iran
4. Researcher, Rice Research Institute of Iran, Mazandaran Branch, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Amol, Iran