دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و تجزیه پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های برنج در استان مازندران

علی ستاری[۱]، محمود سلوکی[۲]، نادعلی باقری[۳]، براتعلی فاخری[۴] و علیرضا نبی‌پور[۵]

۱ و ۴- دانشجوی دکتری و استاد، گروه بیوتکنولوژی و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۲- دانشیار، گروه بیوتکنولوژی و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی زابل، دانشگاه زابل، زابل، ایران، (نویسنده مسوول: mahmood.Solouki@gmail.com)
۳- دانشیار، گروه بیوتکنولوژی و اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
۵- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات برنج کشور، معاونت مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، آمل، ایران
تاریخ دریافت: ۹۷/۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۷/۷/۲
صفحه: ۱ تا ۱۰

چکیده

شمال ایران بخصوص مازندران بخش عمده‌ای از برنج مصرفی کشور ایران را تأمین می‌کند. در طول مراحل رشد برنج، اجزای عملکرد تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرند و عملکرد نهایی یک رقم به ژنوتیپ و پاسخ آن به شرایط محیطی بستگی دارد. در این مطالعه، کشت۱۱ لاین امید بخش برنج بهمراه ارقام والدینی (دیلمانی، سپیدرود، سنگ طارم و ندا) در سه منطقه از استان مازندران (دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، موسسه تحقیقات برنج آمل و ایستگاه تحقیقاتی چپرسر تنکابن) برای شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار انجام گردید، بر اساس تجزیه امی، محیط، ژنوتیپ و اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط اثر معنی‌داری بر عملکرد داشته و سهم هر کدام به‌ترتیب ۲۷/۵۸، ۳۰/۳۲ و۲۱/۹۳ درصد از کل تغییرات را در برداشتند و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط نیز به دو مؤلفه اصلی تفکیک گردید، سهم اولین مؤلفه اصلی ۸۵/۱ درصد از کل اثرمتقابل ژنوتیپ و محیط را بخود اختصاص داده و سهم دومین مؤلفه اصلی ۱٤/۹ درصد بود. بر اساس تجزیه بای پلات امی، رقم ندا و لاین ۵ برای منطقه آمل، لاین ۱۱۷برای ساری و رقم سپیدرود و لاین ٤۸ برای تنکابن سازگاری خصوصی خوبی برای این مناطق داشتند و پایدارترین ژنوتیپ، لاین ۱۱۷ با عملکردی متوسط حدود ٦ تن در هکتار، که برای همه مناطق قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های‌کلیدی: برنج، اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط، امی، سازگاری و پایداری عملکرد

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) به‌عنوان غذای اصلی ۲/۵ میلیارد نفر از جمعیت جهان بوده (۲۳) و دردامنه گسترده‌ای از شرایط اقلیمی، بین عرض جغرافیایی ۴۵ درجه شمالی تا ۴۰ درجه جنوبی کشت می‌شود (۱۱). تخمین زده می‌شود که تولید جهانی برنج تا سال ۲۰۲۵ برای برآورد شدن تقاضای مصرف برنج باید به ۸۰۰ میلیون تن برسد (در سال ۲۰۱۴ تولید برنج حدود ۷۷۴/۴ میلیون تن بود) (۲۰) در ایران، برنج یکی از مهمترین محصول و غذای اصلی برای اکثریت مردم محسوب می‌شود (۴). بنابراین،توصیه برای معرفی ارقام از لاین‌های امیدبخش با پایداری بالا برای کشاورزان خرده پا بسیار مهم است (۳۰). ایران با تولید حدود ۲/۳ میلیون تن با متوسط عملکرد ۴/۳ تن در هکتار در سال ۲۰۱۴ در رده بیستمین تولیدکننده برنج در جهان قرار دارد (۹). کارایی عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف برنج با توجه به محیط بسیار متفاوت است. ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل این دو به‌طور جمعی عملکرد فنوتیپی یک واریته را تعیین می‌کنند (۸). توسعه ژنوتیپ‌هایی که بتوانند به طیف وسیعی از محیط‌های متنوع سازگار باشند، هدف نهایی تولیدکنندگان گیاهان در برنامه‌های اصلاحی می‌باشد (۲۹،۱). تمام اجزای عملکرد به شدت تحت تاثیر شرایط آب و هوایی که گیاه در آن رشد می‌کند قرار می‌گیرند. عملکرد نهایی یک ژنوتیپ به تعامل بین ژنوتیپ و پاسخگویی به شرایط محیطی و شیوه‌های مدیریتی بستگی دارد (۲۱). در واقع عملکرد یک صفت کمی است که به شدت تحت تاثیر محیط قرار می‌گیرد (۳۴،۲۵،۱۲). متغیرهای محیطی که عملکرد محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهند معمولاً شامل عوامل خاک و اقلیم می‌باشند (۲۸). در بررسی محیط، مناطقی که مقدار ماده آلی و مقدار نیتروژن خاک از مناطق دیگر بیشتر باشد عملکرد بیشتری نشان دادند (۱۳،۱۶) و می‌توان نتیجه گرفت برای حصول عملکرد بیشتر برنج شرایط محیطی مطلوب خاک نقش مهمی را ایفا می‌کند (۱۴). برای تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ در محیط از روش اصلی جمع‌پذیر و اثر متقابل ضرب‌پذیر امی (AMMI) در سطح گسترده‌ای استفاده می‌شود (۳۵،۲). مدل تعامل افزاینده ابتدا بوسیله کروسا (۶) معرفی شده و سپس برای کشاورزی به عنوان امی بوسیله گاچ و زوبل در سال۱۹۹۶ (۱۰) مورد استفاده قرار گرفت. اثر افزایشی اصلی و اثر متقابل افزاینده امی روشی است از ترکیب هردو مؤلفه افزایشی و ضرب‌پذیر از یک ساختار داده دوطرفه که به اصلاحگر اجازه می‌دهد تا برای بدست آوردن واریته مورد نظر از ژنوتیپ‌های پیشنهادی در شرایط محیطی مختلف پیش‌بینی دقیق داشته باشد (۳). علت استفاده گسترده از روش امی (AMMI) این است که این مدل بخش بزرگی از مجموع مربعات اثر متقابل را توجیه می‌کند و اثر اصلی و اثر متقابل را از یکدیگر جداسازی می‌کند (۷).

تاراکانواز و روزگز (۳۱) روش امی را به‌عنوان روشی مؤثربرای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط معرفی کرده و بیان داشتند که نتایج بدست آمده از نمودار دووجهی (بای پلات) می‌تواند رقم‌های مناسب را برای کشت در محیط‌های مختلف و یا شرایط محیطی ویژه مشخص و معرفی کند.

کلثوم و همکاران (۱۹) در سال ۲۰۱۲ با بررسی پایداری و سازگاری عملکرد ۱۳ لاین امیدبخش برنج دورگ (هیبرید) با استفاده از تجزیه AMMI دو لاین را به عنوان هیبریدهایی با عملکرد بالا و پایدار معرفی کردند. باس و همکاران (۵) در سال ۲۰۱۴ با بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط با استفاده از تجزیه امی (AMMI) در ۹ لاین امیدبخش برنج مقاوم به سرما در مناطق مختلف به منظور انتخاب لاین‌های مناسب برای کشت در اراضی سردسیر، اعلام کردند که تجزیه امی روشی مناسب برای انتخاب لاین‌های سازگار و پایدار با عملکرد بالا است بطوری که آنان توانستند هیبرید سازگار با عملکرد بالا را معرفی کنند. در آزمایشی دیگر تعداد شانزده رقم برنج دیم در سه مکان از هشت محیط در شمال غربی اتیوپی از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۰۸ برای شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و پایدار ارزیابی گردید. تجزیه واریانس مرکب تفاوت قابل توجهی در میان ژنوتیپ ها، محیطها و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای عملکرد نشان داد. بر اساس تجزیه امی مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ در محیط حدود ۳/۵ برابر بیشتر از ژنوتیپ ها بوده، که تعیین‌کننده تفاوت اساسی ژنوتیپ‌ها در پاسخ آنها در میان محیطها می‌باشد (۳۲). هدف از انجام این پژوهش انجام تجزیه الگوی واکنش ژنوتیپی ارقام و لاین‌های امید بخش برنج بر اساس مدل امی بوده تا بتوان بررسی بهتری از اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و همچنین میزان سازش‌های عمومی و خصوصی ارقام و لاین‌ها داشت.

مواد و روش‌ها

تعداد ۱۱ لاین امیدبخش برتر برنج به همراه ارقام والدینی دیلمانی، ندا، سپیدرود و سنگ طارم در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سه منطقه استان مازندران در شمال ایران (دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، معاونت موسسه تحقیقات برنج آمل و ایستگاه تحقیقات چپرسر تنکابن) در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱).

جدول ۱- خصوصیات ژنوتیپ‌های مورد بررسی

Table1. Characterize of studied genotypes

شماره	لاین/ رقم	شجره	شماره	لاین/ رقم	شجره
1	لاین ۵	(IR58025A/IR68061R)/Neda*	۹	لاین ۳۹	(IR58025A/IR68061R)/Sepidrood
2	لاین ۱۱۷	(IR58025A/ IR60819R)/Neda	۱۰	لاین ۴۹	(IR58025A/IR68061R)/Sepidrood
3	لاین ۱	(IR58025A/ IR60819R)/Neda	۱۱	لاین ۷۶	(IR58025A/IR64724R)/ Sepidrood
4	لاین ۹۶	Deilamani/Sange-tarom	۱۲	سنگ طارم	parental variety and check
5	لاین ۲۰	Deilamani/Sange-tarom	۱۳	دیلمانی	parental variety and check
6	لاین ۲۲	Deilamani/Sange-tarom	۱۴	سپیدرود	parental variety and check
7	لاین ۴۸	(IR58025A/IR68061R)/Sepidrood	۱۵	ندا	parental variety and check
8	لاین ۱۱۱	(IR58025A/IR68061R)/Sepidrood			

*: تمامی لاین‌ها از نسل دوازدهم اصلاح شجره‌ای بودند

از نظر توپوگرافی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری درعرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۵/۷ متر بالاتراز سطح دریا، معاونت موسسه تحقیقات برنج آمل در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۹/۵ متر بالاتر از سطح دریا و ایستگاه تحقیقاتی چپرسر تنکابن در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی و ۲۰ متر پایینتر از سطح دریا قرار دارند.نمونه‌های خاک قبل از کشت از موسسه تحقیقات برنج آمل دارای PH=۷/۵ کربن آلی ۳/۲۴ درصد، نیتروژن کل ۰/۲۸۰درصد، فسفر قابل جذب ۷/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم، پتاس قابل جذب ۹۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و شوری ۱ds/m، شن ۱۵ درصد، سیلت ۵۱ درصد و رس ۳۴ درصد، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری دارای PH=۷/۶، کربن آلی ۱/۷ درصد، نیتروژن کل ۰/۱۷ درصد، فسفر قابل جذب ۲۰/۲۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم، پتاس قابل جذب ۲۶۹/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم، شوری ۱/۱۷ds/m، شن ۲۲ درصد، سیلت ۴۳ درصد و رس ۲۵ درصد و از موسسه تحقیقات چپرسر تنکابن دارای PH=۷/۶۴، کربن آلی ۲/۹۶ درصد، نیتروژن کل ۰/۳۴ درصد، فسفر قابل جذب ۸۸/ ۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم، پتاس قابل جذب ۹۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم و شوری ۰/۵۳ds/m، شن ۲۰/۱۰ درصد، سیلت ۴۴/۸۹ درصد و رس ۴۴/۸۹ درصد بودند. پارامترهای هواشناسی از جمله میانگین درجه حرارت، ریزش باران و رطوبت نسبی هوا از طریق ایستگاه هواشناسی واقع در هر منطقه مورد آزمایش ثبت گردید.درجه رشد روزانه تا خوشه‌دهی از فرمول زیر محاسبه شد،

$$GDD = \sum \left\{ \frac{(T\ \max + T\ \min)}{2} - 10 \right\}$$

T_{MAX} و T_{MIN}: بترتیب مقدار درجه حرات ماکزیمم و مینیم روزانه را بیان میکند و عدد ۱۰ درجه حرارت پایه برای رشد و نمو برنج می‌باشد. نمونه‌های هر کرت مربوط به هر ژنوتیپ در هر سه منطقه بصورت ۷ خط ۱/۶ متری و به فاصله کاشت ۲۰×۲۰ سانتی‌متر (۱/۴ متر مربع) و در اواخر فروردین ماه در سه منطقه نشاکاری شد.کلیه عملیات زراعی از جمله مراقبت‌های زراعی در خزانه و مزرعه شامل استفاده از نایلون برای جلوگیری از سرمای ابتدای بهار و رشد سریعتر جوانه‌ها، کنترل علف‌های هرز بصورت تلفیقی از علف‌کش بوتاکلر و وجین دستی به ترتیب در مرحله آماده سازی و مرحله داشت برنج تا قبل از ظهور خوشه صورت گرفت. مبارزه با کرم ساقه خوار برنج با سم دیازینون گرانول ۱۰درصد به نسبت ۱۵ کیلوگرم در هکتار انجام شد. استفاده از قارچ کش برای کنترل بیماری بلاست برگ (pyriculariase) و آبیاری طبق عرف

منطقه و به صورت یکنواخت انجام گردید. همچنین کودهای مصرفی مطابق عرف هر منطقه انجام گردید و به این صورت که تمام فسفات آمونیوم، سولفات پتاسیم و ۷۰ درصد کود اوره پیش از نشا و ۳۰ درصد کود اوره در مرحله تشکیل خوشه اولیه بصورت سرک به مزرعه داده شد.

اندازه‌گیری صفات زراعی

برای اندازه‌گیری صفات از بوته‌های به غیر از گیاهان حاشیه از هر کرت استفاده شد و برای عملکرد هر کرت تعداد ۱۶ بوته را (با حذف بوته‌های حاشیه) برداشت گردید و نمونه‌ها پس از برداشت در معرض نور خورشید قرار گرفته و خشک شده و سپس وزن آنها اندازه‌گیری شد. تاریخ گلدهی برای هر کرت زمانیکه بیشتر از پنجاه درصد خوشه‌ها از غلاف خارج شده باشند یعنی روزهای پس از کاشت تا زمان گلدهی را تعیین می‌کند. ارتفاع بوته به عنوان ارتفاع متوسط سه گیاه از سطح خاک تا نوک بلندترین خوشه بدست می‌آید. تعداد پنجه‌های بارور از طریق میانگین تعداد پنجه‌های سه بوته که به خوشه رفته‌اند، بدست آمده‌اند. وزن هزاردانه، متوسط وزن هزار دانه پرشده از طریق متوسط سه نمونه صدتایی از نمونه‌های برداشت شده از هر کرت اندازه‌گیری شده است، صفات زراعی طول خوشه، طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم، طول شلتوک و عرض شلتوک همگی از میانگین سه نمونه از هر کرت به روش ارزیابی استاندارد موسسه بین‌المللی برنج (۱۵) اندازه‌گیری شده‌اند.

تجزیه داده‌ها

برای تجزیه داده‌ها از نرم‌افزارهای آماری SAS و R (نسخه ۲-۳-۳-۲۰۱۶) برای ارزیابی اثرات ژنوتیپ، محیط و اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط، برای داده‌های عملکرد ۱۵ ژنوتیپ برنج در سه مکان از طریق تجزیه امی انجام گردید.

پارمترهای آب و هوایی مکان‌ها

در مناطق مورد مطالعه، فصل بارانی از اواسط فرودین شروع می‌شود (جدول ۲). در هر سه منطقه میانگین درجه حرارت ماهانه از فروردین تا مرداد افزایش و سپس کاهش پیدا می‌کند، و بالعکس مقدار ریزش باران از فروردین تا مرداد کاهش و سپس در شهریور بیشتر می‌شود. میانگین رطوبت نسبی هوا در چپرسر نسبت به دو منطقه دیگر بیشتر می‌باشد. در مورد تابش خورشیدی بین سه منطقه تفاوتی زیادی وجود نداشت.

جدول ۲- تغییرات میانگین درجه حرارت، ریزش باران، رطوبت نسبی هوا و تابش خورشیدی در طول فصل رویش برنج در مکان‌های مورد مطالعه در سال زراعی ۱۳۹۵

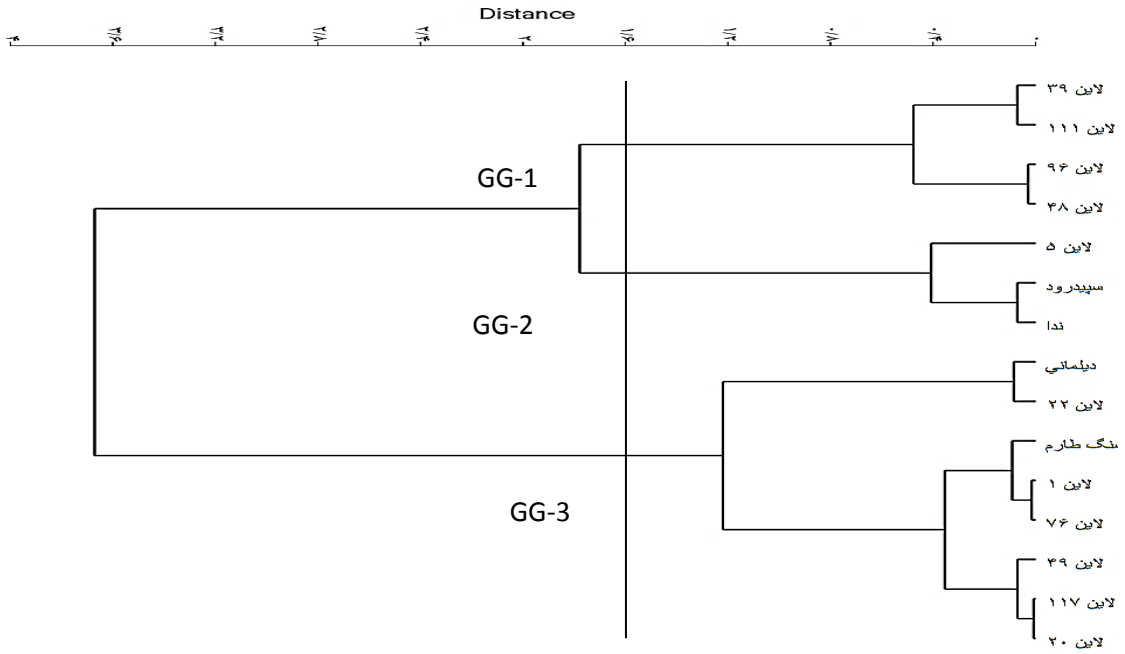
Table 2. Changes of average temperature, rainfall, Average relative humidity and Solar radiation during rice growing seasons in the studied places in 2016

	دانشگاه علوم کشاورزی ساری	موسسه تحقیقات آمل	چپرسر تنکابن
میانگین درجه حرارت Average temperature(c)			
فروردین	۱۵/۴	۱۴/۷	۱۳/۴
اردیبهشت	۲۱/۱	۲۰/۶	۱۸
خرداد	۲۴/۲	۲۳/۸	۲۲/۷
تیر	۲۷/۱	۲۶/۵	۲۶
مرداد	۲۸/۴	۲۷/۸	۲۷/۱
شهریور	۲۷	۲۶/۳	۲۵/۸
میانگین	۲۳/۸۷	۲۳۹/۲۸	۲۲/۱۷
ریزش باران Rainfall(mm)			
فروردین	۹۶/۵	۹۹/۳	۱۳۷
اردیبهشت	۴۴/۷	۴۱/۴	۳۱/۷
خرداد	۶۱/۵	۲۴/۶	۱۶/۶
تیر	۶۳/۹	۳۹/۶	۵۱/۴
مرداد	۴۵/۲	۱۱/۴	۲۸/۳
شهریور	۶۲/۲	۸۸/۵	۲۷۰/۱
مجموع	۳۷۴	۳۰۴/۸	۵۳۵/۱
میانگین رطوبت نسبی هوا Average relative humidity			
فروردین	۷۷	۷۷	۸۳
اردیبهشت	۷۶	۷۸	۸۵
خرداد	۷۶	۸۰	۷۹
تیر	۷۵	۷۹	۷۷
مرداد	۷۳	۷۶	۷۷
شهریور	۷۲	۷۸	۷۹
میانگین	۷۴/۸۳	۷۸	۸۰
تابش خورشیدی Solar radiation (MJ m−2 d−1)			
فروردین	۱۲/۲	۱۱/۴	۱۰/۵
اردیبهشت	۱۴/۴	۱۳/۹	۱۳/۴
خرداد	۱۹	۱۸/۵	۱۸/۳
تیر	۱۸/۷	۱۷/۷	۲۰/۸
مرداد	۲۰/۲	۱۹/۲	۱۹/۲
شهریور	۱۷/۴	۱۶/۷	۱۵/۸
میانگین	۱۷	۱۶/۲	۱۶/۳

نتایج و بحث

دسته‌بندی ژنوتیپ‌ها

تغییرات زیادی در عملکرد بین ژنوتیپ‌ها در سه منطقه مورد مطالعه وجود داشت، کمترین عملکرد مربوط به لاین ۲۲ با ۴/۵۸ تن در هکتار تا بیشترین عملکرد مربوط به رقم ندا با ۷/۷۱ تن در هکتار بود (جدول ۳). با این حال همه ژنوتیپ‌ها براساس تجزیه کلاستربندی میانگین عملکرد (شکل ۱) از سه محیط به سه گروه تقسیم شده‌اند، GG- 1 شامل ۴ ژنوتیپ، گروه GG-2 دارای سه ژنوتیپ و گروه GG-3 شامل ۸ ژنوتیپ می‌باشد (شکل ۱). با توجه به مقایسه گروه‌ها، گروه دوم دارای بیشترین میانگین عملکرد در بین سه گروه بوده و شامل ارقام سپیدرود، ندا و لاین ۵ می‌باشد. لاین ۵ در بین یازده لاین امیدبخش دارای بیشترین عملکرد و لاین ۷۶ در بین تمام ژنوتیپ‌ها در بین سه گروه از سه منطقه دارای بیشترین دوره رویش و دمای رویش بوده است.



شکل ۱- دندوگرام ۱۵ ژنوتیپ برنج بر اساس تجزیه الگو موجود در جدول ۳

Figure 1. Dendrogram showing clustering of the 15 rice genotypes into three genotype groups (GG) based on pattern analysis details on genotypes are shown in Table 3.

جدول ۳- میانگین عملکرد، تعداد روز تا خوشه‌دهی و درجه رشد روزانه تا خوشه‌دهی برای ژنوتیپ‌ها در سه محیط
Table 3. Average of yield, days to heading and growing degree-day until heading for genotypes in three environments

شماره گروه	ژنوتیپ	عملکرد تن در هکتار	تعداد روز تا خوشه‌دهی	درجه رشد روزانه تا خوشه‌دهی (GDD)
GG-1 گروه ژنوتیپ یک				
	لاین ۳۹	۵/۹۴	۶۴	۹۹۶/۴
	لاین ۱۱۱	۶/۰۴	۶۱	۹۵۳
	لاین ۹۶	۶/۴۴	۵۸	۹۰۸/۱۶
	لاین ۴۸	۶/۴۸	۶۱	۹۵۳/۸۶
	میانگین	۶/۲۲	۶۱	۹۵۲/۸۵
GG-2 گروه ژنوتیپ دوم				
	لاین ۵	۷/۱۷	۶۲	۹۶۴/۵۳
	سپیدرود	۷/۶۱	۶۲	۹۶۹/۸۳
	ندا	۷/۷۱	۶۶	۱۰۳۳/۲
	میانگین	۷/۴۹	۶۲/۳۳	۹۸۹/۱۹
GG-3 گروه ژنوتیپ سوم				
	سنگ طارم	۵/۶۸	۵۶	۸۶۰/۳۳
	لاین ۱	۵/۵۸	۶۰	۹۳۱/۹
	لاین ۷۶	۵/۵۶	۷۲	۱۱۵۰/۲۶
	لاین ۴۹	۵/۳۹	۶۰	۹۲۳/۴۳
	لاین ۱۱۷	۵/۳۱	۵۳	۸۱۸/۱
	لاین ۲۰	۵/۳	۵۴	۸۳۰/۲۳
	دیلمانی	۴/۷۶	۵۸	۹۰۳/۸۳
	لاین ۲۲	۴/۵۸	۶۰	۹۳۷/۹۶
	میانگین	۵/۲۷	۵۹/۱۲۵	۹۱۹/۵۱

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه بر اساس روش امی AMMI نشان داد که آثار اصلی جمع‌پذیر محیط و ژنوتیپ و همچنین اثر متقابل ژنوتیپ و محیط معنی‌دار بوده و محیط، ژنوتیپ و اثرمتقابل ژنوتیپ و محیط به‌ترتیب ۲۷/۵۸ درصد،۳۰/۳۲ درصد و۲۱/۹۳ درصد ازکل تغییرات مربوط به عملکرد را دربرداشتند و در بین این سه فاکتور، ژنوتیپ، بیشترین سهم از تغییرات را داشت. اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به دو مؤلفه اصلی تفکیک گردید. سهم اولین مؤلفه اصلی، معنی‌دار و۷۰/۱۶ درصد از کل اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را بخود اختصاص داده و سهم دومین مؤلفه اصلی، غیر معنی‌دار و ۱۲/۲۳ درصد بود (جدول ۴).

جدول ۴- تجزیه واریانس (امی) برای ۱۵ ژنوتیپ در سه محیط
Table 4. Additive main effect and multiplicative interaction (AMMI) analysis of variance for 15 rice genotypes across 3 environments.

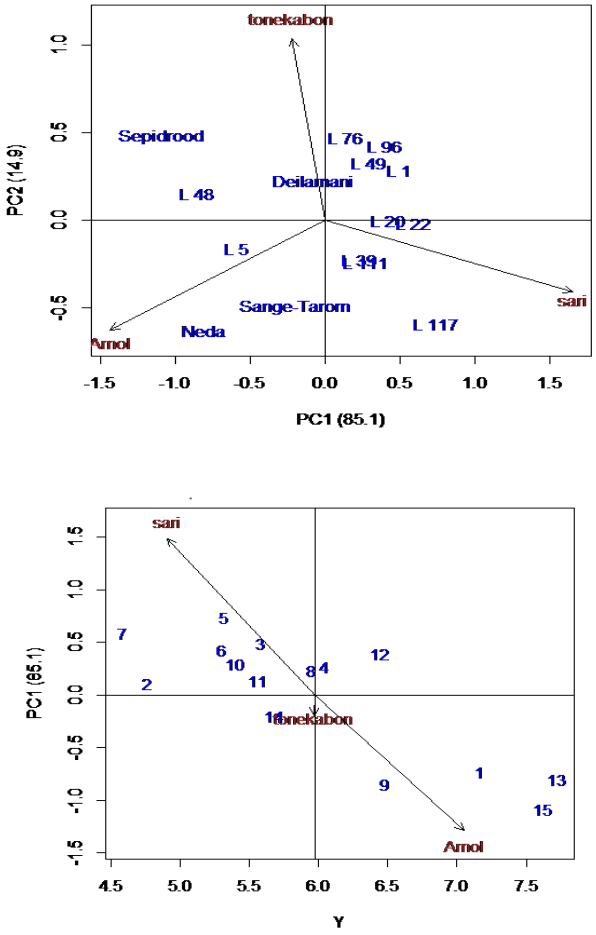
منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
محیط	۲	۱۰۳/۶۸	۵۱/۸۴	۱۶/۶
تکرار(محیط)	۶	۱۸/۷۴	۳/۱۲	۴/۵۹
ژنوتیپ	۱۴	۱۱۳/۹۶	۸/۱۴	۱۱/۹۸
(GE)اثر متقابل ژنوتیپ در محیط	۲۸	۸۲/۴	۲/۹۴	۴/۳۳
AMMI IPCA-1	۱۵	۷۰/۱۶	۴/۶۸	۶/۸۹
AMMI IPCA-2	۱۳	۱۲/۲۳	۰/۹۴	۱/۳۹
باقیمانده	۸۴	۵۷/۰۲	۰/۶۸	
کل	۱۳۴	۳۷۵/۸		

آزمون فیشر معنی‌داری در سطح ۱٪.

بر اساس تجزیه امی شکل۲ امی a محور افقی نمایانگر اثرات اصلی جمع‌پذیر (یا میانگین عملکرد دانه) و محور عمودی اثر متقابل ضرب پذیر (یا مقادیر اولین مؤلفه اصلی،$IPCA_1$)، چهار گروه ژنوتیپی را میتوان مشخص نمود، گروه۱ شامل رقم شماره ۱۴(لاین ۷۶) دارای$IPCA_1$ منفی و عملکردی کمتر از متوسط، گروه دوم شامل ارقام شماره ۱(لاین ۵)، شماره ۹ (لاین ۲۰)، شماره۱۳ (لاین ۴۹) و شماره ۱۵ (رقم ندا) دارای نمره $IPCA_1$ منفی نسبتاً بالا و عملکردی بیشتر از متوسط بودند، گروه سوم شامل ارقام شماره ۱۲ (لاین ۲۲) و شماره ۴ (لاین ۱۱۷) دارای نمره $IPCA_1$ مثبت و دارای عملکردی بیشتر از متوسط و گروه چهارم شامل شماره ۸ (لاین ۱) شماره ۲ (رقم سنگ طارم)، شماره۳ (رقم سپیدرود)، شماره ۵ (رقم دیلمانی)، شماره ۶ (لاین ۳۹)، شماره ۷ (لاین ۹۶)، شماره۱۰ (لاین ۱۱۱) و شماره ۱۱ (لاین ۴۸) نمره $IPCA_1$ مثبت و همگی عملکردی کمتر از متوسط داشتند.

بر اساس شکل۲ امی b بای پلات مرتبط با محیط‌ها و ژنوتیپ‌ها را نشان میدهد، که در آن محیط‌ها به صورت بردار و ژنوتیپ‌ها به صورت نقطه بر اساس مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول و دوم نقطه یابی شده اند، هر چقدر ژنوتیپ‌ها از مرکز بای

پلات دورتر باشند دارای سازگاری خصوصی بالایی برای آن منطقه محسوب می‌شوند و ژنوتیپ‌های واقع در مرکزدارای پایداری عمومی برای همه مناطق محسوب می‌شوند و اندازه بردارها هرچه بلندتر باشند دارای نیروی اثر متقابل قویتری را اعمال می‌کند (۲۰) و در نتیجه محیط‌های ساری، آمل و تنکابن دارای بردارهای بلند هستند و نیروهای متقابل نسبتاً قوی را اعمال می‌کنند و زاویه بین این بردارها نیز همبستگی بین محیطها را مشخص می‌کنند.



a. AMMI 1 plot b. AMMI 2 plot

شکل ۲- بای پلات امی ۱ و ۲ برای ۱۵ ژنوتیپ برنج مورد آزمایش در سه محیط برای عملکرد دانه

Figure 2. AMMI 1 and AMMI 2 biplots of 15 rice genotypes tested in three environments for grain yield

عملکرد ژنوتیپ‌ها در بین سه منطقه

میانگین عملکرد تمام ژنوتیپ‌ها در سه منطقه در جدول ۵ آورده شده است. در منطقه تنکابن بیشترین عملکرد مربوط به رقم سپیدرود با ۸/۴ تن در هکتار و کمترین عملکرد مربوط به لاین ۲۲ با ۴/۴۳ تن در هکتار، در ساری بیشترین عملکرد مربوط به لاین۱۱۷ با ۵/۷۶ تن در هکتار و کمترین عملکرد رقم دیلمانی با ۳/۷۶ تن در هکتار و آمل بیشرین عملکرد برای رقم ندا با ۱۰/۳۹ تن در هکتار و کمترین عملکرد متعلق به لاین ۲۲ با ۴/۸۳ تن در هکتار بوده است. میانگین عملکرد محیطها، تنکابن ۵/۹۶ تن در هکتار، ساری ۴/۹۰ تن در هکتار و آمل ۷/۰۵ تن در هکتار بوده است و منطقه آمل علاوه بر میانگین عملکردی بیشتر نسبت به دو منطقه دیگر، بالاترین عملکرد رقم در این منطقه قرار دارد یعنی رقم ندا با ۱۰/۳۹ تن در هکتار و بر اساس میانگین هر ژنوتیپ برای سه منطقه بالاترین عملکرد به رقم ندا و کمترین عملکرد مربوط به لاین ۲۲ بوده و رتبه‌بندی تمام ۱۵ ژنوتیپ در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵- میانگین عملکرد هر ژنوتیپ برنج در سه محیط مورد مطالعه

Table 5. Average yield of each rice genotype in three studied environments

ژنوتیپ	تنکابن	ساری	آمل	میانگین کل برای سه منطقه	رتبه
لاین ۵	۷/۱۳	۴/۹۶	۹/۴	۷/۱۶	۳
سنگ طارم	۵/۱۵	۴/۵	۷/۳۹	۵/۶۸	۸
سپیدرود	۸/۴	۴/۵۳	۹/۹۲	۷/۶۱	۲
لاین ۱۱۷	۴/۴۶	۵/۷۳	۵/۷۵	۵/۳۱	۱۲
دیلمانی	۵	۳/۷۶	۵/۵۳	۴/۷۶	۱۴
لاین ۳۹	۵/۶۳	۵/۳۶	۶/۸۴	۵/۹۴	۷
لاین ۹۶	۶/۸۳	۵/۸۳	۶/۶۵	۶/۴۴	۵
لاین ۱	۵/۸	۵/۲	۷/۷۶	۵/۵۸	۹
لاین ۲۰	۵/۲	۴/۹۳	۵/۷۷	۵/۳	۱۳
لاین ۱۱۱	۵/۷	۵/۵۳	۶/۹	۶/۰۴	۶
لاین ۴۸	۶/۸۳	۳/۹۳	۸/۶۷	۶/۴۸	۴
لاین ۲۲	۴/۴۳	۴/۵	۴/۸۳	۴/۵۸	۱۵
لاین ۴۹	۵/۷	۴/۶۷	۵/۸۲	۵/۳۹	۱۱
لاین ۷۶	۶/۰۶	۵	۶/۱۱	۵/۵۶	۱۰
ندا	۷/۱۶	۵/۵۸	۱۰/۳۹	۷/۷۲	۱
میانگین	۵/۹۶	۴/۹	۷/۰۵		

تجزیه مرکب، تغییرات معنی‌دار ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط برای عملکرد را نشان می‌دهد که بیانگر تفاوت عملکرد ژنوتیپ‌ها در بین محیط‌ها می‌باشند و سهم اثر متقابل از تغییرات در این تحقیق از سهم اثرات محیط و ژنوتیپ کمتر بوده بطوری که محققان دیگر نیز نتایج مشابهی را گزارش دادند (۲۷، ۳۲ و ۲۶)، در مقایسه با مطالعات قبلی ختون و همکاران (۱۸) در سال ۲۰۱۵ سهم ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را به‌ترتیب برابر ۱۶/۲۷ درصد، ۲۳/۶۰ درصد و ۲۴/۸۹ درصد از کل تغییرات مربوط به عملکرد را بدست آوردند. سهم ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط از کل تغییرات بترتیب ۸/۸ درصد، ۴۵ درصد و ۱۸ درصد بوسیله مصطفوی و همکاران (۲۲) در سال ۲۰۱۴ گزارش شد. کاتسورا و همکاران (۱۷) در سال ۲۰۱۶، نشان داده‌اند که اثرات معنی‌دار ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط روی عملکرد وجود دارد و سهم آنها به‌ترتیب برابر بود با ۲۴/۸ درصد، ۲۰/۲ درصد و ۲۸/۲ درصد. بعضی از فاکتورهای محیطی که بطور معنی‌داری تغییر خواهند کرد، بیشتر (درجه حرارت شدید، شدت و مقدار بارندگی، شدت تابش خورشیدی و رطوبت نسبی هوا) (۳۳) و ترکیب های جدید از فاکتورهای محیطی (گرمای شدید همراه با کمبود رطوبت نسبی هوا و یا ظهور آفت جدید) (۲۴)، که ممکن است رخ دهند و باعث تغییر زیاد در عملکرد شوند. از بین پارمترهای محیطی، حاصلخیزی خاک بخصوص مقدار کربن آلی و مقدار نیتروژن تأثیر بیشتری بر عملکرد دارد و با نتایج بدست آمده بین میانگین عملکرد محیطها (جدول ۵)، منطقه آمل بدلیل داشتن مقدار نیتروژن و کربن آلی بیشتر، دارای عملکرد بیشتری بود و با نتایج محققان دیگر نیز مطابقت داشت (۱۶ و ۱۳). هدف از این آزمایش معرفی لاینی که علاوه بر عملکرد خوب، پایداری بالایی در این مناطق (مازندران) داشته باشد و براساس شکل امیa، ژنوتیپ‌ها و محیطهایی که اثر متقابل بالایی را نشان می‌دهند، دارای مقادیر بزرگ (مثبت یا منفی) برای اولین مؤلفه می‌باشند، در حالی که ژنوتیپ‌ها و محیط‌های دارای مقادیر نزدیک به صفر برای اولین مؤلفه اصلی، دارای اثر متقابل کمتری بودند و ژنوتیپ‌هایی که در مرکز بای پلات واقع شده اند، از پایداری عمومی بالایی برخودار خواهند بود و در تمام محیطها مطلوب خواهند بود. ژنوتیپ‌ها و محیط‌هایی که علامت مشابهی برای مقادیر اولین مؤلفه اصلی دارند، آثار متقابل مثبت را ایجاد می‌کنند، در حالی که ترکیب مقادیر IPC1 با علامت‌های مختلف واکنش اثر متقابل منفی را بوجود می‌آورند (۱۰). بر این اساس و با توجه به تجزیه الگوی واکنش ژنوتیپی بر مبنای IPC1 و میانگین (شکل 2 امی a) مشاهده شد که لاین ۱۱۷ با عملکرد بیشتر از متوسط و دارا بودن مقدار کمی از اولین مؤلفه اصلی و قرار داشتن در نزدیکی مرکز بای پلات از پایدارترین ژنوتیپ محسوب میشود. شکل ۲ امی b مقادیر مؤلفه های اصلی اول و دوم اثر متقابل را برای ارقام و محیطها نشان می‌دهد و زاویه حاده بین دو بردار محیطی مشخص‌کننده همبستگی بالای دو محیط است و زاویه قائمه دو بردار محیطی عدم وجود همبستگی و زاویه بزرگتر از ۹۰ درجه همبستگی منفی دو محیط را از لحاظ ایجاد اثر متقابل نشان می‌دهد (۲۰). بر اساس شکل ۲ امی b برای منطقه آمل رقم ندا و لاین ۵ با قرار گرفتن در فاصله دوری از مرکز بای پلات دارای سازگاری خصوصی خوبی برای این منطقه می‌باشند و همینطور برای ساری، لاین ۱۱۷ و برای تنکابن رقم سپیدرود و لاین ۴۸ دارای سازگاری خصوصی خوبی برای این مناطق بحساب می‌آیند و با توجه به شکل ۲ امی a و b پایدارترین ژنوتیپ که عملکردی بیشتر از متوسط داشته و در نزدیکی مرکز بای پلات قرا گرفته لاین ۱۱۷ می‌باشد که برای همه مناطق توصیه می‌شود.

نتایج این تحقیق نشان داد که لاین ۱۱۷ حاصل از تلاقی (IR58025A/IR60819R)/Neda که به روش شجره‌ای انتخاب و تا نسل F12 خالص گردید، علاوه بر عملکرد بیشتر از متوسط، با استفاده از روش امی نیز به عنوان پایدارترین ژنوتیپ شناخته شد، بنابراین می‌توان برای کشت در منطقه استان مازندران توصیه شود.

منابع

1. Ahmadi, J.B., A. Vaezi, K. Shaabani, S. Khademi, A. Fabriki-Ourang and A. Pour-Aboughadareh. 2015. Nonparametric measures for yield stability in grass pea (*Lathyrussativus* L.) advanced lines in semi warm regions. Journal of Agriculture Science and Technology, 17: 1825-1838.
2. Akcura, M., Y. Kaya and S. Taner. 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.
3. Akter, A., M.J. Hassan, M.U. Kulsum, M.R. Islam, K. Hossain and M.M. Rahman. 2014. AMMI biplot analysis for stability of grain yield in hybrid rice (*Oryza sativa* L.). Journal of Rice Research, 2(2): 126-129.
4. Allahgholipour, M. 2017. Analysis of grain yield stability of new rice (Oryza sativa L.) genotypes originated from Iranian local cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences. 18(4): 288-301 (In Persian).
5. Bose, K.L., N.N. Jambhulkar and K. Pande. 2014. Genotype by Environment interaction and stability analysis for rice genotypes under Boro condition. Genetika, 46(2): 521-528.
6. Crossa, J. 1990. Statistical analyses of multilocation trials. In N.C. Brady (Ed.), Advances in Agronomy. California: Academic Press, 44: 55-86.
7. Ebdon, J.S. and H.G. Gauch. 2001. Additive main effect and multiplicative interaction analysis of national turfgrass performance trials. Crop Science, 42(2): 497-506.
8. Falconer, D.S. and T.F.C. Mackey.1996. Introduction to Quantitative Genetics, fourthed. Addison-Wesley Longman, Harlow, UK.
9. FAO. 2016. Faostatistic.http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.
10. Gauch, H.G. and R.W. Zobel.1996. AMMI analyses of yield trials. In: Kang M S, Gauch H G. Genotype by Environment Interaction. Boca Raton, Florida: CRC: 85-122.
11. Grist, D.H. 1986. The origin and history of rice.In: Grist, D. H. (Ed.), Rice. Longman, Singapore. pp. 1-9.
12. Hadi, A.F. and H. Sa'diyah. 2004. AMMI model for genotype x environment interaction analysis (in Indonesia). Basic Science Journal, 5(1): 33-41.
13. Huang, M., Y. Zou, P. Jiang, B. Xia, M. Ibrahim and H. Ao. 2011. Relationship between grain yield and yield components in super hybrid rice. Agriculture Science in China, 10: 1537-1544.
14. Huang, M.T., Q.Y. Tang, H.J. Ao and Y.B. Zou. 2017. Yield potential and stability in super hybrid rice and its production strategies. Journal of Integrative Agriculture, 16(5): 1009-1017.
15. IRRI, 2013. Standard evaluation system for rice (5th Ed.). Philippines: IRRI.
16. Jiang, P., X. Xie, M. Huang, X. Zhou, R. Zhang, J. Chen, D. Wu, B. Xia, H. Xiong, F. Xu and Y. Zou. 2016. Characterizing N uptake and use efficiency in rice as influenced by environments. Plant Production Science. 19: 96-104.
17. Katsura, K., Y. Tsujimoto, M. Oda, K. Matsushima, B. Inusah, W. Dogbe and J.I. Sakagami. 2016. Genotype-by-environment interaction analysis of rice (*Oryza spp*.) yield in a flood plain ecosystem in West Africa. European Journal of Agronomy, 73: 152-159.
18. Khatun, H.R., M. Islam, Anisuzzaman, H.U. Ahmed and M. Haque. 2015. GGE bipot analysis of genotype × environment interaction in rice (*Oryza sativa* L.) genotypes in Bangladesh. Science of Agriculture, 12(1): 34-39.
19. Kulsum, M.U., U. Sarker, M.A. Karim and M.A.K. Mian. 2012. Additive Main Effects and Multiplicative Interaction (AMMI) Analysis for Yield of Hybrid Rice in Bangladesh. Tropical Agriculture and Development, 56(2): 53-61.
20. Liang, S., G. Ren, J. Liud, X. Zhao, M. Zhou, D. McNeila and G. Yeb. 2015. Genotype-by-environment interaction is important for grain yield in irrigated lowland rice. Field Crops Research 180: 90-99.
21. Messina, C., G. Hammer, Z. Dong, D. Podlich and M. Cooper. 2009. Modeling crop improvement in a G × E × M frame work via gene-trait-phenotype relationships. In: Sadras, V. O., Calderini, D. (Eds.), Crop Physiology: Applications for Genetic Improvement and Agronomy. Elsevier, Netherlands, pp. 235-265.
22. Mostafavi, K., S.S. Hosseini Imeni and M. Firoozi. 2014. Stability analysis of grain yield in lines and cultivars of rice (*Oryza sativa* L.) using AMMI (additive main effects and multiplicative interaction) method. Iranian Journal of Field Crop Science, 45(3): 445-452 (In Persian).
23. Prabnakorn, S., M. Shreedhar, F.X. Suryadi and F. Charlotte. 2018. Rice yield in response to climate trends and drought index in the Mun River Basin, Thailand. Science of The Total Environment,621:108-119
24. Rang, Z.W., S.V.K. Jagadish, Q.M. Zhou, P.Q. Craufurd and S. Heuer. 2011. Effect of high temperature and water stress on pollen germination and spikelet fertility in rice. Environ. Exp. Bot.70: 58-65.
25. Rasyad, A. and B. Anhar. 2007. Genotype × environment interaction and yield stability of several yield components among adapted rice cultivars in West Sumatera. Zuriat, 18 (2): 100-105.

26. Saied, Z.F. 2010. Survey of adaptation of thirty rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to west Guilan climatic conditions-Astara. Journal of Crop Ecophysiology, 4(15): 111-126 (In Persian).
27. Sharifi, P., H. Aminpanah, R. Erfani. A. Mohaddesi and A. Abouzar. 2017. Evaluation of Genotype × Environment Interaction in Rice Based on AMMI Model in Iran.
28. Sinclair, T.R. and N.G. Seligman. 1996. Crop modeling: From infancy to maturity. Agronomy Journal. 88: 698-704.
29. Soughi, H.A., N.A. Babaeian Jelodar, G.A. Ranjbar and M.H. Pahlevan. 2016. Simultaneous Selection Based on Yield and Yield Stability in Bread Wheat Genotypes. Journal of Crop Breeding, (In Persian).
30. Tahereh, M., N.Z. Hamidi, M. Norouzi and A. Nabipour. 2015. Study of Genotype×Environment Interaction in Some Pure Lines of Rice in Mazandaran Province. Journal of Crop Breeding (In Persian).
31. Tarakanovas, P. and V. Ruzgas. 2006. Additive main effect and multiplicative interaction analysis of grain yield of wheat varieties in Lithuania. Agronomy Research, 4: 91-98.
32. Tariku, S., T. Lakew, M. Bitew and M. Asfaw. 2013. Genotype by environment interaction and grain yield stability analysis of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes evaluated in north western Ethiopia. Net Journal of Agriculture Science, 1(1): 10-16.
33. Wassmann, R., S.V.K. Jagadish, S. Heuer, A. Ismail, E. Redona, R. Serraj, R.K. Singh, G. Howell, H. Pathak and K. Sumfleth.2009. Climate Change Affecting Rice Production. The physiological and agronomic basis for possible adaptation strategies. In: Sparks, D.L. (Ed.), Advances in Agronomy, pp: 59-122.
34. Widyastuti, Y., L.A. Satoto and A. Rumanti. 2013. The application of regression analysis and AMMI to evaluate the stability of rice genotype and interaction effect between genotype and environment (in Indonesian). Journal of Agriculture. Inform, 22 pp.
35. Yan, W., M.S. Kang, B. Ma, S. Woods and P.L. Corne lius. 2007. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-byenvironment data. Crop Science, 47: 641-655.

Analysis of Genotype, Environment Interaction and Grain Yield Stability of Rice (*Oryza sativa* L.) Genotypes in Mazandaran Province

Ali Sattari[1], Mahmoud Solouki[2], Nadali Bagheri[3], Baratali Fakheri[4] and Alireza Nabipour[5]

1 and 4- Ph.D. Student and Professor of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
2- Associate Professor of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran, (Corresponding author: mahmood.Solouki@gmail.com)
3- Associate Professor of Plant Breeding and Biotechnology, Sari Agricultural sciences and natural resources university, Iran
5- Rice Research Institute of Iran, Mazandaran Branch, Agriculture Research, Education and Extension Organization, Amol, Iran
Received: May 13, 2018 Accepted: September 13, 2018

Abstract

The North of Iran, especially Mazandaran province supplies a large portion of Iran's rice consumption. During the growing season of rice, yield components are affected by environmental conditions and the actual yield of a cultivar will depend on its genotype and response to environmental conditions. In this study to identify stable genotypes, 11 promising lines of rice along with their parents (Deilamani, Sepidrood, Sange-Tarom and Neda) were planted in three different regions of Mazandaran Province, namely Sari Agricultural sciences and natural resources university, the Rice Research Institute of Mazandaran in Amol and the Rice Research Station of Chaparsar, Tonekabon. Based on AMMI analysis, environment, genotype and their interaction had significant effect on yield and explained 27.58%, 30.32% and 21.93%, of the total variation respectively. According to AMMI biplot analysis, Neda and Line 5had specific adaptability to Amol region, Line 117 to Sari, and Sepidrood and Line 48 were specifically adapted to Tonekabon. Based on the results, line 117 with an average yield of 6 t ha^{-1} was the most stable genotype that could be recommended for all of the studied regions.

Keywords: Adaptability, AMMI, G×E interaction, Rice, Yield stability