



بررسی اثر متقابل ژنتیک و محیط و تجزیه پایداری عملکرد دانه ژنتیک‌های برنج در استان مازندران

علی ستاری^۱، محمود سلوکی^۲، نادعلی باقری^۳، براعلی 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 (توبنده مسؤول: 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 تربیت کشاورزی، آمل، ایران
 تاریخ پذیرش: ۹۷/۷/۲۳ تاریخ دریافت: ۹۷/۷/۲

صفحه: ۱ تا ۱۰

چکیده

شمال ایران بخصوص مازندران بخش عمده‌ای از برنج مصری کشور ایران را تأمین می‌کند. در طول مراحل رشد برنج، اجزای عملکرد تحت تاثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرند و عملکرد نهایی یک رقم به ژنتیک و پاسخ آن به شرایط محیطی بستگی دارد. در این مطالعه، کشت ۱۱ 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 چپرس تکابن) برای شناسایی ژنتیک‌های پایدار انجام گردید، بر اساس تجزیه امی، محیط، ژنتیک و اثرات متقابل ژنتیک و محیط اثر معنی‌داری بر عملکرد داشته و سهم هر کدام به ترتیب ۵۸/۵۸، ۳۲/۳۲ و ۳۰/۳۲ درصد از کل تغییرات را در برداشتند و اثر متقابل ژنتیک و محیط نیز به دو مؤلفه اصلی تفکیک گردید، سهم اولين مؤلفه اصلی ۱۴/۹ درصد بود. بر اساس تجزیه بای پلات امی، رقم ندا و لاین ۵ برای منطقه آمل، لاین ۱۱۷ برای ساری و رقم سپیدرود و لاین ۴۸ برای تکابن سازگاری خصوصی خوبی برای این مناطق داشتند و پایدارترین ژنتیک، لاین ۱۱۷ با عملکردی متوسط حدود ۶ تن در هکتار، که برای همه مناطق قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: برنج، اثرات متقابل ژنتیک و محیط، امی، سازگاری و پایداری عملکرد

مقدمه

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 بیشتر نشان دادند (۱۳، ۱۶) و می‌توان تیجه گرفت برای حصول عملکرد بیشتر برنج شرایط محیطی مطلوب خاک نقش مهمی را ایفا می‌کند (۱۴). برای تجزیه اثر متقابل ژنتیک 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 گاج و زوبل در سال ۱۹۹۶ (۱۰) مورد استفاده قرار گرفت. اثر افزایشی اصلی و اثر متقابل افزاینده امی روشنی است از ترکیب هردو مؤلفه افزایشی و ضرب‌پذیر از یک ساختار داده دوطرفه که به اصلاح‌گر اجازه می‌دهد تا برای بدست آوردن واریته موردنظر از ژنتیک‌های 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 معیقات اثر متقابل را توجیه می‌کند و اثر اصلی و اثر متقابل را از یکدیگر جداسازی می‌کند (۷).

تاراکانواز و روزگز (۳۱) روش امی را به عنوان روشی مؤثر برای بررسی اثر متقابل ژنتیک 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.

برنج (*Oryza sativa* L.) به عنوان غذای اصلی ۲/۵ میلیارد نفر از جمعیت جهان بوده (۲۳) و در دامنه گسترهای 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 خرد پا به سیار مهمن است (۳۰). ایران با تولید حدود ۲/۳ میلیون تن با متوسط عملکرد ۴/۳ تن در هکتار در سال ۲۰۱۴ در ردیف بیستمین تولیدکننده برنج در جهان قرار دارد (۹). کارایی عملکرد ژنتیک‌های مختلف برنج با توجه به محیط بسیار متفاوت است. ژنتیک، محیط و اثر متقابل این دو به طور جمعی عملکرد فنوتیپی یک واریته را تعیین می‌کنند (۸). توسعه ژنتیک‌هایی که بتوانند به طیف وسیعی از محیط‌های متعدد سازگار باشند، هدف نهایی تولیدکنندگان گیاهان در برنامه‌های اصلاحی می‌باشد (۳۹، ۱). تمام اجزای عملکرد به شدت تحت تاثیر شرایط آب و هوایی که گیاه در آن رشد می‌کند قرار می‌گیرند. عملکرد نهایی یک ژنتیک به تعامل بین ژنتیک 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

برابر بیشتر از ژنوتیپ‌ها 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 امید بخش بروت برنج به همراه ارقام والدینی دیلمانی، ندا، سپیدرود و سنگ طارم در قالب طرح پایه بلوك‌های 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 چپرس تکابن) در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۶ مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱).

کلثوم و همکاران (۱۹) در سال ۲۰۱۲ با بررسی پایداری و سازگاری عملکرد ۱۳ لاین امید بخش برنج دورگ (هیبرید) با استفاده از تجزیه AMMI دو لاین را به عنوان هیبریدهایی با عملکرد بالا و پایدار معرفی کردند. پاس و همکاران (۵) در سال ۲۰۱۴ با بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط با استفاده از تجزیه امی (AMMI) در ۹ لاین امید بخش برنج مقاوم به سرما در مناطق مختلف به منظور انتخاب لاین‌های مناسب برای کشت در اراضی سردسیر، اعلام کردند که تجزیه امی روشنی 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 ژنوتیپ‌ها، محیط‌ها و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای عملکرد نشان داد. بر اساس تجزیه امی مجموع مربعت اثر متقابل ژنوتیپ در محیط حدود ۳/۵

جدول ۱- خصوصیات ژنوتیپ‌های مورد بررسی

Table1. Characterize of studied genotypes

شجره	لاین / رقم	شماره	شجره	لاین / رقم	شماره
(IR58025A/IR68061R)/Sepidrood	۳۹	۹	(IR58025A/IR68061R)/Neda*	۵	۱
(IR58025A/IR68061R)/Sepidrood	۴۹	۱۰	(IR58025A/IR68019R)/Neda	۱۱۷	۲
(IR58025A/IR64724R)/ Sepidrood parental variety and check	۷۶	۱۱	(IR58025A/IR60819R)/Neda Deilamani/Sange-tarom	۱	۳
سنگ طارم	۱۲		۹۶	۴	
دیلمانی	۱۳		Deilamani/Sange-tarom Deilamani/Sange-tarom	۲۰	۵
سپیدرود	۱۴		۲۲	۶	
ندا	۱۵		(IR58025A/IR68061R)/Sepidrood (IR58025A/IR68061R)/Sepidrood	۴۸	۷
				۱۱۱	۸

*: تمامی لاین‌ها از نسل دوازدهم اصلاح شجره‌ای بودند

شوری 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 خوش‌دهی از فرمول زیر محاسبه شد،

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

T_{MAX} و T_{MIN} : بترتیب مقدار درجه حرارت ماکزیمم و مینیمم روزانه را بیان می‌کنند 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 سانتی متر (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، کتترل علف‌های هرز بصورت تلفیقی از علف کش بوتاکلر و وجین دستی به ترتیب در مرحله آماده سازی و مرحله داشت برنج تا قبل از ظهرور خوش‌هه صورت گرفت. مبارزه با کرم ساقه خوار برنج با سم دیازینون گرانول ۱۰ درصد به نسبت ۱۵ کیلوگرم در هکتار انجام شد. استفاده از قارچ کش برای کتترل بیماری بلاست برگ (pyriculariase) و آبیاری طبق عرف

از نظر توپوگرافی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۵/۷ متر بالاتر از 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 چپرس تکابن 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 ۲۸۰/۲۰ درصد، 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 ۱۷/۰ درصد، فسفر قابل جذب ۲۶۹/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم، پتاس قابل جذب ۲۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم، شوری ۱/۱۷ds/m، سیلت ۴۳ درصد و رس ۲۵ درصد و از موسسه تحقیقات چپرس تکابن دارای PH=۷/۶۴ کربن آلی ۲/۹۶ درصد، نیتروژن کل ۳۴/۰ درصد، فسفر قابل جذب ۸/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم، پتاس قابل جذب ۹۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم و

صفات زراعی طول خوش، طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم، طول شلتوك و عرض شلتوك همگی از میانگین سه نمونه از هر کرت به روش ارزیابی استاندارد موسسه بین المللی برنج (۱۵) اندازه گیری شده‌اند.

تجزیه داده‌ها

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

پارامترهای 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 چهارس رنسیت به دو منطقه دیگر بیشتر می‌باشد. در مورد تابش خورشیدی بین سه منطقه تفاوتی زیادی وجود نداشت.

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 خوشة اولیه بصورت سرک به مزرعه داده شد.

اندازه گیری صفات زراعی

برای اندازه گیری 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 اندازه گیری شد. تاریخ گله‌های برای هر کرت زمانیکه بیشتر از پنجاه درصد خوشة‌ها از غالاف خارج شده باشند یعنی روزهای پس از کاشت تا زمان گله‌های را تعیین می‌کند. ارتفاع بوته به عنوان ارتفاع متوسط سه گیاه از سطح خاک تا نوک بلندترین خوشة بdest می‌آید. تعداد پنجه‌های بارور از طریق میانگین تعداد پنجه‌های سه بوته که به خوشه رفته‌اند، بdest آمده‌اند. وزن هزاردانه، متوسط وزن هزار دانه پرشده از طریق متوسط سه نمونه صدتایی از نمونه‌های برداشت شده از هر کرت اندازه گیری شده است.

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

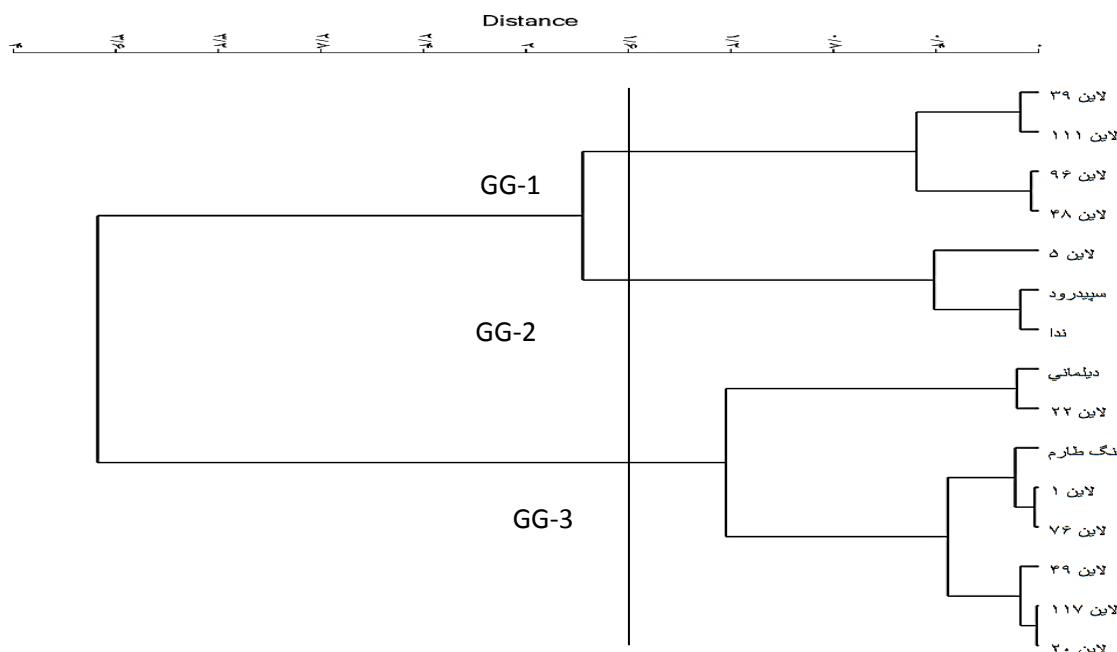
دانشگاه علوم کشاورزی ساری	میانگین درجه حرارت(c)	موسسه تحقیقات آمل	چهارسر تکابن
فروردين	۱۵/۴	۱۴/۷	۱۳/۴
اردیبهشت	۲۱/۱	۲۰/۶	۱۸
خرداد	۲۴/۲	۲۳/۸	۲۲/۷
تیر	۲۷/۱	۲۶/۵	۲۶
مرداد	۲۸/۴	۲۷/۸	۲۷/۱
شهریور	۲۷	۲۶/۳	۲۵/۸
میانگین	۲۳/۸۷	۲۳۹/۲۸	۲۲/۱۷
ریزش باران (mm)			
فروردين	۹۶/۵	۹۹/۳	۱۳۷
اردیبهشت	۴۴/۷	۴۱/۴	۳۱/۷
خرداد	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			
فروردين	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 (MJ m ⁻² d ⁻¹)			
فروردين	۱۲/۲	۱۱/۴	۱۰/۵
اردیبهشت	۱۴/۴	۱۳/۹	۱۲/۴
خرداد	۹	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

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.

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 کلاستریندی میانگین عملکرد (شکل ۱) از سه محیط به سه گروه تقسیم شده‌اند، ۱ GG-1 شامل



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 خوشیده و درجه رشد روزانه تا خوشیده 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 یک GG-1	ژنوتیپ	عملکرد تن در هکتار	تعداد روز تا خوشیده	درجه رشد روزانه تا خوشیده (GDD)
۳۹	لاین	۵/۹۴	۶۴	۹۹۶/۴
۱۱۱	لاین	۶/۰۴	۶۱	۹۵۳
۹۶	لاین	۶/۴۴	۵۸	۹۰/۸/۱۶
۴۸	لاین	۶/۴۸	۶۱	۹۵۲/۸/۶
میانگین	میانگین	۶/۲۲	۶۱	۹۵۲/۸/۵
گروه ژنوتیپ دوم GG-2				
۵	لاین	۷/۱۷	۶۲	۹۶۴/۵/۳
سپیدرود	سپیدرود	۷/۶۱	۶۲	۹۵۹/۸/۳
ندا	ندا	۷/۷۱	۶۶	۱۰۳۳/۲
میانگین	میانگین	۷/۴۹	۶۲/۳۳	۹۸۹/۱۹
گروه ژنوتیپ سوم GG-3				
سنگ طارم	سنگ طارم	۵/۶۸	۵۶	۸۶/۱۳
۱	لاین	۵/۵۸	۶۰	۹۳۱/۹
۷۶	لاین	۵/۵۶	۷۲	۱۱۵۰/۲۶
۴۹	لاین	۵/۳۹	۶۰	۹۲۲/۴۴
۱۱۷	لاین	۵/۳۱	۵۳	۸۱۸/۱
۲۰	لاین	۵/۳	۵۴	۸۳۰/۲۳
دیلمانی	دیلمانی	۴/۷۶	۵۸	۹۳۲/۸/۳
۲۲	لاین	۴/۵۸	۶۰	۹۳۷/۹۶
میانگین	میانگین	۵/۲۷	۵۹/۱۲۵	۹۱۹/۵۱

بیشترین سهم از تغییرات را داشت. اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به دو مؤلفه اصلی تفکیک گردید. سهم اولین مؤلفه اصلی، معنی دار $20/16$ درصد از کل اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را بخود اختصاص داده و سهم دومین مؤلفه اصلی، غیر معنی دار و $12/23$ درصد بود (جدول ۴).

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه بر اساس روش AMMI نشان داد که آثار اصلی جمع‌بندیز محیط و ژنوتیپ و همچنین اثر متقابل ژنوتیپ و محیط معنی دار بوده و محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به ترتیب $27/58$ درصد، $30/32$ و $21/93$ درصد از کل تغییرات مربوط به عملکرد را دربرداشتند و در بین این سه فاکتور، ژنوتیپ،

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.

F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منابع تغییر
۱۶/۶	۵۱/۸۴	۱۰۳/۶۸	۲	محیط
۴/۵۹	۳/۱۲	۱۸/۷۴	۶	تکرار(محیط)
۱۱/۹۸	۸/۱۴	۱۱۳/۹۶	۱۴	ژنوتیپ
۴/۳۳	۲/۹۴	۸۲/۴	۲۸	(GE) اثر متقابل ژنوتیپ در محیط
۶/۸۹	۴/۶۸	۷۰/۱۶	۱۵	AMMI IPCA-1
۱/۳۹	۰/۹۴	۱۲/۲۳	۱۳	AMMI IPCA-2
	۰/۶۸	۵۷/۰۲	۸۴	باقیمانده
		۳۷۸/۸	۱۳۴	کل

آزمون فیشر معنی داری در سطح٪۱

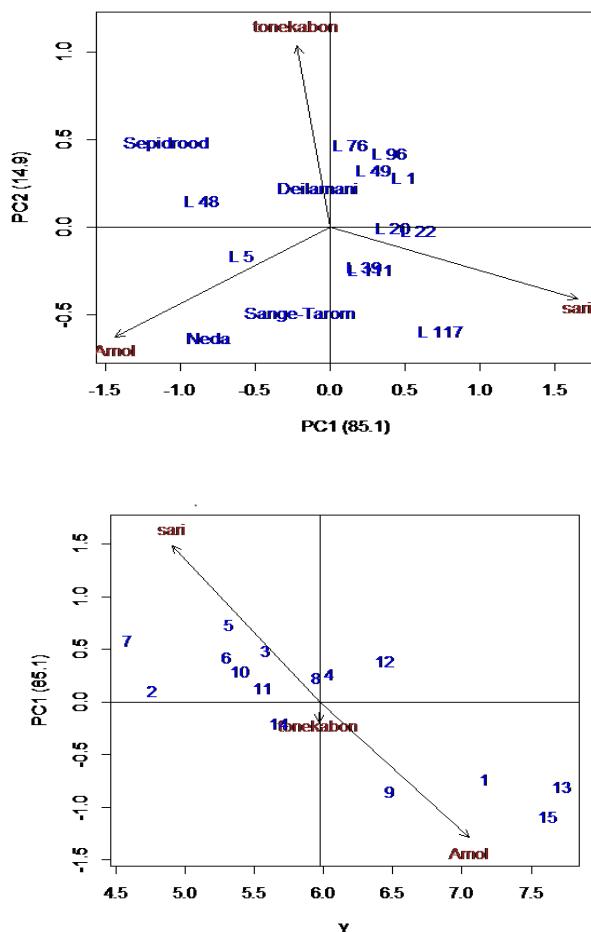
دارای عملکردی بیشتر از متوسط و گروه چهارم شامل شماره ۸ (لاین ۱)، شماره ۲ (رقم سنگ طارم)، شماره ۳ (رقم سپیدرود)، شماره ۵ (رقم دیلمانی)، شماره ۶ (لاین ۳۹)، شماره ۷ (لاین ۹۶)، شماره ۱۰ (لاین ۱۱۱) و شماره ۱۱ (لاین ۴۸) نمره IPCA₁ مشتب特 و همگنی عملکردی کمتر از متوسط داشتند.

بر اساس شکل ۲ امی b با 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

بر اساس تجزیه امی شکل ۲ امی a محور افقی نمایانگر اثرات اصلی جمع‌بندیز (یا میانگین عملکرد دانه) و محور عمودی اثر متقابل ضرب پذیر (یا مقادیر اولین مؤلفه اصلی، IPCA₁، چهار گروه ژنوتیپی را میتوان مشخص نمود، گروه ۱ شامل رقم شماره ۱۴ (لاین ۷۶) دارای ۱۴ IPCA₁ منفی و عملکردی کمتر از متوسط، گروه دوم شامل ارقام شماره ۱ (لاین ۵)، شماره ۹ (لاین ۲۰)، شماره ۱۲ (لاین ۴۹) و شماره ۱۵ (رقم ندا) دارای نمره IPCA₁ منفی نسبتاً بالا و عملکردی بیشتر از متوسط بودند، گروه سوم شامل ارقام شماره ۱۲ (لاین ۲۲) و شماره ۴ (لاین ۱۱۷) دارای نمره IPCA₁ مشتب

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 می‌کند.

پلات دورتر باشند دارای سازگاری خصوصی بالایی برای آن منطقه محسوب می‌شوند و ژنوتیپ‌های واقع در مرکزداری پایداری عمومی برای همه مناطق محسوب می‌شوند و اندازه بردارها هرچه بلندتر باشند دارای نیروی اثر متقابل قویتری را



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

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.

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 لاین ۱۱۷ با ۵/۷۶ تن در هکتار و کمترین عملکرد رقم دیلمانی با ۳/۷۶ تن در هکتار و آمل بیشترین 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

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

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

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

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 وجود می‌آورند (۱۰). بر این اساس و با توجه به تجزیه الگوی واکنش ژنوتیپی بر مبنای IPC1 و میانگین (شکل ۲ 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 مؤلفه‌های اصلی اول و دوم اثر متقابل را برای ارقام و محیط‌ها نشان می‌دهد و زاویه حاده بین دو بردار محیطی مشخص کننده همسنگی بالای دو محیط است و زاویه قائم‌های دو بردار محیطی عدم وجود همسنگی و زاویه بزرگتر از ۹۰ درجه همسنگی 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 می‌باشد 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 قرار گرفته لاین ۱۱۷ می‌باشد که برای همه مناطق توصیه می‌شود.

نتایج این تحقیق نشان داد که لاین ۱۱۷ حاصل از تلاقی انتخاب و تاسل 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.

تجزیه مرکب، تغییرات معنی دار ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط برای عملکرد را نشان می‌دهد که بیانگر تفاوت عملکرد ژنوتیپ‌ها در بین محیط‌ها می‌باشد 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 (۲۶، ۳۲، ۲۷)، در مقایسه با مطالعات قبلی ختون و همکاران (۱۸) در سال ۲۰۱۵ سهم ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را به ترتیب 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 معنی دار ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط روی عملکرد وجود دارد و سهم آنها به ترتیب برابر بود با ۲۴/۸ درصد و ۲۰/۲ درصد و ۲۸/۲ درصد. بعضی از فاکتورهای محیطی که بطور معنی داری تغییر خواهند کرد، بیشتر (درجه حرارت شدید، شدت و مقدار بارندگی)، شدت تابش خورشیدی و رطوبت نسبی هوا (۳۳) و ترکیب‌های جدید از فاکتورهای محیطی (گرمای شدید همراه با کمبود رطوبت نسبی هوا و یا ظهور آفت جدید) (۲۴)، که ممکن است رخ دهنده و باعث تغییر زیاد در عملکرد شوند. از بین پارامترهای 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 بدليل 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 امی a، 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

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. Jambulkar 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 multilocational 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. Mackay. 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 x 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 x E x 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. Firooz. 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 x 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. Widayastuti, 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 Sattari¹, Mahmoud Solouki², Nadali Bagheri³, Baratali Fakheri⁴ and Alireza Nabipour⁵

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 5 had 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