

ارزیابی پایداری عملکرد دانه در لاین‌های امیدبخش ماش (*Vigna radiata* (*L. Wilczek var. radiata*)

رضا سخاوت^۱، فرامرز سیدی^{۲*} و مجید رخشنده‌رو^۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۲/۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۱/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۸

چکیده

مطالعه دقیق ماهیت برهمکنش ژنوتیپ با محیط، امکان شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار و سازگار را برای به‌نژادگرها فراهم می‌آورد و همواره یکی از موضوعات مهم در تولید و آزادسازی ارقام جدید پایدار و پرمحصول در طرح‌های به‌نژادی بوده است. به‌منظور بررسی سازگاری عملکرد و اجزای عملکرد هفت لاین امیدبخش ماش به‌همراه شاهد (رقم پرتو)، سه آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سه منطقه از کشور یعنی خوزستان (مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد دزفول)، گلستان (ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد) و فارس (ایستگاه تحقیقات کشاورزی زرقان) در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۳ به مدت دو سال اجرا شد. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط ۴ متری بود. صفات مورد بررسی عبارت بودند از: تعداد شاخه در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، طول بوته و عملکرد دانه. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها انجام و به دلیل معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و لذا پاسخ مختلف ژنوتیپ‌ها نسبت به محیط‌های مختلف، برای تعیین سازگاری و پایداری ژنوتیپ‌ها نسبت به محاسبه آماره‌های پایداری اقدام شد. برای انجام این کار آماره‌های پایداری واریانس محیطی رومر، ضریب تغییرات محیطی فرانسیس و کانبرگ، ضریب رگرسیون فینلی و ویلکینسون برای تعیین ژنوتیپ‌های پایدار محاسبه شدند. همچنین، تجزیه AMMI انجام شد. بر اساس ضریب تغییرات فرانسیس کانبرگ ژنوتیپ‌های VC6368(46-40-4) و VC6371-94 و بر اساس ضریب رگرسیون فینلی و ویلکینسون VC6469 و VC3960-88 پایدار بودند. از نظر ضریب تغییرات درون مکانی نیز ژنوتیپ‌های VC3960-88 و VC6368(46-40-4) پایدار بودند. با توجه به نتایج حاصل از تجزیه پایداری و در نظر گرفتن عملکرد دانه، وزن دانه و صفات مطلوب، ژنوتیپ‌های VC6371، VC6368(46-40-4) و VC3960-88 جهت بررسی‌های بیشتر انتخاب شدند.

واژگان کلیدی: تجزیه امی، رقم، ژنوتیپ، شاخص پایداری، ماش.

- ۱- مربی پژوهش بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد دزفول، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، صفی‌آباد، ایران.
 - ۲- مربی پژوهش بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.
 - ۳- مربی پژوهش بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.
- نگارنده مسئول
fsayedi@gmail.com

مقدمه

حبوبات بعد از غلات مهم‌ترین منبع غذایی بشر به‌خصوص از نظر پروتئین به‌شمار می‌آیند و از مهم‌ترین گیاهان زراعی و غنی از پروتئین هستند که در دنیا کشت می‌شوند و به شرایط مختلف آب و هوایی از معتدل تا گرم سازگار شده‌اند (Dawson *et al.*, 2011). ماش با نام علمی *Vigna radiata* (L.) یکی از حبوبات بسیار مهم به‌شمار می‌آید که بومی هندوستان بوده و دانه آن سرشار از فسفر است و حدود ۲۵ درصد پروتئین دارد. ماش گیاهی گرمسیری است و نسبت به سایر حبوبات به گرما مقاوم‌تر است و خشکی را تا حدودی تحمل می‌کند و با قابلیت همزیستی با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن هوا، نقش مهمی در حاصل‌خیزی و بهبود خصوصیات فیزیکی خاک دارد (Majnoun Hosseini, 2015) لذا ضرورت تحقیق همه جانبه به‌منظور به‌دست آوردن بهترین مدیریت زراعی به‌خصوص ارقام مناسب را برای این گیاه زراعی آشکار می‌سازد. درک ارتباط بین خصوصیات مورفولوژیکی ژنوتیپ‌های ماش در راستای استفاده کارآمد از عوامل اقلیمی و مدیریت‌های زراعی می‌تواند عوامل مؤثر در جهت افزایش تولید ماش باشد.

اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در مورد صفت عملکرد موجب شده است که نتوان یک رقم اصلاحی پرمحصول را برای مناطق مختلف توصیه کرد؛ از این رو بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط قبل از معرفی ارقام جدید پرمحصول با پایداری و سازگاری بالا ضروری است. پایداری عملکرد بیانگر نوسانات کم عملکرد در سال‌های متفاوت بوده در حالی‌که سازگاری بیانگر تغییرات کم عملکرد در مکان خاص (سازگاری خصوصی) و یا در مکان‌های متفاوت (سازگاری عمومی) است. به‌دلیل وجود اثر

متقابل ژنوتیپ در محیط، ارزیابی لاین‌های جدید در محیط‌های مختلف توسط اصلاح‌گران یک ضرورت محسوب می‌شود. وجود اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، تمامی جنبه‌های تصمیم‌گیری در اصلاح نباتات شامل اختصاص منابع و بودجه به برنامه‌های اصلاحی، انتخاب ژرم‌پلاس، نحوه ارزیابی ژرم پلاس و استراتژی اصلاحی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (De Leon *et al.*, 2016). مطالعات صورت گرفته به‌منظور تعیین اهمیت اثر متقابل ژنوتیپ و محیط نشان می‌دهد که تنها نیمی از افزایش عملکرد گیاهان در ۶۰ - ۵۰ سال اخیر مربوط به اصلاح ژنتیکی گیاهان است و ۵۰ درصد افزایش عملکرد در این سال‌ها، مربوط به بهبود مدیریت و عملیات به‌زراعی است (De Leon *et al.*, 2016).

تغییرات عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف در محیط‌های متفاوت به‌دلیل تأثیر عوامل متغیر محیطی ممکن است یکسان نباشد. در مواردی که اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط معنی‌دار است ضروری است علاوه بر عملکرد دانه، میزان پایداری ژنوتیپ‌ها نیز مدنظر قرار گیرد. به‌این منظور شاخص‌های پایداری متفاوتی توسط محققین مختلف ارائه شده که می‌توان از ضریب تغییرات محیطی فرانسیس و کاننبرگ (Francis and Kannenberg, 1987)، عملکرد نسبی ژنوتیپ یائو و همبلن (Yau and Hamblin, 1994) و شاخص پایداری اکووالانس ریک (Wricke, 1962) نام برد. اطاعتی و همکاران (Etaati *et al.*, 2023) با استفاده از شاخص‌های پایداری پارامتری، ژنوتیپ‌های مناسب کینوا برای مناطق کرج، شهرکرد، ارومیه و کاشمر را مشخص نمودند. از روش‌های چند متغیره بررسی اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط، روش تجزیه اثرات اصلی افزایشی

تجزیه پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های ماش حاکی از معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ و محیط بود. معنی‌دار بودن اثر متقابل بیانگر آن بود که رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف متغیر بود. براتی و همکاران (Barati et al., 2021) پایداری عملکرد دانه ۲۰ ژنوتیپ جو را در پنج ایستگاه منطقه گرم کشور بررسی نمودند. داده‌های حاصل با استفاده از روش امی تجزیه و تحلیل و نتایج نشان داد که اثر ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط معنی‌دار بود. اثر متقابل ژنوتیپ با محیط ۲۴/۲ درصد از کل واریانس را به خود اختصاص داد. بدوئی‌دلفرد و همکاران (Badooei Delfard et al., 2016) با مطالعه برهمکنش ژنوتیپ و محیط با استفاده از روش بای پلات در ۱۰ رقم جو نشان دادند که ارقام گرگان ۴، ماکوئی و نصرت دارای پایداری عمومی بوده و نسبت با سایر ارقام مورد مطالعه کمترین برهمکنش را با محیط داشتند. با توجه به مطالب فوق، هدف از این آزمایش، مطالعه سازگاری و پایداری عملکرد لاین‌های امیدبخش ماش بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی سازگاری و پایداری عملکرد هفت لاین امیدبخش ماش به‌همراه رقم شاهد (پرتو)، آزمایشی در سه استان خوزستان (مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد دزفول)، گلستان (ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبدکاووس) و فارس (ایستگاه تحقیقات کشاورزی زرگان) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دو سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد.

در این تحقیق، به‌منظور کاهش خطای آزمایشی، تمامی عملیات زراعی در هر سه مکان آزمایش به‌طور مشابه با یکدیگر انجام شد. ابتدا

و اثرات متقابل ضرب‌پذیر AMMI¹ به‌طور گسترده‌ای در برآورد اثر متقابل ژنوتیپ و محیط مورد استفاده قرار گرفته است (Bavandpori et al., 2015) که در مقایسه با تجزیه واریانس مرکب داده‌ها اطلاعات بیشتری ارائه می‌کند. این روش، تلفیقی از تجزیه واریانس و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی می‌باشد که در پژوهش‌های اخیر به‌خصوص در ایران در گیاه زراعی ارزن دم‌روباهی (Ataei et al., 2019)، گندم دوروم (Sadeghzadeh et al., 2017)، برنج (Moumeni et al., 2019)، جو زمستانه (Khomari et al., 2018; Barati et al., 2019)، گندم (Tarinezhad, 2017)، ماش (Islam et al., 2020; Baraki et al., 2021) و سویا (Babaei et al., 2018) مورد بررسی قرار گرفته است.

عطایی و همکاران (Ataei et al., 2019) گزارش نمودند که دو مؤلفه اصلی ۶۴/۳ درصد از کل اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط را توجیه کرد و همبستگی بالایی بین آماره پایداری امی و شاخص پایداری شوکلا و اکووالانس ریک گزارش نمودند. صادق‌زاده و همکاران (Sadeghzadeh et al., 2018) گزارش نمودند که تجزیه AMMI و شاخص پایداری امی (ASV) از پتانسیل خوبی برای ارزیابی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها برخوردار می‌باشند. تارینژاد (Tarinezhad, 2017) طی بررسی پایداری عملکرد گندم با استفاده از روش AMMI، گزارش نمودند که اثر متقابل ژنوتیپ با محیط ۲۰/۱ درصد از کل واریانس را به خود اختصاص داد و اینکه دو مؤلفه اول ۸۰ درصد از واریانس کل اثر متقابل را توجیه کردند. گزارش باراک و همکاران (Baraki et al., 2020) در مورد

۱- Additive Main effects and Multiplicative Interaction (AMMI)

استفاده از نرم افزار SAS و رسم نمودار بای‌پلات با اکسل انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی در محیط‌های مختلف نشان داد که اثر سال بر تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه و ارتفاع بوته معنی‌دار بود. اثر مکان بر تعداد شاخه در بوته، ارتفاع بوته و عملکرد دانه ماش در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. بررسی واریانس اثرات متقابل نشان داد که اثر متقابل سال و مکان بر تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه در احتمال یک درصد و تعداد شاخه در بوته و ارتفاع بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود در حالی که اثر متقابل سال و مکان بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود که بیانگر عدم تفاوت مکان‌ها از نظر این صفت در سال‌های مختلف بوده است. همچنین، نتایج نشان داد که اثر ژنوتیپ بر تعداد دانه در غلاف در سطح احتمال ۵ درصد و بر وزن صد دانه، ارتفاع ماش و عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در مکان‌های مختلف تغییرات معنی‌داری نداشت. اما اثر متقابل سال و ژنوتیپ بر عملکرد دانه بسیار معنی‌دار بود که نشانگر واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه در سال‌های متفاوت بود. اثر متقابل ژنوتیپ و محیط بر عملکرد دانه معنی‌دار بود که این امر حاکی از ضرورت تفکیک اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط بود.

ضریب تغییرات صفات مورد بررسی از ۶/۴٪ برای وزن صد دانه ماش تا ۱۸/۶٪ برای صفت عملکرد دانه متغیر بود که بیانگر دقت آزمایش در محیط‌های مختلف بود. درصد تنوع ایجاد شده توسط محیط برای عملکرد دانه ماش از ۱۳/۶ درصد مربوط به ژنوتیپ تا ۵۶/۷ درصد مربوط به

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح زمین انجام شد. جهت پیشگیری از رویش علف‌های هرز، علف‌کش ترفلان به میزان دو لیتر در هکتار (به صورت پیش‌کاشت) به کار برده شد و از دیسک سبک برای مخلوط کردن آن با خاک استفاده شد. مقدار ۱۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم اوره به‌صورت کود پایه مصرف شد. لاین‌ها و رقم پرتو در هر منطقه طبق تاریخ رایج کاشته و آبیاری شدند. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط کاشت به طول چهار متر با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ده سانتی‌متر بود. لاین‌های مورد مطالعه شامل VC6469، VC2763، VC6510، VC6371، VC3960-88، VC6368(46-40-4) و VC6370 و رقم پرتو بودند. عملیات داشت شامل آبیاری و کنترل دستی علف‌های هرز در طول فصل رویش انجام شد. عملیات کنترل آفات مکنده و کرم غوزه در هر مکان طبق توصیه بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی انجام شد. شمارش و اندازه‌گیری تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، تعداد شاخه در بوته و ارتفاع بوته از ده بوته که به‌صورت تصادفی از دو خط وسط هر کرت انتخاب شده بودند، انجام شد. عملکرد دانه هر ژنوتیپ بر اساس گرم در مترمربع اندازه‌گیری و تبدیل به کیلوگرم در هکتار شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از روش تجزیه واریانس مرکب و آزمون LSD انجام شد. اثر سال و مکان به ترتیب تصادفی و ثابت بود. به‌منظور تعیین پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد بررسی، پارامترهای واریانس محیطی رومر، ضریب تغییرات محیطی فرانسویس و کاننبرگ، ضریب رگرسیون فینلی ویلکنسون و اکووالانس ریک محاسبه شدند. تجزیه پایداری AMMI نیز با

نزدیک به عدد ۱، ژنوتیپ‌های VC6469 و VC3960-88 به ترتیب با ضرایب bi ، ۱/۰۰ و ۱/۱۶ پایدار بودند. از نظر ضریب تغییرات درون مکانی، ژنوتیپ‌های VC3960-88 و VC6368(46-40-4) پایدار محسوب می‌شوند. از نظر واریانس درون مکانی، ژنوتیپ VC 6510 پایدار می‌باشد اما این ژنوتیپ دارای عملکرد دانه پایین‌تر از میانگین کل بود.

تجزیه AMMI نشان داد که بزرگی واریانس ایجاد شده توسط اثرات متقابل برای عملکرد دانه ماش، بسیار بیشتر از واریانس ایجاد شده توسط ژنوتیپ بود (جدول ۲). بزرگی واریانس اثر متقابل در مقایسه با واریانس ژنوتیپ، با نتایج مطالعات صورت گرفته بر روی ماش (Islam *et al.*, 2021; Baraki *et al.*, 2020) مطابقت داشت. همچنین، این نتایج نشان داد که وجود اثرات متقابل ژنوتیپ‌های ماش با محیط‌های چندگانه، منجر به ایجاد تفاوت پاسخ‌های ژنوتیپی در محیط‌های مختلف شده که نشان‌دهنده تفاوت عملکرد و رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌باشد (Fikere *et al.*, 2008). نوسان عملکرد در محیط‌های مختلف و وجود اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط بر روی انتخاب و توصیه ارقام، برای مجموعه محیط‌ها تأثیر می‌گذارد بنابراین تعیین سازگاری و پایداری ارقام، به‌منظور افزایش کارایی تولید و تعیین ارزش زراعی ارقام، از اهمیت خاصی برخوردار است.

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود از مجموع مربعات کل در حدود ۵۷ درصد توسط اثر محیط توجیه شده است. در حالی که در حدود ۱۴ درصد توسط اثر ژنوتیپ و در حدود ۱۲ درصد توسط اثر متقابل ژنوتیپ در محیط توجیه شده است. همچنین، نتایج تجزیه AMMI نشان داد که

محیط متغیر بود و واریانس ایجاد شده توسط محیط، بخش بزرگی از تنوع موجود را توجیه کرد (جدول ۲). این نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد بررسی، از تنوع خوبی برخوردار بودند و پاسخ ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف، به‌طور یکسانی تغییر نمی‌کند این نتایج در هماهنگی با یافته‌های عطایی و همکاران (Ataei *et al.*, 2019) بود.

معنی‌دار بودن اثر اصلی محیط و بزرگی واریانس ایجاد شده توسط محیط‌های آزمایش نشان‌دهنده تفاوت بین محیط‌ها از لحاظ ویژگی‌های جغرافیایی (مانند ارتفاع از سطح دریا) و شرایط آب و هوایی (مانند میزان بارندگی، پراکنش بارندگی و درجه حرارت) است (Bavandpori *et al.*, 2015). نتایج مطالعات قبلی نشان داد که بخش بزرگی از واریانس ایجاد شده، توسط محیط توجیه می‌شود. در مطالعات انجام شده بر روی ژنوتیپ‌های ماش، ارزش معمولی و باقلا گزارش شده است که به ترتیب، بیش از ۶۰، ۸۶ و ۸۹ درصد از واریانس کل، توسط محیط ایجاد می‌شود (Temesgen *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2012; Asfaw *et al.*, 2016). از معیارهای مختلف پایداری ارایه شده در جدول ۳، کمترین مقدار واریانس محیطی را رقم پرتو و ژنوتیپ VC-6510 داشت اما همان‌طور که انتظار می‌رفت پایدارترین ولی پایین‌ترین میانگین عملکرد دانه را داشتند. بر اساس ضریب تغییرات فرانسوی کانبرگ ژنوتیپ‌های VC6368(46-40-4) و VC6371-94 به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها محسوب می‌شوند. بر اساس ضریب رگرسیون فینلی و پلکینسون ژنوتیپ‌هایی با bi نزدیک به عدد ۱ پایدار محسوب می‌شوند، ژنوتیپ‌هایی با میانگین عملکرد دانه بالاتر از میانگین کل و bi

نسبت به محیط‌های دیگر پایداری عملکرد بهتری داشت.

در شکل ۱، بای‌پلات حاصل از تجزیه AMMI مشاهده می‌شود. لاین‌های تشکیل‌دهنده رئوس چندضلعی (پرتو، VC6510، VC6469، VC3960 و VC6371) بهترین و یا ضعیف‌ترین عملکرد دانه را در برخی از محیط‌ها و یا همه محیط‌ها داشتند، چرا که بیشترین فاصله از مرکز بای پلات را نشان دادند (Yan and Kang, 2003).

در شکل ۲، نمودار بای پلات اولین مؤلفه اصلی برهمکنش در مقابل میانگین عملکرد دانه ارائه شده است. در این نمودار محور عمودی نشان دهنده اثرات اصلی جمع‌پذیر یا میانگین‌ها و محور افقی اثرات متقابل ضرب‌پذیر یا مقادیر اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل می‌باشد. خط افق میانه این نمودار از میانگین کل آزمایش می‌گذرد، ژنوتیپ‌ها و مکان‌هایی که در قسمت بالای این خط قرار می‌گیرند، دارای عملکردی بالاتر از میانگین کل می‌باشند. محور عمودی مرکز این نمودار $(IPCA1=0)$ نشان‌دهنده فقدان برهمکنش ژنوتیپ و محیط می‌باشد. هرچه ژنوتیپ‌ها و مکان‌ها به خط عمودی نزدیک‌تر باشند، اثرات متقابل پایین‌تری دارند (Yan and Hunt, 2002). در میان ژنوتیپ‌ها، VC-2763 بالاترین پایداری را داشت، این رقم عملکردی پایین‌تر از میانگین دارد و از نظر اولین مؤلفه اصلی برهمکنش ژنوتیپ و محیط پایین‌ترین مقدار را به خود اختصاص داد. لذا با توجه به میانگین عملکرد و $IPC1$ ژنوتیپ‌های VC6371 و VC6368 پایداری و عملکرد بالایی را نشان دادند.

ژنوتیپ VC3960 عملکرد بالا ولی پایداری کمتری نشان داد و به عبارتی به بهبود شرایط

مؤلفه اول ۵۶/۹ درصد از مجموع اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط را توجیه می‌کند. مؤلفه دوم نیز ۳۲/۲ درصد از این مجموع را توجیه نمود. از آنجا که در مجموع این دو مؤلفه ۸۹ درصد از اثرات GE را به خود اختصاص می‌دادند از این دو مؤلفه برای رسم بای‌پلات استفاده شد. از آنجا که ژنوتیپ‌های دارای مقادیر بزرگ (مطلق) اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل بالایی با محیط دارند. ژنوتیپ‌های VC2763، VC6370، VC6368(46-40-4) و VC6371-94 نسبتاً پایدار هستند. میانگین عملکرد دانه این ژنوتیپ‌ها به استثنای VC 2763 بیشتر از میانگین کل بود. آماره پایداری امی (ASV)، اندازه فاصله از مبدأ مختصات بای پلات مؤلفه اول بر روی مؤلفه دوم است و بر اساس قضیه فیثاغورث، تعیین می‌شود. به دلیل اینکه مؤلفه اول نسبت به مؤلفه دوم، سهم بیشتری در تعیین اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط دارد، بنابراین مؤلفه اول با نسبت مؤلفه اول به مؤلفه دوم تصحیح می‌شود و بر اساس آن، ژنوتیپ‌هایی که کمترین مقدار آماره پایداری امی را دارند، پایدارتر هستند (Purchase et al., 2000). بر اساس پارامتر ASV ژنوتیپ‌های VC2763، VC6368، و VC6370 با داشتن کمترین مقادیر اثر متقابل به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها محسوب می‌شوند (جدول ۳). با توجه به میانگین عملکرد و $IPC1$ ژنوتیپ VC6368 پایدار و عملکرد نسبتاً بالا دارد. ژنوتیپ VC3960-88 عملکرد بالا اما ثبات کمتری داشت به عبارتی به بهبود شرایط محیطی پاسخ می‌دهد (شکل ۲). میانگین عملکرد دانه این ژنوتیپ‌ها به استثنای VC2763 بیشتر از میانگین کل بود. محیط گنبدکاووس نیز به دلیل مقادیر $IPC1$ نزدیک به صفر دارای کمترین اثر متقابل بود و

و واکنش به بهبود شرایط محیطی ژنوتیپ‌های VC3960 و VC6371 برای مطالعات بیشتر قابل انتخاب هستند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج آزمایش فوق در سه منطقه آزمایش نشان داد که از نظر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات زراعی، لاین VC3960-88 و VC6371 دارای برتری نسبت به سایر لاین‌ها و رقم پرتو بودند و با انجام طرح‌های تحقیقی، لاین‌های امیدبخش فوق در مقایسه با رقم شاهد در سال‌های بعدی امکان معرفی به‌عنوان رقم دارند.

محیطی پاسخ می‌دهد. ارقامی که دارای عملکرد کمتری باشند، اما دارای مقادیر مثبت برای اولین مؤلفه اصلی برهمکنش باشند، برای کاشت در مناطق و نواحی ضعیف و فقیر مطلوب می‌باشند؛ به بیان بهتر با مناطق فقیر برهمکنش مثبت دارند. به عبارتی این ارقام نسبت به سایر ارقام در محیط‌های فقیر عملکرد بهتری خواهند داشت. در این تحقیق لاین VC6370 چنین حالتی را نشان داد.

بر اساس عملکرد دانه، ضریب تغییرات درون مکانی، اندازه دانه، ارتفاع پایین‌ترین غلاف از سطح خاک (خصوصیت مهم از نظر برداشت مکانیزه که داده‌ها ارایه نشده‌اند) و پایداری بر اساس IPCA1

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب صفات زراعی مربوط به لاین‌های جدید ماش در سه منطقه آزمایش

Table 1- Combined analysis of variance of agronomic traits related to mung bean new lines in three experimental regions

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares					
		عملکرد دانه Grain yield	ارتفاع بوته Plant height	وزن صد دانه 100- seed weight	تعداد شاخه در بوته Branch number	تعداد دانه در غلاف Seed per pod	تعداد غلاف در بوته Pod per plant
سال (Y)	1	142166.7 ns	550.29 **	10.12**	2.42 ns	9.35 ns	2360.34 **
مکان (L)	2	10861070.2 *	10615.17 *	53.48 ns	423.06 *	136.15 ns	13781.26 ns
Y × L	2	186730.9 ns	184.06 *	16.83**	20.78 *	9.38 ns	2428.91 **
تکرار Rep (Y×L)	12	263560.9	31.59	0.10	5.22	4.19	32.81
ژنوتیپ Genotype (G)	7	761864.9**	707.83 **	32.21**	11.18 ns	23.66 *	683.80 ns
Y × G	7	47707.8 ns	33.49 ns	0.33 ns	4.67 **	6.17 **	345.53 **
L × G	14	2540441.4 **	811.35 **	1.34 *	6.35 ns	6.32 ns	224.50 ns
Y × L × G	14	65264.4 **	37.73 ns	0.52 **	3.78 **	2.86 ns	290.68 **
خطا Error	84	43653.8	25.71	0.19	1.22	1.87	33.06
ضریب تغییرات (C.V.)		18.6	9.0	6.4	18.5	19.1	20.6

ns غیرمعنی‌دار، ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

ns = not significant, ** = significant at 1% probability, * = significant at 5% probability.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات افزایشی و اثرات متقابل ضرب پذیر (AMMI) برای عملکرد دانه ماش

Table 2- Analysis of variance of additive main effects and multiplicative interactions (AMMI) for mung bean yield

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	مجموع مربعات Sum of squares	میانگین مربعات Mean of squares	توجیه شده Justified (%)
محیط (E)	5	22238340	4447668.02.5 **	56.7
ژنوتیپ (G)	7	5333174	761881.9 **	13.6
E × G	35	4804177	1251569 **	12.2
مؤلفه اول AMMI First component of AMMI	11	2733967	248542.6 **	56.9
مؤلفه دوم AMMI Second component of AMMI	9	1546740	171860.05 **	32.2
نویز	15	523349		
خطا	84	3666919	43654	
کل	143	39204716		

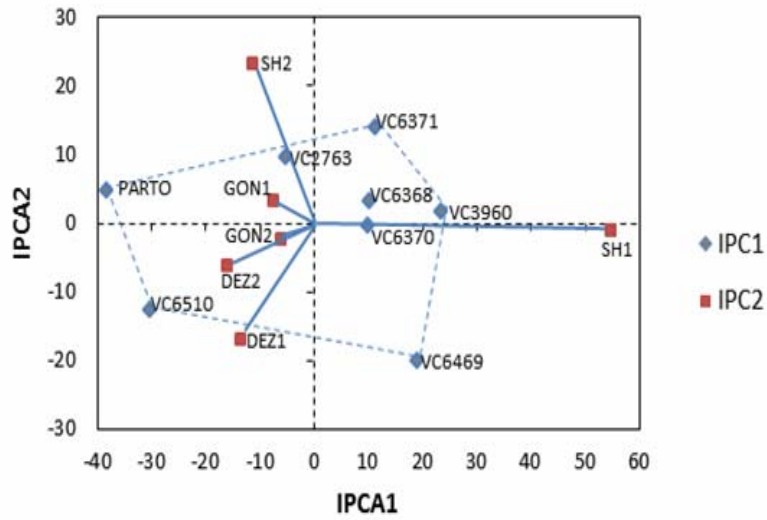
ns غیرمعنی‌دار، **معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

ns = not significant, ** = significant at 1% probability, * = significant at 5% probability.

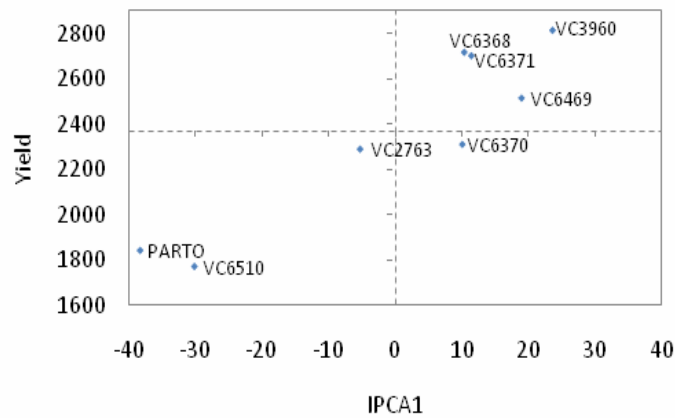
جدول ۳- معیارهای واریانس محیطی (S_i^2)، ضریب تغییرات فرانسیس کاننبرگ (CV_i)، ضریب فینلی ویلکینسن (b_i)، اکووالانس ریک (W_i)، واریانس (MSY/L) و ضریب تغییرات درون مکانی (CV/L)، میانگین عملکرد دانه \bar{X}_i ، مؤلفه‌های اول ($IPC1$) و دوم ($IPC2$) و ارزش پایداری امی (ASV)

Table 3- Environmental variance criteria (S_i^2), Francis-Kannenberg Coefficient of Variations (CV_i), Finley Wilkinson Coefficient (b_i), Rick Equilibrium (W_i), Variance (MSY/L) and Coefficient of Variations of intra-location (CV/L), mean grain yield (\bar{X}_i), the first component ($IPC1$) and the second component ($IPC2$), and the Average of Stability Value (ASV)

Genotype	\bar{X}_i	S_i^2	CV_i	b_i	W_i	MSY/L	CV/L	ASV	$IPC1$	$IPC2$
Partov	1842.1	2694930	53.5	1.04	5413638	7289	13	158.37	-38.37	4.71
VC-6510	1771.4	2633083	69.1	1.39	3493585	3018	20	125.32	-30.32	-12.74
VC-2763	2288.7	4629802	46.6	1.03	219325	59655	21	24.17	-5.36	9.70
VC-6469	2513.8	5694112	35.7	1.00	1693977	20535	12	80.35	18.86	-20.06
VC-3960	2812.4	7202872	40.5	1.16	2126841	19959	9	97.16	23.52	1.68
VC-6368	2715.6	5362972	23.3	0.67	468399	28315	10	42.49	10.27	3.26
VC-6371	2700.6	5781233	21.6	0.51	740419	44936	15	48.76	11.33	13.86
VC-6370	2309.7	5751430	54.0	1.22	445617	12216	12	41.14	9.97	-0.41



شکل ۱- بای پلات حاصل از IPCA1 و IPCA2 ژنوتیپها و محیطها
Figure 1- Biplot derived from IPCA1 and IPCA2 genotypes and environments



شکل ۲- بای پلات حاصل از میانگین عملکرد دانه و IPCA1 ژنوتیپها و محیطها
Figure 2- Biplot of mean grain yield and IPCA1 genotypes and environments

References

منابع مورد استفاده

- Asfaw, A., F. Gurum, F. Alemayehu, and Y. Rezene. 2012. Analysis of multi-environment grain yield trials in mung bean *vigna radiata* (L.) Wilczek based on GGE biplot in Southern Ethiopia. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 14: 389-398. doi: 20.1001.1.16807073.2012.14.2.5.7
- Ataei, R., A. Moghaddam, A. Azari- Nasrabad, K. Chabok, A. Saberi, B. Zand, S.A. Tabatabaee, K. Miri, V. Rahjoo, and M. Razmi- Charmkhoran. 2019. Forage yield stability of foxtail millet (*Setaria italica* L.) promising lines. *Iranian Journal of Field Crop Science*. 49(4): 161-173. (In Persian). doi: 10.22059/IJFCS.2018.248607.654426
- Babaei, H.R., H. Sabzi, and N. Razmi. 2018. Application of AMMI approach in “Genotype x Environment” interaction analysis and determining yield stability of soybean pure lines *Glycine max* (L.) Merril. *Iranian Journal of Field Crop Science*. 50(1): 129-137. (In Persian). doi: 10.22059/IJFCS.2018.240594.654374
- Badooei Delfard, R., K. Mostafavi, and A. Mohammadi. 2016. Genotype–environment interaction and yield stability of winter barley varieties (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Crop Breeding*. 3(2): 591-601. doi: 20.1001.1.22286128.1395.8.20.1.8
- Baraki, F., Gebregergis, Z., Belay, Y., Berhe, M., and H. Zibelo. 2020. Genotype x environment interaction and yield stability analysis of mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) genotypes in Northern Ethiopia. *Cogent Food Agriculture*. 6: 1729581. doi: 10.1080/23311932.2020.1729581
- Barati, A., S.A. Tabatabaei, M. Mahlouji, and M.H. Saberi. 2019. Evaluation of grain yield and its stability in promising barley lines in saline areas. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*. 29(1): 1-13. (In Persian).
- Barati, A., Zali, H., Lakzadeh, I., Koohkan, S., Jafarby, J., Hosseinpour, A., Jabbari, M., Marzoghiyan, A., and M. Kheirgo. 2021. Evaluation of yield stability of barley promising lines using AMMI and SHMM methods. *Cereal Research*. 10 (3): 245-257. doi: 10.22124/cr.2021.1834.1637
- Bavandpori, F., J. Ahmadi, and S.M. Hossaini. 2015. Yield stability analysis of bread wheat lines using AMMI model. *Agricultural Communications*. 3(1): 8-15.
- Dawson, J.C., P. Rivière, J.F. Berthelot, F. Mercier, P.D. Kochko, N. Galic, , S. Pin, E. Serpolay, M. Thomas, and S. Giuliano. 2011. Collaborative plant breeding for organic agricultural systems in developed countries. *Sustainability*. 3(8): 1206-1223. doi.org/10.3390/su3081206
- De Leon, N., J.L. Jannink, J.W. Edwards, and S.M. Kaeppler. 2016. Introduction to a special issue on genotype by environment interaction. *Crop Science*. 56(5): 2081-2089. doi:10.2135/cropsci2016.07.0002in
- Etaati, M., M. R. Ardakani, M. Bagheri, F. Paknejad and F. Golzardi. 2023. Grain yield adaptability and stability of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes using different stability indices. *Journal of Crop Ecophysiology*. 17(1): 1-14. (in Persian). doi:10.30495/JCEP.2023.1935024.1815
- Fikere, M., T. Tadesse, and T. Letta. 2008. Genotype-environment interactions and stability parameters for grain yield of faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes grown in

- South Eastern Ethiopia. *International Journal of Sustainable Crop Production*. 3(6): 80-87.
- Francis, T.R., and L.W. Kannenberg. 1987. Yield stability in short-season maize, I. a descriptive method for genotypes. *Canadian Journal of Plant Science*. 58: 1029-1034. doi: 10.4141/cjps78-157
 - Islam, M.R., B.C. Sarker, M.A. Alam, T. Javed, M.J. Alam, M.S.U. Zaman, M.G. Azam, R. Shabbir, A. Raza, M. Habib-ur-Rahman, E.S. Dessoky, and M.S. Islam. 2021. Yield stability and genotype environment interaction of water deficit stress tolerant mungbean (*Vigna radiate* L. Wilczak) genotypes of Bangladesh. *Agronomy*. 11(11): 2136. doi: 10.3390/agronomy11112136
 - Khomari, A., K. Mostafavi, and A. Mohammadi. 2018. Evaluation of grain yield stability of winter barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars using the main effects of additive and multiplicative interaction effects. *Journal of Crop Production*. 11(2): 185-195. (In Persian). doi:10.22069/EJCP.2018.13567.2043
 - Majnun Hosseini, N. 2015. Grain Legume Production. Fifth edition. Tehran University Jihad Publications. (In Persian). 283 p.
 - Moumeni, A., A. Mohaddesi, M. Amo-oughli-Tabari, F. Tavassoli-Larijani, and V. Khosravi. 2019. Stability analysis and genotype \times environment interaction for grain yield of rice (*Oryza sativa* L.) promising breeding lines. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 20(4): 329-344. (In Persian). doi: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.5.4
 - Purchase, J., H. Hatting, and C. van Deventer. 2000. Genotype \times environment interaction of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in South Africa: II. Stability analysis of yield performance. *South African Journal of Plant and Soil*. 17(3): 101-107. doi.org/10.1080/02571862.2000.10634877
 - Sadeghzadeh, B., R. Mohammadi, H. Ahmadi, G. Abedi Asl, M.M. Ahmadi, M. Mohammadfam, and N. Bahrami. 2018. Evaluation of compatibility and stability of grain yield of durum wheat lines under rainfed conditions using GGE Biplot and AMMI. *Environmental Stresses in Crop Science*. 11(2): 241-260. (In Persian). doi.org/10.22077/escs.2018.381.1075
 - Sadeghzadeh, B., R. Mohammadi, H. Ahmadi, G. Abedi-Asl, G. Khalilizadeh, M. Mohammadfam, N. Bahrami, H. Ismaeilzadeh, M. S. Khaledian, and M. Hasanpour-hosni. 2017. Efficiency of GGE Biplot and AMMI analysis for adaptability and grain yield stability of durum wheat lines under different environments. *Journal of Crop Ecophysiology*. 11(2): 413-436. (In Persian).
 - Tarinezhad, A. 2017. Grain yield stability of some bread wheat cultivars introduced in moderate and cold area of Iran. *Journal of Crop Ecophysiology*. 11(2): 437-452. (In Persian).
 - Temesgen, T., G. Keneni, T. Sefera, and M. Jarso. 2015. Yield stability and relationships among stability parameters in faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. *The Crop Journal*. 3(3): 258-268. doi: 10.1016/j.cj.2015.03.004
 - Wricke, G. 1962. Über eine methods Zur Erfassung der ökologischen sterubreite in Fledversuchen. *Zahlen Pflanzuecht*. 42: 22-96.

- Yan, W., and L.A. Hunt. 2002. Biplot analysis of multi-environment trial data. *Quant. Genetics, Genomics Plant Breeding Journal*. 19: 289-303. doi.org/10.1079/9780851996011.0289
- Yan, W., and M.S. Kang. 2003. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC Press. doi:10.1201/9781420040371
- Yau, S.K., and J. Hamblin. 1994. Relative yield as a measure of entry performance in variable environments. *Crop Science*. 34: 813-817. doi:10.2135/cropsci1994.0011183X003400030038X
- Zhang, P.P., S. Hui, X.W. Ke, X.J. Jin, L.H. Yin, L. Yang, Q. Yang, S. Wang, N.J. Feng, and D.F. Zheng. 2016. GGE biplot analysis of yield stability and test location representativeness in proso millet (*Panicum miliaceum* L.) genotypes. *Journal of Integrative Agriculture*. 15(6): 1218-1227. doi:10.1016/S2095-3119(15)61157-1

Research Article

DOI: 10.30495/JCEP.2023.1892489.1655

Investigation of Grain Yield Stability of Promising Mungbean (*Vigna radiata* Wilczek var. *radiata*) Lines

Reza Sekhavat¹, Faramarz Sayyedi^{2*} and Majid Rakhshanderoo³

Received: February 2020, Revised: 31 January 2022, Accepted: 21 April 2022

Abstract

Accurate study on the nature of genotype by environment interaction enables the identification of stable and adaptable genotypes for breeders and it has always been an important issue to address by breeders for the production and release of new sustainable and high-yielding varieties in breeding projects. To study the stability of yield and yield components of seven promising lines of mungbean as well as the check (Parto), three experiments were conducted in an RCBD with three replications in three regions of the country, i. e. Khuzestan (Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Safi Abad, Dezful), Golestan (Agricultural Experiment Station of Gonbad) and Fars (Agricultural Research Station of Zarghan) in 2014-2015 for two years. Each plot consisted of four four-meter-long rows. The traits studied were: the number of branches per plant, pods per plant, seeds per pod, 100-seed weight, plant length, and seed yield. A combined analysis of variance was performed. Because of the significant genotype by environment interaction and, as a result, the different responses of genotypes to various environments, stability indices were calculated to determine the stability of genotypes. To do this, Romer's environment variance, Francis and Kannenberg's environmental CV, and the regression coefficient of Finley and Wilkinson were determined. AMMI analysis was also performed. Based on Francis and Kannenberg's environmental CV and coefficient of Finley and Wilkinson genotypes VC6368 (46-40-4) and VC6371-94, and VC6469 and VC3960 were stable, respectively. Based on the CV of intra-location, VC3960-88 and VC6368 (46-40-4) were stable. According to stability analysis results and considering seed yield, seed weight and other suitable characters, genotypes VC6371, VC6368 (46-40-4) and VC3960-88 were selected for further studies.

Key words: AMMI analysis, Cultivar, Genotype, Mungbean, Stability index.

1- Research Instructor of Seed and Plant Improvement Research Department, Dezful Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, SafiAbad, Iran.

2- Research Instructor of Seed and Plant Improvement Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran.

3- Researcher of Seed and Plant Improvement Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zarghan, Iran.

*Corresponding Author: fsayyedi@gmail.com