



بررسی پایداری عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش جو در مناطق معتدل استان خراسان رضوی

مجید طاهریان^{۱*}، حمید تجلی^۲، حمیدرضا نیکخواه^۳

۱- استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران

۲- محقق مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران

۳- استادیار پژوهش مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۹/۲ تاریخ پذیرش: ۹۹/۲/۴

چکیده

هدف از این تحقیق ارزیابی ژنوتیپ‌ها، محیط‌ها و تجزیه آثار متقابل ژنوتیپ × محیط بر عملکرد دانه ۲۰ لاین امیدبخش جو با استفاده از تجزیه مدل اثرات اصلی افزایشی و ضرب پذیر امی (AMMI) بود. آزمایشات در دو ایستگاه تحقیقات کشاورزی نیشابور و طرق مشهد طی سال‌های ۹۶-۱۳۹۴ به مدت دو سال زراعی اجرا شدند. نتایج حاصل از تجزیه امی بر روی عملکرد دانه نشان داد که آثار اصلی ژنوتیپ، محیط، آثار متقابل آن‌ها و دو مؤلفه اول اثر متقابل معنی‌دار بودند. نمودارهای بای‌پلات امی قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های پایدار و محیط‌های با قدرت تفکیک بالا از محیط‌های ضعیف بودند. در محیط‌های مورد بررسی بر اساس نتایج تجزیه امی و پارامترهای پایداری مورد مطالعه، ژنوتیپ‌های ۱ و ۱۰ با عملکرد بالاتر از میانگین دارای بیشترین پایداری بودند در صورتی که ژنوتیپ‌های ۱۹ و ۲ با بیشترین تأثیر در اثر متقابل ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. نتایج حاصل از توصیه ژنوتیپ‌ها برای دو منطقه مورد مطالعه در مدل امی نشان داد که ژنوتیپ‌های ۱۸، ۹ و ۱ بیشترین سازگاری را در دو سال زراعی به شرایط مشهد داشتند. در حالی که ژنوتیپ ۲۰ بیشترین سازگاری را به شرایط نیشابور در دو سال زراعی طی این بررسی نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: آثار متقابل، جو، ژنوتیپ × محیط، عملکرد دانه، مدل AMMI

مقدمه

جو (*Hordeum vulgare* L.) با سطح زیر کشت نزدیک به یک و نیم میلیون هکتار و با تولید حدود سه میلیون تن در سال بعد از گندم عمده ترین محصول زراعی کشور می‌باشد. از این میزان حدود ۶۰۰ هزار هکتار با تولید تقریباً دو میلیون تن مربوط به جو آبی و حدود ۹۰۰ هزار هکتار با تولید تقریباً یک میلیون تن مربوط به جو دیم است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۸). در سال جاری کمبود تولید جو بیش از پیش احساس شده و در طرح جامع علوفه کشور برنامه ریزی افزایش تولید آن در بلند مدت لحاظ شده است. از طرفی با توجه به کم توقعی محصول جو نسبت به شرایط آبی و خاک می‌تواند جایگاه بهتری در اکثر اراضی فقیر، کم باران، شور و کم آب کشور داشته باشد.

شناسایی ژنوتیپ‌های برتر در برنامه‌های به‌نژادی همواره به دلیل تغییرات محیطی در مناطق هدف و اثر متقابل این تغییرات با ژنوتیپ‌های مورد بررسی مشکل می‌باشد. بنابراین لاین‌های پیشرفته زراعی در برنامه‌های به‌نژادی به منظور اطمینان از تولید محصول و پایداری

عملکرد بایستی در محیط‌های با شرایط آب و هوایی مختلف و در سال‌های متفاوت ارزیابی شوند (Yan & Rajcan, 2002).

وجود اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط مهم‌ترین چالش فراروی به‌نژادگران گیاه است. تفسیر آثار متقابل، شناسایی محیط‌های هدف و معرفی ژنوتیپ‌های مناسب با سازگاری خصوصی و عمومی برای محیط‌های مورد مطالعه و تعیین ژنوتیپ‌های پایدار در سال‌های مختلف از اهداف مهم در بررسی ژنوتیپ‌ها در سال‌ها و مکان‌های مختلف می‌باشد. پدیده اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به به‌نژادگران گیاه کمک می‌کند تا در ارزیابی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف، مکان‌های غیر ضروری را حذف نموده و در نتیجه موجب کاهش بیشتر هزینه‌ها شوند (Basford & cooper, 1998; Kang & Magari, 1996; Shafi *et al.*, 1992).

پارامترهای زیادی برای تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ارائه شده است. استفاده از روش مبتنی بر رگرسیون (Finlay & Winkinson, 1966; Eberhart & Russell, 1963)، در زمره اولین روش‌های مورد استفاده است. سایر روش‌های آماری از جمله روش امی

(1996). مؤلفه‌های امی معیار معتبری برای بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها و ارتباط بین ژنوتیپ‌ها و محیط می‌باشند. اگر چندین مؤلفه از مؤلفه‌های اثر متقابل در مدل امی از لحاظ آماری معنی‌دار باشند، نشان دهنده وجود اثر متقابل پیچیده ژنوتیپ \times محیط می‌باشد (Gauch & Zobel, 1996). با استفاده از مدل امی، یک پارامتر پایداری معتبر توسط پرکاس (Purchase, 1997) برای پایداری ژنوتیپ‌ها ارائه شد که آنرا ارزش پایداری امی (ASV) می‌نامند و در آن از دو مؤلفه اول امی برای این روش استفاده می‌گردد.

(Kumar et al, 2018) ۱۹ ژنوتیپ جو را در هشت منطقه به مدت یک سال جهت شناسایی مکان‌های تفکیک کننده و گزینش ژنوتیپ‌های ایده‌آل دارای پایداری دینامیک مورد ارزیابی قرار دادند. در تجزیه واریانس AMMI، اثر مکان و اثر متقابل ژنوتیپ \times مکان، به ترتیب ۶۶ درصد و ۱۴/۷ درصد از تنوع کل را توجیه کردند. دو مؤلفه اصلی اول به ترتیب ۳۶ و ۲۸/۴ درصد از تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ \times مکان را توجیه کردند. در نهایت آن‌ها دو ژنوتیپ جو را به همراه سه ژنوتیپ شاهد به عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا (AMMI: Gauch & Zobel, 1996)، روش شمی (SHAMMI) یا مدل ضرب‌پذیر متغیر (Cornelius et al, 1996 ; Cornelius, 1993) و مدل SREG یا GGE biplot (Yan, 2001) نیز زیاد مورد استفاده قرار گرفته‌اند، ضمن این‌که برای تعیین مدل پایداری، معیارهای ناپایداری هان (Huhn, 1996) که مبتنی بر تغییر مرتبه ارقام می‌باشند و روش مجموع رتبه کنگ (Kang, 1993 & kang, 1998) که از جمله روش‌های ناپارامتری هستند می‌توانند معیارهای معتبری برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر باشند.

روش امی، یک روش چند متغیره آماری می‌باشد که آثار جمع‌پذیر ژنوتیپ، محیط و آثار ضرب‌پذیر ژنوتیپ \times محیط را توجیه نموده و تفسیر خوبی از اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط را ارائه می‌نماید (Ebdon & Gauch, 2002). اگر از جزء جمع‌پذیر مدل، بدون در نظر گرفتن اثر متقابل برای توجیه واریانس آزمایشات استفاده شود، مدل مذکور را امی صفر و اگر از جزء ضرب‌پذیر امی که اثر متقابل را نیز در نظر می‌گیرد، استفاده شود بسته به این‌که از کدام مؤلفه استفاده گردد، مدل امی ۱ تا امی F نامیده می‌شود (Gauch & Zobel, 1996).

شمالی با ارتفاع ۱۱۲۰ متر) و طرق مشهد (با طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۱۶ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی با ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) به مدت دو سال زراعی (۹۶-۱۳۹۴)، مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند. منطقه نیشابور در طبقه‌بندی اقلیمی جزء مناطق معتدل و مشهد معتدل سرد می‌باشند. هر آزمایش در هر محیط در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید.

زمین مورد کشت تحت تناوب دو ساله غلات-آیش بوده و عملیات تهیه زمین شامل شخم کلش بعد از برداشت محصول قبل، یک نوبت شخم بهاره، یک نوبت دیسک، دو بار لولر عمود برهم، کود پاشی و ایجار فارو بود. بذور آزمایشی قبل از کاشت به منظور جلوگیری از سیاهک پنهان با قارچ کش کاربوکسین تیرام به نسبت دو در هزار ضد عفونی گردید. میزان بذر مصرفی بر اساس ۳۵۰ دانه در متر مربع و با در نظر گرفتن وزن هزار دانه برای هر لاین تعیین گردید. کشت به صورت جوی و پشته و آبیاری بصورت نشتی انجام گرفت. نوع و میزان کود بر اساس آزمون خاک هر منطقه مصرف گردید. کود پتاس از منبع سولفات

و دارای سازگاری وسیع برای کشت در مناطق مورد بررسی شناسایی و گزینش کردند. Pržulj *et al* (2015) جهت شناسایی ژنوتیپ‌های برتر جو از نظر عملکرد و پایداری در منطقه Rimski بوسنی و هرزگوین، ۱۵ ژنوتیپ بهاره جو را به مدت هفت سال در این منطقه بررسی کردند. نتایج آزمایش نشان داد اثر سال، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × سال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. متغیرهای هواشناسی در سال‌های مختلف تفاوت معنی‌داری با هم داشتند و اثر سال حدود ۸۱ درصد از تغییرات کل را توجیه کرد. آن‌ها با استفاده از مدل AMMI، دو ژنوتیپ پایدار با عملکرد بالا را شناسایی کردند.

بنابراین هدف از این پژوهش: ۱- تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و ۲- بررسی واکنش ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف و انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار جو در محیط‌های مورد مطالعه با استفاده از روش چند متغیره AMMI می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تعداد ۲۰ لاین امیدبخش جو، در دو منطقه نیشابور (طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۰ دقیقه

متقابل اول و دوم امی (IPCA1, IPCA2) به عنوان پارامترهای پایداری برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها استفاده گردید (Annicchiarico, 1997). همچنین از مدل بای‌پلات امی جهت بررسی واکنش ژنوتیپ‌ها در محیط‌ها استفاده شد. بای‌پلات‌ها به دلیل نمایش گرافیکی واکنش ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها در پدیده اثر متقابل ابزارهای مفیدی جهت شناسایی ژنوتیپ‌های سازگار به محیط می‌باشند (Squadric et al., 2006).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج جدول ۱ نشان داد که بین سال‌ها، مکان‌ها، ژنوتیپ‌ها، آثار متقابل سال×مکان، سال×ژنوتیپ، مکان×ژنوتیپ و سال×مکان×ژنوتیپ تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($p \leq 0.01$). لذا تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها امکان‌پذیر می‌باشد.

پتاسیم، کود فسفر از منبع فسفات آمونیوم بصورت پایه و کود ازته از منبع اوره بصورت پایه و سرک به مصرف رسید. هر کرت آزمایشی شامل ۶ خط ۶ متری به فاصله ۲۰ سانتیمتر (متر مربع $6 \times 1/2 = 7/2$) بود که قبل از برداشت نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت حذف و بقیه (۶ متر مربع) برداشت شد. برای مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ و باریک برگ، مخلوطی از علف‌کش‌های گرانتار و پوماسوپر به ترتیب به مقدار ۲۰ گرم و یک لیتر در هکتار در مرحله پنجه‌زنی تا ساقه رفتن استفاده شد.

قبل از تجزیه امی، یکنواختی واریانس خطاهای آزمایش با استفاده از آزمون لون (Leven,s test) بررسی گردید و سپس تجزیه امی بر روی عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف با استفاده از نرم‌افزارهای GenStat و GEA-R انجام شد. به منظور تجزیه پایداری عملکرد دانه لاین‌ها و ارقام مورد بررسی از مدل امی و از مؤلفه‌های اثر

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ‌های جو در دو منطقه و دو سال

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)
سال	۱	**۲۲/۰۱
مکان	۱	**۴۱/۷۳
سال × مکان	۱	*۲/۱۶
تکرار (سال × مکان)	۸	**۱/۰۹
ژنوتیپ	۱۹	**۱/۱۸
سال × ژنوتیپ	۱۹	**۱/۰۹
مکان × ژنوتیپ	۱۹	**۰/۷۲
سال × مکان × ژنوتیپ	۱۹	** ۱/۱۱
خطا	۱۵۲	۰/۳۶
ضریب تغییرات (CV%)	۱۱/۷۹	-

: تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ *، **

ترتیب در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد معنی‌دار می‌باشند (جدول ۲). نتایج تجزیه واریانس غیرافزایشی نشان داد که اولین مؤلفه اثر متقابل ۶۷/۶۶ درصد و دومین مؤلفه اثر متقابل ۲۳/۴ درصد از تغییرات ژنوتیپ و محیط را توجیه می‌نمایند. این دو مؤلفه از لحاظ آماری در توجیه آثار متقابل معنی‌دار بودند. بنابراین مدل دوم امی (AMMI2) که شامل دو مؤلفه اول اثر متقابل و آثار افزایشی ژنوتیپ و محیط می‌باشد می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. به عبارت دیگر استفاده از مدل دوم امی به خوبی در تفسیر نتایج مفید می‌باشد.

نتایج تجزیه واریانس برای آثار اصلی افزایشی و ضرب‌پذیر در جدول ۲ آمده است. تجزیه واریانس آثار افزایشی نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. در این مدل (امی)، بزرگی آثار اصلی افزایشی برای ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به ترتیب ۱۵/۲۳ درصد، ۴۶/۲ درصد و ۳۸/۵۷ درصد مجموع مربعات کل بود. بزرگی آثار محیط بیانگر متفاوت بودن محیط‌ها بوده که باعث ایجاد تنوع در عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها شده است. نتایج آزمون معنی‌داری مؤلفه‌های اثر متقابل نیز نشان داد که دو مؤلفه اول اثر متقابل مدل امی به

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات اصلی افزایشی و ضریب پذیر برای عملکرد دانه لاین‌های جو در ۴ محیط

منبع تغییرات	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)	سطح احتمال آماری (F)	% واریانس توجیه شده
کل	۲۳۹	۰/۸۶۹	-	-
تیمار	۷۹	۱/۸۳۱	۵/۱۴**	۶۹/۶۷
ژنوتیپ	۱۹	۱/۱۶	۳/۲۵**	۱۵/۲۳
محیط	۳	۲۲/۲۸	۲۰/۲۴**	۴۶/۲
اثر متقابل (GE)	۵۷	۰/۹۷۹	۲/۷۵**	۳۸/۵۷
IPCA1	۲۱	۱/۷۹۳	۵/۰۳**	۶۷/۶۶
IPCA2	۱۹	۰/۶۹۲	۱/۹۴*	۲۳/۴
باقیمانده	۱۷	۰/۲۹۴	۰/۸۲ ^{ns}	۸/۹۴
بلوک *	۸	۱/۱۰۱	۳/۰۹**	۴/۲۴
خطا	۱۵۲	۰/۳۵۶	-	۲۶/۰۹

عدم تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱، **، *، ns. *: به بلوک داخل محیط اشاره دارد.

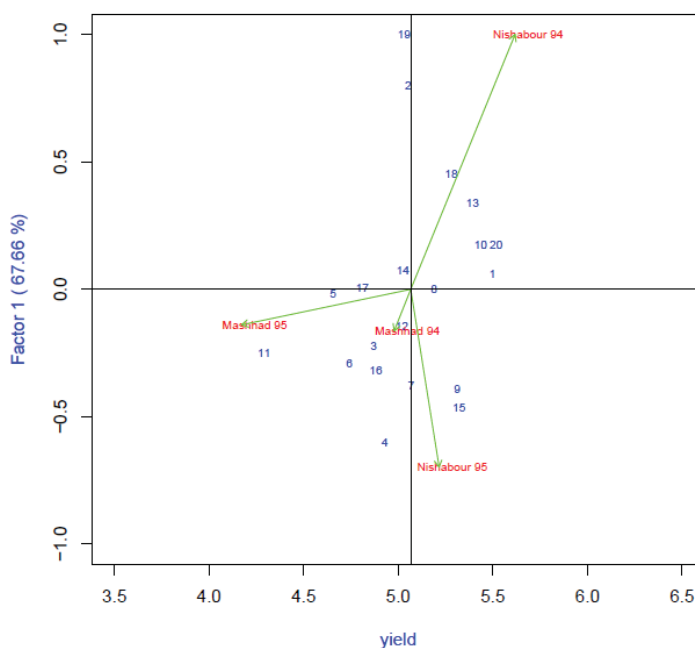
ژنوتیپ (محور عمودی) و دومین جفت مربوط به میانگین عملکرد هر محیط (محور افقی) و مقادیر اولین مؤلفه اصلی هر محیط (محور عمودی) می‌باشد.

بررسی بای‌پلات شکل ۱ نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های شماره ۱۹ و ۴ و همچنین محیط‌های نیشابور ۹۴ و نیشابور ۹۵ به ترتیب دارای آثار متقابل بزرگ بوده و بیشترین تأثیر را در ایجاد اثر متقابل داشتند. ژنوتیپ‌هایی که در مرکز بای‌پلات قرار گرفته‌اند، اثر متقابل نزدیک به صفر را دارند و دارای پایداری عمومی بیشتری هستند،

به منظور بررسی روابط ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها از نمایش گرافیکی بای‌پلات استفاده شد. در بای‌پلات شکل ۱ محور افقی نمایانگر آثار اصلی جمع‌پذیر یا میانگین عملکرد دانه بر حسب تن در هکتار و محور عمودی آثار متقابل ضربی یا مقادیر اولین مؤلفه اصلی (IPCA1) یعنی ضرایب عاملی، برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها به طور جداگانه می‌باشد. در بای‌پلات مذکور دو جفت از داده‌ها روی محورها نمایش داده شده‌اند. اولین جفت مربوط به میانگین عملکرد هر ژنوتیپ (محور افقی) و مقادیر اولین مؤلفه اصلی هر

ژنوتیپ‌های با پایداری مطلوب مورد توجه قرار گیرند؛ در حالی که ژنوتیپ شماره ۱۷ دارای میانگین عملکرد پایین‌تر از میانگین کل بود (شکل ۱).

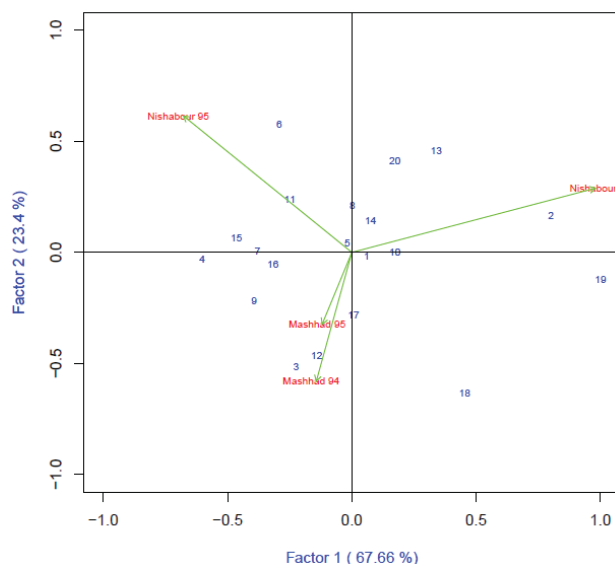
ژنوتیپ‌های شماره ۸، ۱۴، ۱۲، ۱۷ دارای اثر متقابل کم بودند، که در این میان ژنوتیپ‌های شماره ۸، ۱۴ و ۱۲ دارای میانگین عملکرد در حد میانگین کل بوده و می‌توانند به عنوان



شکل ۱- بای پلات میانگین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و مقادیر اولین مولفه اصلی آن‌ها

متقابل داشتند. همچنین ژنوتیپ‌های ۱۹ و ۲ نیز با نقش بالایی که در ایجاد اثر متقابل داشتند، توسط محیط نیشابور ۹۴ قابل تفکیک بودند و این ژنوتیپ‌ها قابلیت سازگاری خصوصی بالایی به این محیط داشتند. ژنوتیپ‌های ۱ و ۵ به ترتیب با بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه (جدول ۳)، کمترین نقش را در اثر متقابل داشتند (شکل ۲).

دو مولفه اول اثر متقابل (IPCA) به ترتیب ۶۷/۶۶ و ۲۳/۴ درصد مجموع آثار متقابل ژنوتیپ و محیط را توجیه نمودند. نتایج حاصل از بای پلات دو مولفه اول (شکل ۲) نشان داد که دو محیط مشهد، محیط‌های مشابه از لحاظ واکنش‌های اثر متقابل ژنوتیپ×محیط بوده و محیط‌های موثر جهت گزینش ژنوتیپ‌های ۳، ۱۲، ۱۷، ۹ و ۱۸ بودند. بر اساس این بای پلات، محیط‌های نیشابور تاثیر زیادی در ایجاد اثر



شکل ۲- بای پلات اولین و دومین مولفه اثر متقابل در مدل AMMI2

تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها

به ژنوتیپ‌های ۸، ۱۷، ۱۴، ۱، ۵، ۱۲، ۱۰ و ۲۰ و کمترین مقدار IPCA2 مربوط به ژنوتیپ‌های ۱۰، ۷، ۱، ۴، ۵، ۱۶، ۱۵ و ۱۹ بود. بر اساس مقادیر IPCA1 و IPCA2 ژنوتیپ‌های ۱ و ۱۰ با میزان عملکرد بالاتر از میانگین کل پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۳).

بیشترین میزان IPCA1 متعلق به ژنوتیپ‌های ۱۹ و ۲ با عملکرد متوسط بود. همچنین بیشترین ضرایب IPCA2 مربوط به ژنوتیپ ۱۸ با میانگین عملکرد بیشتر از میانگین کل و ژنوتیپ‌های ۶ و ۳ با میانگین عملکرد کمتر از میانگین کل بود (جدول ۳).

مقادیر پارامترهای ژنوتیپی و رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس این پارامترها در جدول ۳ آمده است. ضرایب دو مولفه اول اثر متقابل به عنوان ساده‌ترین پارامترهای پایداری جهت انتخاب ژنوتیپ‌ها قبلاً مورد استفاده قرار گرفته است (Annicchiarico, 1997; Purchase *et al.*, 2000). (2000). Grausgruber *et al* (2000) در گندم نان، طاهریان و همکاران (۱۳۹۸) در جو و Mohammadi *et al* (2008) در گلرنگ از ضرایب مولفه‌های اصلی اثر متقابل (IPCA) جهت گزینش ژنوتیپ‌های پایدار استفاده نمودند. در پژوهش حاضر، کمترین مقدار IPCA1 مربوط

جدول ۳- میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها، ضرایب مؤلفه‌های اثر متقابل و رتبه‌های ژنوتیپ‌ها بر اساس پارامترها

رتبه	IPCA2	رتبه	IPCA1	رتبه	میانگین عملکرد دانه (t/ha)	ژنوتیپ
۳	-۰/۰۱۳	۴	-۰/۰۰۶	۲	a ۵/۴۹۴	۱
۱۰	۰/۱۸	۱۹	-۰/۰۸۴	۱۰	a-e ۵/۰۴۴	۲
۱۸	-۰/۰۵۴	۹	۰/۰۲۴	۱۶	b-e ۴/۸۶۸	۳
۴	-۰/۰۰۳	۱۸	۰/۰۶۳	۱۴	a-e ۴/۹۳	۴
۵	۰/۰۰۴	۵	۰/۰۰۲	۱۹	ef ۴/۶۵۷	۵
۱۹	۰/۰۰۶	۱۱	۰/۰۳۱	۱۸	d-e ۴/۷۳۹	۶
۲	۰/۰۱۲	۱۴	۰/۰۳۹	۹	a-e ۵/۰۶۵	۷
۱۱	۰/۰۲۱	۱	-۰/۰۰۲	۸	a-e ۵/۱۹۲	۸
۱۲	-۰/۰۲۲	۱۵	۰/۰۴۱	۶	a-d ۵/۳۰۶	۹
۱	۰/۰۰۲	۷	-۰/۰۱۸	۳	ab ۵/۴۳۴	۱۰
۱۳	۰/۰۲۵	۱۰	۰/۰۲۶	۲۰	f ۴/۲۹۱	۱۱
۱۷	-۰/۰۴۹	۶	۰/۰۱۵	۱۳	a-e ۵/۰۲۴	۱۲
۱۶	۰/۰۴۸	۱۳	-۰/۰۳۶	۴	a-c ۵/۳۹	۱۳
۹	۰/۰۱۵	۳	-۰/۰۰۸	۱۲	a-e ۵/۰۲۶	۱۴
۷	۰/۰۰۸	۱۷	۰/۰۴۹	۵	a-d ۵/۳۹۱	۱۵
۶	-۰/۰۰۶	۱۲	۰/۰۳۳	۱۵	b-e ۴/۸۷۹	۱۶
۱۴	-۰/۰۳۱	۲	-۰/۰۰۴	۱۷	c-e ۴/۸۱۵	۱۷
۲۰	-۰/۰۶۷	۱۶	-۰/۰۴۷	۷	a-d ۵/۲۷۸	۱۸
۸	-۰/۰۱۳	۲۰	-۱/۰۰۵	۱۱	a-e ۵/۰۲۹	۱۹
۱۵	۰/۰۴۴	۸	-۰/۰۱۹	۱	a ۵/۵۰۸	۲۰

تجزیه پایداری محیط‌ها

طاهریان و همکاران (۱۳۹۸) به منظور تجزیه بهتر آثار متقابل ژنوتیپ و محیط در جو از پارامترهای پایداری برای محیط‌ها استفاده کردند. مقادیر این پارامترها و رتبه‌بندی محیط‌ها بر اساس این پارامترها در جدول ۴ آمده است. جهت گزینش محیط‌های مناسب با قدرت بالا در

تفکیک ژنوتیپ‌ها، محیط‌ها بایستی دارای

مقادیر IPCA1 بالا و IPCA2 پائین باشند. بر اساس این دو پارامتر، Yan *et al* (2000) درگندم و Yan & Rajcan (2002) در سویا، ژنوتیپ‌های پایدار به محیط‌ها و نیز محیط‌های با قدرت تفکیک ژنوتیپی بالا از سایر محیط‌ها را شناسایی کردند. در تحقیق حاضر بر اساس IPCA1

محیط‌های مشهد با پتانسیل عملکرد پایین، دارای بیشترین پایداری و کمترین نقش در اثر متقابل بودند. محیط‌های نیشابور با بیشترین IPCA1 بیشترین نقش را در ایجاد اثر متقابل ژنوتیپ × محیط داشتند. کمترین IPCA2 محیطی به محیط نیشابور ۹۵-۱۳۹۴ و بیشترین آن به محیط نیشابور ۹۶-۱۳۹۵ تعلق داشت. محیط ایده‌آل بر اساس IPCA1 بالاتر و IPCA2 کمتر عبارت بود از نیشابور ۹۵-۱۳۹۴ (جدول ۴).

جدول ۴- میانگین عملکرد محیط‌ها، ضرایب مؤلفه‌های اثر متقابل و رتبه‌های محیط‌ها بر اساس پارامترها

رتبه	IPCA2	رتبه	IPCA1	رتبه	میانگین عملکرد دانه (t/ha)	محیط
۳	-۰/۸۹	۲	۰/۲۶	۳	۵/۰۴۳	مشهد ۹۵-۱۳۹۴
۲	-۰/۴۸	۱	۰/۲۱	۴	۴/۲۴۲	مشهد ۹۶-۱۳۹۵
۱	۰/۴۳	۴	-۱/۵۲	۱	۵/۶۸۷	نیشابور ۹۵-۱۳۹۴
۴	۰/۹۴	۳	۱/۰۵	۲	۵/۲۸۶	نیشابور ۹۶-۱۳۹۵

جدول ۵- گروه‌بندی محیط‌ها بر اساس چهار ژنوتیپ توصیه شده مدل امی

First four AMMI genotypes recommended per environment							میانگین عملکرد	مکان	فصل زراعی	محیط	
عملکرد (t/ha) د	4 th	عملکرد (t/ha)	3 rd	عملکرد (t/ha)	2 nd	عملکرد (t/ha) د	1 st				
۵/۴۶۷	۱	۵/۴۷۸	۱۲	۵/۵۸۴	۹	۵/۷۲۸	۱۸	۵/۰۴۳	مشهد	۹۴-۹۵	۱
۴/۵۷۲	۱۰	۴/۶۶۴	۱	۴/۶۷۴	۹	۴/۶۷۶	۱۸	۴/۲۴۲		۹۵-۹۶	۲
۶/۶۰۴	۲۰	۶/۷۶۷	۱۳	۷/۰۲۸	۲	۷/۱۸۸	۱۹	۵/۶۸۷	نیشابور	۹۴-۹۵	۳
۵/۷۸۸	۴	۵/۸۴۸	۶	۵/۹۵۰	۲۰	۶/۱۲۵	۱۵	۵/۲۸۶		۹۵-۹۶	۴
۵/۶۰۸		۵/۶۶۷		۵/۸۰۹		۵/۹۲۹		۵/۰۶۵			میانگین

نتیجه‌گیری

شده بر اساس مدل AMMI برای هر محیط نشان داده شده است. بر اساس نتایج حاصل، ژنوتیپ‌های ۱۸، ۹ و ۱ بیشترین سازگاری را به منطقه مشهد در هر دو سال زراعی داشتند. برای محیط نیشابور ژنوتیپ ۲۰ در هر دو سال زراعی بهترین ژنوتیپ با سازگاری ویژه بود. براساس

تفاوت در رتبه ژنوتیپ‌ها در محیط‌ها نشان دهنده اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بود، به طوری که این اثر متقابل با معنی‌دار شدن آن از لحاظ آماری در سطح احتمال یک درصد قابل توجه بود (جدول ۱). در جدول ۵، چهار ژنوتیپ توصیه

سازگاری عمومی بالایی به محیط‌های مورد مطالعه داشتند.

main effects and multiplicative interaction model for cultivar trials. *Crop Sci.* 33: 1186-1193.

Cornelius, P.L., J. Crossa. and M.S.

Seyedsadr. 1996. Statistical tests and estimates of multiplicative models for GE interaction. In: kang, M.S. and H.G. Jr. Gauch (eds). *Genotype-By-environment interaction.* (pp.199-234).CRC Press, Boca Raton, Florida.

Ebdon, J.S. and H.G. Gauch. 2002.

Additive main effect and multiplicative interaction analysis of national turf grass performance trials: I Interpretation of Genotype \times environment interaction. *Crop Sci.* 42: 489- 496.

Eberhart, S. A. and W.A. Russell.

1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36-40.

Finlay, K. W. and Wilkinson, G.N.

1963. The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Aust. J. Agric. Res.*4: 742-754.

Gauch, H.G. and R.W. Zobel. 1996.

AMMI analysis of yield trials. In:

نتایج فوق در مجموع سال‌ها و محیط‌ها، ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۱۰ قدرت پایداری و

منابع

احمدی، ک.، ح.ر. عبادزاده، ف. حاتمی،

ح. عبدشاه، و ا. کاظمیان. ۱۳۹۸. آمارنامه

محصولات کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی. جلد ۱، ۹۵ ص.

طاهریان، م.، م. ر. بی‌همتا، س. ا.

پیغمبری، ه. علیزاده، ع. و ا. رسول‌نیا.

۱۳۹۸. تجزیه پایداری و گزینش ژنوتیپ‌های

متحمل شوری جو. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی. ۱۱(۲۹): ۹۳-۱۰۳.

Annicchiario, p. 1997. Joint regression

vs AMMI analysis of genotype-environment interactions for cereals in Italy. *Euphytica.* 94: 53-62.

Basford, K.E. and Cooper, M. 1998.

Genotype by environment interaction and some considerations of their implication for wheat breeding in Australia. *Aust. J. Agric. Res.* 49: 154-175.

Cornelius, P.I. 1993. Statistical tests

and retention of terms in the additive

cultivar development. *Advances in Agronomy*. 62: 199-252.

Kumar, V., A.S. Kharub, and G.P.

Singh. 2018. Additive Main Effects and Multiplicative Interaction and Yield Stability Index for Genotype by Environment Analysis and Wider Adaptability in Barley. *Cereal Research Communications*. 46(2): 365-375.

Mohammadi, R., S.S. Pourdad, and A.

Amri. 2008. Grain yield stability of spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Aust. J. of Agric. Res.* 59: 546-553.

Pržulj, N., M. Mirosavljević, P.

Čanak, M. Zorić and J. Boćanski. 2015. Evaluation of Spring Barley Performance by Biplot Analysis. *Cereal Research Communications*. 43(4): 692-703.

Purchase, J. 1997. Parametric analysis

to describe Genotype \times environment interaction and yield stability in winter wheat. Ph.D. University of the Free State, South Africa.

Purchase, J.L., H. Hatting, and C.S.

Van Deventer. 2000. Genotype \times environment interaction of winter wheat in south Africa: II. Stability analysis of yield performance. South

Kang, M.S. and H.G. Jr. Gauch(eds), *Genotype- by- environment interaction*. (pp. 85-122). CRC Press, Boca Raton, Florida.

Grausgruber, H., Oberforster, M.,

Werteker, M., Ruckenbauer, P., and ollmann,j. 2000. Stability of quality traits in Australian grown winter wheat. *Field crops Res.* 66: 257-267.

Huhn, M. 1996. Nonparametric analysis

of genotype \times environment interaction by ranks. In: Kang, M. S. and H. G. Jr. Gauch(eds), *Genotype- by- environment interaction*. (pp. 235-271). CRC Press, Boca Raton, Florida.

Kang, M. S., and R. Magari. 1996.

New developments in selecting for phenotypic stability in crop breeding. In: M.S. Kang, and H. G. Zobel (eds), *Genotype- by- Environment interaction*, 1-14. CRC Press, Boca Raton.

Kang, M.S. 1993. Simultaneous

selection for yield and stability in crop performance genotype \times environment interaction 239 trials: consequences for growers. *Agronomy Journal*. 85: 754-757.

Kang, M.S. 1998. Using genotype \times

environment interaction for crop

- Yan, W.** 2001. GGEbiplot- a Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two- way data. *Agron. J.* 93(5): 1111-1118.
- Yan, W. and I. Rajcan.** 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Sci.* 42: 11-20.
- Yan, W., L.A. Hunt, Q. Sheng, and Z. Szlavnic.** 2000. Cultivar evaluation and mega- environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Sci.* 40: 597-605.
- Africa Journal of plant and soil. 17(3): 101-107.
- Shafi, B., K.A. Mahler, W.J. Price, and D.L. Auld.** 1992. Genotype \times environment interaction effects on winter rapeseed yield and oil content. *Rop Science.* 32: 922-927.
- Suadric, A., D. Simic, and M. Vratric.** 2006. Characterization of genotype by environment interactions in soybean breeding program of southeast Europe. *Plant Breed.* 125: 125-191.

Investigating the yield stability of barley promising lines in temperate regions of Khorasan Razavi province

M. Taherian^{1*}, H.Tajali², H.R. Nikkhah³

1. Assistant professor of Research Center of Agriculture and Natural Resources of Razavi khorasan Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran.
2. Researcher of Research Center of Agriculture and Natural Resources of Razavi khorasan Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran.
3. Assistant professor of Research Center of Agriculture and Natural Resources, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

Abstract

The objective of this study was to evaluate genotypes (G), environments (E) and to analyze genotype by environment (GE) interactions on the seed yield of 20 barley promising lines by the additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) model. The trials were conducted at two research stations (Neyshabur and Torogh Mashhad) for two successive years (2015-2017). The results of AMMI analysis for seed yield indicated that the Genotype main effects, environment, and GE interactions as well as two first interaction principal components (IPCA1-2) were significant. AMMI biplot was able to distinguish stable genotypes and environments with high and low genotype discrimination ability. The genotypes 1 and 10 with higher mean yield than total mean were to be most stable genotypes, while the genotype 19 and 2 with the highest contribution to GE interaction, were to be the most unstable. The result of recommended genotypes based on AMMI analysis showed that the genotypes 18, 9 and 1 were highly adapted to Mashhad and genotype 20 was adapted to Neyshabour environments during this study.

Key words: AMMI model, Barley, Genotype×Environment, Interaction effects, Seed yield

* Corresponding author (Taherian.m@ut.ac.ir)