"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و چهارم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۱

مقاله پژوهشی

DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.5.6

تحلیل گرافیکی پایداری عملکرد دانه برای گزینش لاین‌های امیدبخش برتر جو (*Hordeum vulgare* L.) در مناطق معتدل

Graphical analysis of grain yield stability for selection of suprior barley (*Hordeum vulgare* L.) promising lines in temperate regions of Iran

مجید طاهریان[۱]، حمید رضا نیکخواه[۲]، رضا اقنوم[۳]، محمد شریفی‌الحسینی[۴]، مهرداد محلوجی[۵]، منوچهر طاهری مازندرانی[۶]، سیدعلی طباطبایی[۷] و فضل‌اله حسنی[۸]

چکیده

طاهریان، م.، ح.ر. نیکخواه، ر. اقنوم، م. شریفی‌الحسینی، م. محلوجی، م. طاهری مازندرانی، س. ع. طباطبایی و ف. حسنی. ۱۴۰۱. تحلیل گرافیکی پایداری عملکرد دانه برای گزینش لاین‌های امیدبخش برتر جو (*Hordeum vulgare* L.) در مناطق معتدل. **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۴ (۱):۷۸-۶۴.**

مطالعه برهمکنش ژنوتیپ و محیط، سازگاری و پایداری عملکرد دانه ارقام در شرایط مختلف محیطی از اهمیت ویژه‌ای در برنامه‌های به‌نژادی جو برخوردار است. به‌منظور ارزیابی سازگاری و پایداری عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش جو، آزمایشی با ۱۹ لاین همراه با رقم شاهد به‌رخ طی دو سال زراعی (۱۳۹۵ تا ۱۳۹۷) در هشت ایستگاه تحقیقاتی (کرج، ورامین، نیشابور، مشهد، بیرجند، زرقان، یزد و اصفهان) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها انجام شد و سپس جهت ارزیابی سازگاری و پایداری ارقام و لاین‌ها از روش چند متغیره GGE بای‌پلات استفاده شد. میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های جو در مجموع تمام مکان‌های مورد بررسی، در دامنه‌ای بین ۵۲۰۸ تا ۵۸۷۰ کیلوگرم در هکتار قرار داشت. بر اساس نتایج حاصل از روش GGE بای‌پلات، سهم مؤلفه اصلی اول از تغییرات کل ۳۰/۱۶ و سهم مولفه اصلی دوم ۲۸/۲۲ درصد و این دو مولفه در مجموع حدود ۵۸/۳۸ درصد از کل تنوع موجود را توجیه کردند. ژنوتیپ‌های مناسب در هر ابرمحیط با استفاده از بای‌پلات چند ضلعی شناسایی شدند. نتایج نشان داد که محیط کرج به شرایط محیط مطلوب نزدیک‌تر بود. بررسی همزمان سازگاری و عملکرد ژنوتیپ‌ها با استفاده از بای‌پلات مختصات محیط متوسط نشان داد که ژنوتیپ G7 جزء ژنوتیپ‌های برتر از نظرعملکرد و دارای سازگاری بالا بود. در مجموع بر اساس نتایج این تحقیق، ژنوتیپ G7 ژنوتیپ مطلوب بوده و نزدیک‌ترین ژنوتیپ‌ها به آن ژنوتیپ‌های G5، G13، G20 و G4 بودند. لاین‌های امیدبخش جو مورد ارزیابی از عملکرد دانه بالا، سازگاری عمومی و پایداری مطلوب در مناطق معتدل کشور برخوردار بودند. از بین این ژنوتیپ‌ها می‌توان لاین یا لاین‌های امیدبخش را پس از بررسی در آزمایشات تحقیقی ترویجی در مزارع کشاورزان مناطق معتدل کشور که در مقایسه با ارقام شاهد عملکرد بالا و خصوصیات مطلوبی داشته باشند، برای نام‌گذاری و معرفی گزینش نمود.

واژه‌های کلیدی: برهمکنش ژنوتیپ و محیط، سازگاری، جو، ژنوتیپ مطلوب

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۰ این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی شماره ۹۵۰۳۸۱-۰۷۳-۰۳-۰۳-۰۰ مصوب مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر می باشد

۱- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: taherian.m@ut.ac.ir)
۲- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
۳- دانشیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
۴- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
۵- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
۶- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ورامین، ایران
۷- دانشیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران
۸- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.5.6]

مقدمه

جو (*Hordeum vulgare* L.) بعد از گندم از لحاظ سطح زیر کشت در ایران مقام دوم را دارد. طبق آخرین آمار وزارت جهاد کشاورزی سطح زیر کشت جو در کشور شامل ۶۲۱۹۴۰ هکتار آبی و ۹۲۵۴۳۴ هکتار دیم (مجموع ۱/۵۴۷ میلیون هکتار) و مقدار کل تولید جو ۳/۵۱۴ میلیون تن می‌باشد. میانگین عملکرد دانه جو در زراعت آبی ۳۷۶۳ و در زراعت دیم ۱۲۶۸ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. (Ahmadi *et al*., 2018). در سال‌های اخیر کاهش تولید جو بیش از پیش احساس شده و در طرح جامع علوفه کشور، برنامه‌ریزی افزایش تولید جو در بلند مدت لحاظ شده است. به‌علاوه با توجه به کم توقع بودن گیاه جو نسبت به شرایط آب و خاک، این گیاه می‌تواند جایگاه مناسبی در اکثر اراضی فقیر، کم باران، شور و کم آب کشور داشته باشد.

شناسایی ژنوتیپ‌های برتر در برنامه‌های به‌نژادی به دلیل تغییرات محیطی در مناطق هدف و برهمکنش این تغییرات با ژنوتیپ‌های مورد بررسی مشکل است. بنابراین به منظور اطمینان از تولید محصول و پایداری عملکرد در برنامه‌های به‌نژادی، لاین‌های پیشرفته باید در محیط‌های با شرایط آب و هوایی مختلف و در سال‌های متفاوت ارزیابی شوند (Yan and Rajcan, 2002). یک ژنوتیپ گیاهی معمولا در محیط‌های مختلف از لحاظ عملکرد واکنش‌های متفاوتی دارد، به‌طوری‌که رتبه عملکرد آن از یک محیط به محیط دیگر تغییر می‌کند. این تغییرات که در نتیجه کنش بین ژنوتیپ و محیط ایجاد می‌شود، تحت عنوان برهمکنش ژنوتیپ و محیط شناخته شده است (Allard and Bradshaw, 1964). چنانچه برهمکنش ژنوتیپ و محیط معنی‌دار باشد، به‌نژادگر نیازمند شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار با تولید نسبتا ثابت در دامنه‌ای از محیط‌های هدف می‌باشد. پایداری ممکن است به‌صورت استاتیکی و یا دینامیکی باشد. پایداری استاتیکی حالتی است که در آن ژنوتیپ‌ها تمایل به حفظ عملکرد یکسان در همه محیط‌ها را دارند و در پایداری دینامیکی، واکنش عملکرد یک ژنوتیپ نسبت به تغییرات در محیط‌ها دارای یک روال ثابت می‌باشد، به‌عبارت دیگر واکنش یک ژنوتیپ موازی با میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌باشد (Becker and Leon, 1988). تا کنون مدل‌های آماری زیادی برای تجزیه برهمکنش ژنوتیپ و محیط پیشنهاد شده‌اند. این مدل‌ها از ناپارامتری تا پارامتری تک متغیره و چند متغیره متفاوت هستند. استفاده از روش مبتنی بر رگرسیون (Finlay and Winkinson, 1963; Eberhart and Russell, 1966)، در زمره اولین روش‌های مورد استفاده است. سایر روش‌های آماری از جمله روش‌های چند متغیره AMMI (Gauch and Zobel, 1996)، روش SHAMMI یا مدل ضرب پذیر متغیر (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 هستند و روش مجموع رتبه کانگ (Kang, 1993) که از جمله روش‌های ناپارامتری هستند، می‌توانند معیارهای معتبری برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر باشند.

از میان روش‌های چند متغیره می‌توان به روش بای‌پلات که مبتنی بر تجزیه به مولفه‌های اصلی است اشاره نمود (Gabriel, 1971). روش GGE بای‌پلات (GGE biplot)، اثر ژنوتیپ (G) و برهمکنش ژنوتیپ و محیط (GE) را با هم حفظ کرده و GGE را به دو جزء ضربی تجزیه می‌کند (Yan *et al*., 2000). در روش بای‌پلات ژنوتیپ‌ها و محیط و برهمکنش آن‌ها به‌طور همزمان در یک نمودار که بای پلات نامیده می‌شود، نمایش داده می‌شوند. آنچه که در ارزیابی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف بسیار حائز اهمیت می‌باشد این است که اثر محیط در اکثر موارد بسیار بزرگ بوده، اما قابل بهره‌برداری نیست، بنابراین حذف اثر محیط از داده‌ها و

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.5.6]

تمرکز بر اثر ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ و محیط حائز اهمیت است (Yan and Kang, 2003). تنها اثر ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ و محیط است که در گزینش لاین‌های با پایداری عملکرد اهمیت دارند و نکته اساسی این است که دو اثر ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ و محیط باید به صورت توأم بررسی شوند. روش GGE بای‌پلات این امکان را فراهم می‌کند که این دو اثر (ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ و محیط) همزمان و به‌صورت ترسیمی مورد بررسی قرار گیرند (Yan, 2001). محققان زیادی روش GGE بای‌پلات را یک روش کارآمد برای ارزیابی برهمکنش ژنوتیپ و محیط معرفی نموده و بیان داشته‌اند که این روش اطلاعات مفیدی در خصوص ژنوتیپ‌ها و محیط‌های تحت بررسی در اختیار محقق قرار می‌دهد. کاربرد GGE بای‌پلات در گزینش ارقام مناسب برای جو (Koocheki *et al*., 2012; Mortazavian *et al*., 2014; Vaezi, *et al*., 2017; Taheripourfard *et al*., 2017; Kendal *et al*., 2019; Hudzenko *et al*., 2019) گندم (Omrani *et al*., 2017; Mohammadi *et al*., 2016b)، کلزا (Zali *et al*., 2016) گلرنگ (Pourdad and Jamshid Moghaddam, 2013)، گندم دوروم (Mohammadi *et al*., 2016a)، نخود (Farshadfar *et al*., 2013) گزارش شده است.

هدف از این تحقیق، بررسی برهمکنش ژنوتیپ و محیط با استفاده از روش گرافیکی GGE بای‌پلات در لاین‌های امیدبخش جو و شناسایی و معرفی لاین‌های دارای عملکرد دانه بالا و پایدار جهت کشت در مناطق دارای اقلیم معتدل و شناسایی مناطق مطلوب بود.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش تعداد ۱۹ لاین امیدبخش جو که از آزمایشات ژنوتیپ‌های پیشرفته جو اقلیم معتدل در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ انتخاب شده بودند (جدول ۱)، همراه با رقم به‌رخ به عنوان رقم شاهد، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در هشت منطقه (کرج، اصفهان، بیرجند، ورامین، زرقان، یزد، مشهد و نیشابور) طی دو سال زراعی ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۷ کشت و مورد ارزیابی قرار گرفتند. خصوصیات اقلیمی مکان‌های اجرای آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است.

در کلیه مکان‌ها زمین محل اجرای آزمایش 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. بذرهای ژنوتیپ‌های جو به‌منظور کنترل بیماری سیاهک پنهان قبل از کاشت با قارچ کش کاربوکسین تیرام به نسبت دو در هزار ضد عفونی شدند. میزان بذر مصرفی بر اساس تراکم ۳۵۰ بذر در متر مربع و با در نظر گرفتن وزن هزار دانه برای هر لاین تعیین شد. کشت به صورت جوی و پشته و آبیاری بصورت نشتی انجام گرفت. نوع و میزان کود بر اساس آزمون خاک هر منطقه انتخاب و مصرف شد. کود پتاس از منبع سولفات پتاسیم، کود فسفر از منبع فسفات آمونیوم بصورت پایه و کود نیتروژن از منبع اوره بصورت پایه و سرک به خاک داده شدند. تاریخ کشت در هر مکان نیمه اول آبان بود. هر کرت آزمایشی شامل شش ردیف شش متری به فاصله ۲۰ سانتیمتر (به مساحت ۷/۲ مترمربع) بود. برای مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ و باریک برگ، مخلوطی از علف‌کش‌های گرانستار و پوماسوپر به ترتیب به مقدار ۲۰ گرم و یک لیتر در هکتار در مرحله پنجه‌زنی تا ساقه رفتن استفاده شد. جهت اندازه‌گیری عملکرد، قبل از برداشت، نیم متر از ابتدا و انتهای ردیف‌های هر کرت حذف و محصول از بقیه کرت (شش مترمربع) برداشت و ثبت شد.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.5.6]

جدول ۱- اسامی و شجره ارقام و لاین‌های امید بخش جو

Table 1. Name and pedigree of barley cultivars and promising lines

ژنوتیپ‌های جو Barley genotypes	شجره Pedigree
G1(Check)	Behrokh
G2	Cr115/Por//Bc/3/Api/CM67/4/Giza120/5/H272/Bgs/3/Mzq/Gva//...Alanda-01/6/Lignee 527/NK1272//JLB 70-63
G3	Nosrat/5/EH-DI-8(CIRU/3/AGAVE/SUMBARD400//MARCO/4/PETUNIA 1)
G4	Bgs/Dajia//L.1242/3/(L.B.IRAN/Una8271//Gloria'S'/3/Alm/Una80//....)/4/ Lignee 527/NK1272//JLB 70-63
G5	Dasht//EBC(a)/Badia/3/Sahra
G6	Comino/5/Lignee 527/Chn-01//Gustoe/4/Rhn-08/3/Deir Alla 106//Dl71/Strain 205
G7	PUEBLA/CARDO//TOCTE/5/KAROON/KAVIR/4/Rhodes'S'//Tb/Chzo/3/Gloria'S'
G8	Karoon/Kavir 2* /6/(Sadik-10=(3896/1-3/4/1246/1-3/3/3887/28//3892/1-3/5/Grivita))
G9	L.131/CERBEL//ALGER-CERES/3/(Gloria"S"/Copal"S")/4/Sahra/5/ Lignee 527/NK1272//JLB 70-63/3/D-10(Rhn-03//L.527/NK1272)
G10	LB.Iran/Una 8271//Gloria"S"/Come"s"-11M/3/Kavir/6/BLS-3(Sadik-10=(3896/1-3/4/1246/1-3/3/3887/28//3892/1-3/5/Grivita))
G11	Nosrat/3/D-10(Rhn-03//L.527/NK1272)
G12	Zarza'S'/Agave'S'//Cardo/3/79W40762/Puebleda/4/ Lignee 527/NK1272//JLB 70-63
G13	CM67/IPA265//Gustoe/IPA7/3/D-10(Rhn-03//L.527/NK1272)
G14	L.131/CERBEL//ALGER-CERES/3/(Gloria"S"/Copal"S")/4/Rhn-03 /5/ Deir Alla 106//Hem/Bc/3/Rihane"S"/4/Lignee 527/NK1272//JLB 70-63
G15	Karoon/Kavir 2* /6/(Sadik-10=(3896/1-3/4/1246/1-3/3/3887/28//3892/1-3/5/Grivita))
G16	Karoon/Kavir/6/(Sadik-10=(3896/1-3/4/1246/1-3/3/3887/28//3892/1-3/5/Grivita))/7/Rihane//Aths/Bc/4/L.131/CERBEL//ALGER-CERES/3/(Gloria"S"/Copal"S")
G17	L.131/CERBEL//ALGER-CERES/3/(Gloria"S"/Copal"S")/4/Sahra/5/ Lignee 527/NK1272//JLB 70-63/3/D-10(Rhn-03//L.527/NK1272)
G18	Karoon/Kavir 2* /3/(Gloria'S'/Copal'S'//As46/Aths)
G19	26216/4/Arar/3/Mari/Aths*2/M-Att-73-337-1/5/Barjouj
G20	Kavir/Badia//1-BC-80073

جدول ۲- اطلاعات اقلیمی مکان‌های اجرای آزمایش

Table 2. Climatic information of experinet locations

Location	مکان	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	ارتفاع Altitude (m)	میانگین دما Average temperature (°C)	میانگین بارندگی Average rainfall (mm)
Karaj	کرج	35° 49´ E	50° 58´ N	1300	14.2	256
Neishabour	نیشابور	36° 22´ E	58° 82´ N	1250	13.9	247.4
Varamin	ورامین	35° 32´ E	51° 65´ N	918	16.9	156
Isfahan	اصفهان	32° 39´ E	51° 40´ N	1765	15.9	140
Birjand	بیرجند	32° 88´ E	59° 22´ N	1491	16.7	129
Mashhad	مشهد	36° 21´ E	59° 62´ N	1100	14.7	230
Zarghan	زرقان	29° 46´ E	52° 44´ N	1590	18	150
Yazd	یزد	31° 54´ E	54° 16´ N	1215	18.9	55

ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌های جو با استفاده از روش چند متغیره GGE بای‌پلات انجام شد. مدل استفاده شده در GGE بای‌پلات به صورت رابطه ۱ است:

$Yij - \mu - \beta j = gi1e1j + gi2e2j + \varepsilon ij$ (رابطه ۱)

g_{i1} و e_{1j}: نمره‌های اولیه برای ژنوتیپ i و محیط j، gi_2 و e_{2j}: نمره‌های ثانویه برای ژنوتیپ i و محیط j و ε_{ij}: باقیمانده‌ای است که به‌وسیله اثرات اولیه و ثانویه توضیح داده نمی‌شود. یک بای‌پلات GGE با رسم g_{i1} در مقابل g_{i2} و e_{1j} در مقابل e_{2j} در یک نمودار پراکنش رسم می‌شود. نمره‌های اولیه از طریق تجزیه مقدار منفرد (Singular Value Decomposition; SVD) به صورت رابطه ۲ تبدیل می‌شوند:

$Yij - \mu - \beta j = \lambda 1 \xi i1 \eta 1j + \lambda 2 \xi i2 \eta 2j + \varepsilon ij$ (رابطه ۲)

$\lambda 1$ و $\lambda 2$: به‌ترتیب مقادیر منفرد اولین و دومین مؤلفه

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.5.6]

اصلی (PC2 و PC1)، ξi1 و ξi2: به‌ترتیب بردارهای ویژه ژنوتیپ iام برای PC1 و PC2 و η1j و η2j : به‌ترتیب بردارهای ویژه محیط jام برای PC1 و PC2 می‌باشند (Yan *et a1*., 2000; Yan, 2001). جهت رسم نمودارهای GGE بای‌پلات و تجزیه واریانس مرکب داده‌ها از نرم‌افزارهای ADEL-R (Pacheco *et al*., 2017) و GE-R (Pacheco *et al*., 2015) استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر اصلی سال و ژنوتیپ و برهمکنش سال و مکان، ژنوتیپ و مکان و ژنوتیپ و مکان و سال از نظر آماری معنی‌دار بودند. تفکیک سهم اثرات مختلف در جدول تجزیه واریانس نشان داد که حدود ۶۱/۴۲ درصد از کل تغییرات مربوط به اثر محیط، ۲/۷۳ درصد مربوط به اثر ژنوتیپ و ۱۷/۹۸ درصد مربوط به برهمکنش ژنوتیپ و محیط بود. نتایج مشابهی نیز توسط سایر محققان گزارش شده است (Yan *et al*., 2000; Fan *et al*., 2007; Moayyedi *et al*., 2020). کم بودن اثر ژنوتیپ در تفسیر واریانس موجود ممکن است به دلیل گزینش‌های متوالی در طول برنامه به‌نژادی و افزایش خلوص ژنتیکی باشد، بنابراین با افزایش خلوص ژنتیکی، نقش محیط در ایجاد تنوع به شدت افزایش می‌یابد. مرتضویان و همکاران (Mortazavian *et al*., 2014) در ارزیابی عملکرد و پایداری عملکرد لاین‌های امیدبخش جو در اقلیم معتدل کشور گزارش کردند که سهم محیط، برهمکنش ژنوتیپ و محیط و ژنوتیپ در توجیه میانگین مربعات کل به ترتیب ۶۰/۳۸، ۳۵/۰۹ و ۴/۵۲ درصد بود. میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های جو در مجموع تمام مکان‌های مورد بررسی، در دامنه‌ای بین ۵۲۰۸ تا ۵۸۷۰ کیلوگرم در هکتار قرار داشت. میانگین کل عملکرد دانه برای مکان‌های اجرای آزمایش ۵۴۹۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳).

جدول ۳- میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های جو در هشت مکان اجرای آزمایش (۹۷-۱۳۹۵)

Table 3. Mean of grain yield of barley genotypes in eight locations of experiment (2016-2018)

ژنوتیپ‌های جو Barley genotypes	کرج Karaj	نیشابور Neishabour	ورامین Varamin	اصفهان Isfahan	بیرجند Birjand	مشهد Mashhad	زرقان Zarghan	یزد Yazd	میانگین Mean
	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})								
G1 (check)	7359	5557	6288	6373	4061	5054	5639	3240	5446
G2	6267	6029	4828	6499	5342	6043	5381	4533	5615
G3	6699	5496	5815	5926	5469	7435	5692	4328	5857
G4	7151	4751	7124	6701	4631	6469	5475	3968	5784
G5	7214	5346	6353	6146	4719	5897	5886	4298	5732
G6	5717	4815	6050	5733	4583	6032	5694	4218	5355
G7	7998	5418	6635	5975	4217	6536	6417	3569	5846
G8	6916	4992	5256	5678	4306	5958	5153	3670	5241
G9	5946	4742	7222	5386	3497	5587	5767	3859	5251
G10	5644	4558	6000	6198	4047	5544	5561	4107	5208
G11	6154	5128	6821	6102	4644	5805	5003	4760	5552
G12	5233	4608	5904	5860	5089	6126	5253	3722	5224
G13	7151	4874	5861	5754	4653	6448	5556	3618	5489
G14	6295	4453	5374	6170	4086	5279	5897	4108	5208
G15	5893	5560	6172	5749	4256	5631	6036	4554	5481
G16	6832	4863	7422	5069	4494	5783	6567	5020	5756
G17	6267	4682	7053	6000	3969	6372	5372	3634	5418
G18	5774	5079	5363	6551	4336	5658	5103	4130	5249
G19	5861	4544	6264	6247	4247	4837	5650	4078	5216
G20	6942	5731	5964	6318	5014	6046	6181	4762	5870
Mean	6465	5061	6188	6022	4483	5927	5664	4109	5490
LSD 5%	1585	1047	1482	1107	868	891	1176	1392	1198
LSD 1%	2167	1431	2026	1513	1186	1217	1607	1902	1624

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-20]

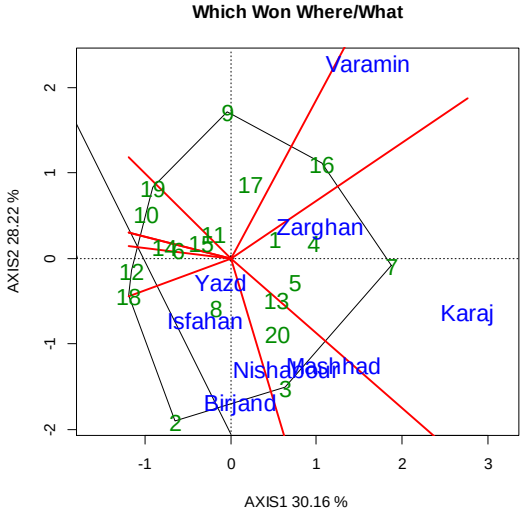
[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.5.6]

در آزمایشات چند محیطی، بهترین روش برای مشاهده الگوهای برهمکنش بین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها جهت تفسیر موثر بای‌پلات و مطالعه وجود احتمالی گروه‌های محیطی در یک منطقه، نمایش چند ضلعی برهمکنش ژنوتیپ و محیط است (Yan *et al.*, 2000). بر اساس نتایج حاصل از روش GGE بای‌پلات، سهم مؤلفه اصلی اول از تغییرات کل ۳۰/۱۶ و سهم مولفه اصلی دوم ۲۸/۲۲ درصد و این دو مولفه در مجموع حدود ۵۸/۳۸ درصد از کل تنوع موجود را توجیه کردند (شکل ۱). طاهری‌پور فرد و همکاران (Taheripourfard *et al.*, 2017) در ارزیابی پایداری عملکرد بیست ژنوتیپ جو در دوازده محیط گزارش کردند که دو مولفه اول حاصل از تجزیه GGE بای‌پلات ۴۶ درصد تغییرات را توجیه کرد، در حالی‌که در بررسی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های جو در ۹ محیط توسط هودزنکو و همکاران (Hudzenko *et al.*, 2019)، دو مولفه اول حاصل از GGE بای پلات حدود ۷۰/۲۹ درصد تغییرات را توجیه کردند. اگر بیشتر تنوع موجود توسط مجموع مؤلفه‌های اصلی اول و دوم قابل توجیه نباشد، نشان دهنده ماهیت پیچیده برهمکنش ژنوتیپ و محیط بوده، اما این به مفهوم بی‌اعتبار بودن بای پلات نیست (Yan and Tinker, 2005). نمایش گرافیکی برهمکنش ژنوتیپ و محیط ۱۹ لاین امیدبخش جو به همراه رقم به‌رخ در ۸ مکان آزمایش در شکل ۱ ارائه شده است. در این شکل ژنوتیپ‌هایی که بیشترین فاصله را از مرکز بای پلات دارند، به‌وسیله تعدادی خطوط مستقیم به هم وصل شده و سایر ژنوتیپ‌ها در درون چند ضلعی قرار می‌گیرند. ژنوتیپ‌هایی که در رئوس چند ضلعی قرار دارند دارای بیشترین عکس‌العمل بوده و از لحاظ عملکرد دانه بهترین یا ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها در یک یا چند محیط محسوب می‌شوند، زیرا بیشترین فاصله را از مرکز بای پلات دارند (Yan and Kang, 2003). از مرکز بای‌پلات، بر هر ضلع چند ضلعی یک خط عمود رسم می‌شود که بای‌پلات را به چندین بخش تقسیم می‌کند و بدین ترتیب محیط‌ها در بخش‌های یکسان و یا متفاوتی واقع می‌شوند. بررسی نمودار چند ضلعی به‌منظور تعیین لاین‌های برتر در محیط‌های مختلف و مشخص نمودن محیط‌های بزرگ (شکل ۱) نشان داد که لاین‌های G9، G16، G7، G3، G2، G18 و G19 در رئوس چند ضلعی قرار داشتند. براساس شکل ۱ محیط‌ها به چهار و ژنوتیپ‌ها به هشت گروه تقسیم شدند. اولین گروه محیطی شامل محیط ورامین با ژنوتیپ برتر G16 بود. دومین گروه محیطی شامل کرج و زرقان با ژنوتیپ برتر G7 بود. سومین گروه محیطی دربرگیرنده ایستگاه‌های مشهد و نیشابور در استان خراسان رضوی بود که G3 ژنوتیپ برتر در این گروه بود. گروه محیطی چهارم شامل اصفهان، یزد و بیرجند بود، به‌طوری‌که در این گروه ژنوتیپ G2 برترین ژنوتیپ بود. ژنوتیپ‌های موجود در هر گروه محیطی شباهت زیادی به یکدیگر داشتند. به عنوان مثال ژنوتیپ‌های G1، G4، G5 و G13 در محیط کرج و زرقان از نظر عملکرد و سازگاری مشابه ژنوتیپ برتر G7 بودند. ژنوتیپ G8 در گروه محیط بزرگ چهارم (بیرجند، یزد و اصفهان) از سازگاری خوبی به این محیط برخوردار بود، هرچند که به اندازه ژنوتیپ G2 برتر نبود. تفاوت عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف، نشان‌دهنده برهمکنش کراس‌اوری است که در آن رتبه ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف، متفاوت می‌باشد (Yan and Tinker, 2005). قرارگرفتن برخی از محیط‌ها در گروه‌های مشابه نشان‌می‌دهد که رتبه ژنوتیپ‌ها در محیط‌های یک گروه خاص تغییرات زیادی نداشتند که این موضوع نشان دهنده برهمکنش غیرکراس‌اوری است. این موضوع نشان می‌دهد که هر دو نوع برهمکنش کراس‌اوری و غیرکراس‌اوری برای عملکرد دانه در آزمایشات چند محیطی جو در محیط‌های مورد بررسی وجود داشت (Fan *et al.*, 2007). هرچند لاین‌های G9 و G19 در

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.5.6]

راس چند ضلعی قرار داشتند، اما هیچ مکانی در اطراف آن‌ها وجود نداشت و این موضوع نشان می‌دهد که این لاین‌ها در اکثر مناطق مورد بررسی عملکرد ضعیفی داشتند. ژنوتیپ G11 که در نزدیکی مرکز بای‌پلات قرار داشت، از عملکرد متوسطی در همه محیط‌ها برخوردار بود. مرتضویان و همکاران (Mortazavian *et al.*, 2014)، بیست و دو لاین امیدبخش جو را در هفت ایستگاه منطقه معتدل کشور ارزیابی کردند. نتایج آزمایش آن‌ها، سه ابر محیط را شناسایی کرد. طاهری‌پور فرد و همکاران (Taheripourfard *et al.* 2017)، بیست لاین امیدبخش جو را در شش منطقه معتدل و گرم کشور به مدت دو سال با استفاده از روش GGE بای‌پلات ارزیابی کردند. ۱۲ محیط در سه ابر محیط قرار گرفتند و در هر ابرمحیط یک ژنوتیپ دارای برتری بود.



شکل ۱- چند ضلعی GGE بای پلات برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر جو در هشت مکان (محیط)

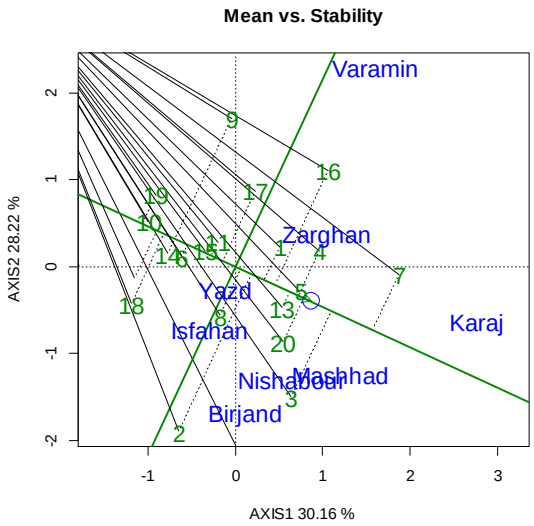
Fig. 1. Polygon of GGE biplot to identify the superior barley genotypes in eight locations (environments)

جهت بررسی هم‌زمان سازگاری و عملکرد لاین‌های جو از نمودار مختصات محیط متوسط (Average environment coordination; AEC) استفاده شد (شکل ۲). استفاده از نمودار مختصات محیط متوسط در روش GGE بای‌پلات از روش‌های مفید و موثر تجزیه پایداری به شمار می‌رود و اطلاعات مفیدی از نحوه تظاهر ژنوتیپ‌های مورد بررسی ارائه می‌دهد (Samonte *et al.*, 2005). این نمودار، بای‌پلات میانگین در مقابل پایداری نیز نامیده می‌شود. محور افقی که دارای دایره و پیکان می‌باشد، نشان‌دهنده پایداری است و ژنوتیپ‌های نزدیک به این محور پایدارتر هستند (Yan *et al.*, 2000). محور عمودی میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد. رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد دانه و میزان سازگاری آن‌ها در هشت مکان، در شکل ۲ نشان داده شده است. بر این اساس ژنوتیپ G7 ژنوتیپ برتر (از نظر عملکرد و پایداری) بود و ژنوتیپ‌های G4، G5، G13 و G20 نیز از عملکرد و پایداری عملکرد مناسبی برخوردار بودند. براساس بای‌پلات مذکور و با توجه به این که محور عمودی نشان دهنده میانگین عملکرد هر ژنوتیپ است، ژنوتیپ‌هایی که در سمت راست این محور قرار دارند از نظر عملکرد برتر از میانگین و ژنوتیپ‌هایی که در سمت چپ این

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.5.6]

خط قرار دارند، عملکرد کمتری از میانگین کل دارند. بنابراین ژنوتیپ‌های G3، G16 و G2 دارای عملکرد بالاتر از میانگین و پایداری عملکرد پایین بودند و ژنوتیپ‌های G13، G1 و G8 دارای عملکرد بالاتر از متوسط و نسبتا سازگار و ژنوتیپ‌های G6، G11، G15، G14، G10 و G19 دارای عملکرد کمتر از متوسط، ولی سازگاری و پایداری عملکرد بیشتر بودند. ژنوتیپ G8 دارای عملکرد متوسط و نسبتا پایدار بود.



شکل ۲- بای پلات مختصات محیط متوسط (AEC) برای گزینش همزمان عملکرد دانه و پایداری در ژنوتیپ‌های جو

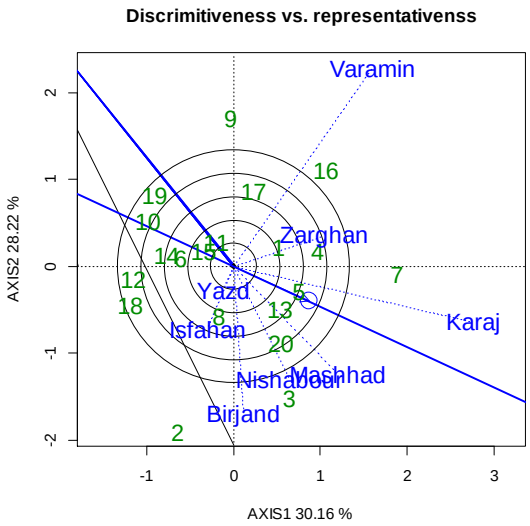
Fig. 2. Biplot of the average-environment coordination (AEC) for simultaneous selection of grain yield and stability of barley genotypes

در شکل ۳ نشان داده شده است که بین محیط‌های کرج، مشهد و نیشابور و نیز بین محیط‌های یزد و اصفهان تشابه زیادی وجود داشت. زاویه بین این دو گروه محیطی بیشتر از ۹۰ درجه بود که نشان دهنده رفتار متفاوت این محیط‌ها در رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها است. حداکثر زاویه بین محیط‌ها، مربوط به محیط‌های یزد و اصفهان با محیط ورامین بود که حدود ۱۸۰ درجه بود و حاکی از عکس‌العمل کاملا متفاوت ژنوتیپ‌ها در این گروه‌های محیطی است. هرچند که آزمایش‌های چند محیطی برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، ولی می‌توان آن‌ها را جهت ارزیابی محیط‌ها نیز به کار برد. یک محیط ایده‌آل باید به وضوح تفاوت بین ژنوتیپ‌ها را نشان دهد و همزمان نماینده خوبی از محیط هدف نیز باشد. محیط‌های مطلوب از نظر مفهومی دارای دو خصوصیت عمده هستند: ۱- توانایی بالا در جداسازی و تمایز بین ژنوتیپ‌ها و ۲- نماینده بودن برای سایر محیط‌های مورد آزمون (Yan and Kang, 2003; Yan and Tinker, 2006). این مفهوم از محیط‌های مطلوب برای گیاهان مختلف از جمله ذرت (Fan *et al.*, 2007)، پنبه (Blanche and Myers, 2006; Dimitrios *et al.*, 2008) و گندم دوروم (Mohammadi *et al.*, 2010a) مورد استفاده قرار گرفته است. توانایی جداسازی و تمایز یک محیط، قادر بودن محیط جهت نمایش حداکثر تنوع بین ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد، اما توانایی نماینده بودن یک محیط نشان می‌دهد که یک محیط نماینده شرایط سایر محیط‌ها در آزمایش مورد نظر است (Blanche and Myers, 2006; Yan and Tinker, 2006).

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.5.6]

بنابراین یک محیط مطلوب باید تلفیقی از دو ویژگی مذکور را برای توسعه مواد ژنتیکی سازگار داشته باشد. این ویژگی‌ها در مدل GGE بای‌پلات تحت عنوان "توانایی جداسازی محیط‌ها در مقابل نماینده بودن آن‌ها" بیان شده است (Yan and Kang, 2003; Yan and Tinker, 2006). در شکل ۳ دایره کوچک نشان داده شده روی محور افقی پیکان‌دار، محلی است که باید محیط ایده‌آل قرار گیرد. این نقطه به‌عنوان محیط مطلوب مجازی در نظر گرفته می‌شود. بنابراین هر چه طول بردار محیطی بیشتر و فاصله آن به محور افقی کمتر باشد، محیط مورد نظر به محیط مطلوب نزدیک‌تر است (Yan, 2001). طول بردار محیطی بزرگ‌تر نشان می‌دهد که توانایی آن محیط در جداسازی ژنوتیپ‌ها از یکدیگر زیاد است. از لحاظ میزان نماینده بودن، محیط‌هایی که دارای کوچک‌ترین زاویه با محور افقی پیکان‌دار هستند، نماینده بهتری برای سایر محیط‌ها هستند. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، محیط کرج و بعد از آن محیط‌های مشهد و نیشابور دارای کمترین زاویه با محور افقی پیکان‌دار هستند. بنابراین محیط‌های مذکور از لحاظ نماینده بودن سایر محیط‌ها برای ژنوتیپ‌های جو، بیشترین قابلیت را داشتند. اما طول بردار محیطی کوچک‌تر نشان می‌دهد که آن محیط، از توانایی کمتری در جداسازی و تمایز بین ژنوتیپ‌ها برخوردار است، بنابراین از بین سه محیط کرج، مشهد و نیشابور، دو محیط مشهد و نیشابور در مقایسه با محیط کرج توانایی کمتری در جداسازی و ایجاد تنوع بین ژنوتیپ‌ها را داشتند و محیط کرج از بیشترین قابلیت در جداسازی و شناسایی تفاوت بین ژنوتیپ‌های جو برخوردار بود. بنابراین بر مبنای اصول فوق، محیط کرج را می‌توان نزدیک‌ترین محیط، به محیط مطلوب در نظر گرفت. در این میان محیط‌های ورامین، یزد و اصفهان از نظر توانایی نماینده بودن در رتبه آخر قرار گرفتند، ولی محیط ورامین از نظر توانایی در جداسازی و ایجاد تنوع بین ژنوتیپ‌ها در حد مطلوب بود. محیط‌های یزد و اصفهان از نظر تفکیک ژنوتیپ‌ها پایین‌ترین رتبه را دارا بودند. به‌طور کلی هرچند این هشت مکان در تقسیم‌بندی‌های اقلیمی بخش تحقیقات غلات جزء



شکل ۳- روابط بین مکان‌ها (محیط‌ها) و مقایسه آنها از نظر "قابلیت تفکیک بین ژنوتیپ‌ها در مقابل نماینده بودن" آن‌ها

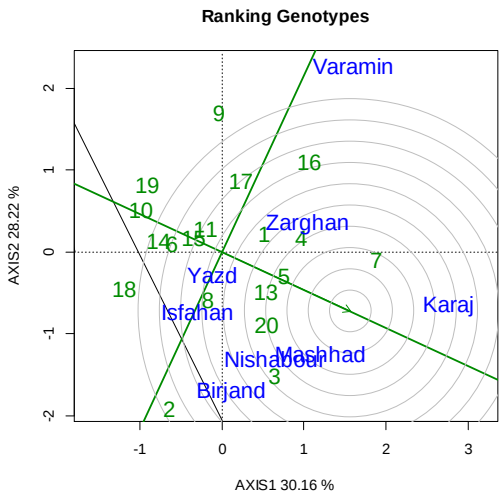
Fig. 3. Relationship among locations (environments) and comparison of them in terms of “discriminative vs. representative of testers”

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.5.6]

مناطق معتدل کشور محسوب می‌شوند، ولی سه ایستگاه کرج، مشهد و نیشابور دارای اقلیم معتدل سرد با بارندگی بیشتر و دو ایستگاه اصفهان و یزد دارای اقلیم معتدل گرم و بارندگی کم هستند. برای تصمیم گیری در مورد این‌که آیا یک مکان آزمایشی می‌تواند برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها مورد استفاده قرار گیرد، نمایندگی مکان مورد نظر یک عامل کلیدی محسوب می‌شود. البته با فرض این‌که از توانایی جداسازی و تمایز کافی بین ژنوتیپ‌ها نیز بهره‌مند باشد (Yan *et al.*, 2007). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2012) پایداری عملکرد دانه ۱۸ ژنوتیپ جو در مقایسه با دو رقم شاهد را در هفت ایستگاه اقلیم سرد شامل اراک، اردبیل، همدان، جلگه رخ،کرج، میاندوآب، مشهد به مدت دو سال زراعی مورد بررسی قرار دادند. براساس نمودار محیط‌های ایده‌آل فرضی، محیط‌های مشهد، میاندوآب و کرج به این محیط نزدیک‌تر بودند.

یک ژنوتیپ مطلوب باید دارای بیشترین میانگین عملکرد دانه در محیط‌های مورد ارزیابی و عملکرد پایدار نسبت به شرایط محیطی باشد (Yan, 2002). چنین ژنوتیپی به‌عنوان ژنوتیپی که دارای بیشترین طول روی بردار میانگین ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا و دارای حداقل نقش در پدیده برهمکنش ژنوتیپ و محیط باشد، تعریف شده است. ژنوتیپ مطلوب از نظر مکانی در مرکز دوایر متحدالمرکز بای‌پلات قرار دارد (Yan, 2001). فاصله لاین‌ها از ژنوتیپ مطلوب، میزان مطلوبیت آن‌ها را مشخص می‌کند. نتایج نشان داد که ژنوتیپ G7 نزدیک به ژنوتیپ مطلوب بوده و در مرحله بعد نزدیک‌ترین ژنوتیپ‌ها به آن، لاین‌های G5، G13، G20، و G4 بودند. از طرف دیگر ژنوتیپ‌های G9، G19، G10، G12 و G18 به عنوان نامطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (شکل ۴). کندال و همکاران (Kendal *et al.*, 2019) ۱۲ لاین امیدبخش جو را در هفت منطقه طی دو سال زراعی با استفاده از روش GGE بای‌پلات مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها با استفاده از بای‌پلات رتبه ژنوتیپ‌ها بر اساس ژنوتیپ مطلوب، ژنوتیپ G4 را به عنوان ژنوتیپ مطلوب انتخاب کردند که در مرکز دوایر متحدالمرکز قرار داشت و شش ژنوتیپ دیگر که در خارج از مرکز دوایر متحدالمرکز ولی در سمت راست محور عمودی و نزدیک به ژنوتیپ مطلوب بودند، به عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب شناسایی شدند.



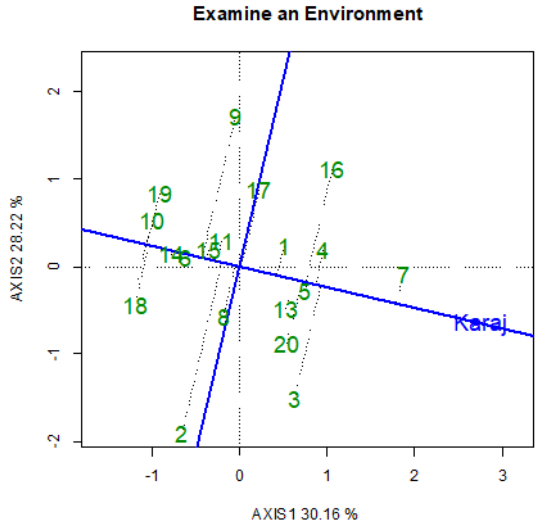
شکل ۴ - بای پلات مقایسه ژنوتیپ‌های جو با ژنوتیپ مطلوب بر مبنای عملکرد و پایداری عملکرد دانه

Fig. 4. Biplot of barley genotypes in comparison with ideal genotype based on grain yield and stability

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.5.6]

با توجه به نقش راهبردی ایستگاه کرج در آزمایشات به‌نژادی جو، تظاهر ژنوتیپ‌ها در این محیط مورد بررسی قرار گرفت. ژنوتیپ‌هایی که در سمت راست پیکان مربوط به کرج قرار دارند، به عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین ژنوتیپ‌های G7، G4، G5، G13، G20 و G1 را می‌توان به عنوان ژنوتیپ مطلوب در محیط کرج در نظر گرفت. خط عمود بر خط پیکان دار، ژنوتیپ‌ها را بر اساس میانگین کل به دو گروه بالاتر از میانگین و پایین‌تر از میانگین تقسیم می‌کند. ژنوتیپ‌های G16 و G3 طی دو سال آزمایش در محیط کرج، دارای عملکرد ناپایدار بودند (شکل ۵).



شکل ۵- بای‌پلات مقایسه ژنوتیپ‌های جو در محیط کرج

Fig. 5. Biplot for comparison of barley genotypes in Karaj environment

نتیجه‌گیری

موضوع پایداری شامل دو بخش پایداری پویا (زراعی) و پایداری ایستا (آماری) است (Pourdad and Jamshid Moghaddam, 2013). روش GGE بای‌پلات بر مبنای سازگاری و پایداری زراعی استوار بوده و لذا ژنوتیپ‌هایی که از این طریق گزینش می‌شوند، علاوه بر پایداری و سازگاری، دارای عملکرد بالایی نیز می‌باشند. بدین ترتیب روش گرافیکی GGE بای‌پلات، روش مناسبی برای گزینش همزمان عملکرد و پایداری در ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی می‌باشد. بر اساس نتایج این پژوهش، مکان‌ها (محیط‌های) اجرای آزمایش به چهار و ژنوتیپ‌ها به هشت گروه تقسیم شدند. اولین گروه محیطی شامل محیط ورامین با ژنوتیپ برتر G16 بود. دومین گروه محیطی شامل کرج و زرقان با ژنوتیپ برتر G7 بود. سومین گروه محیطی دربرگیرنده ایستگاه‌های مشهد و نیشابور در استان خراسان رضوی بود که G3 ژنوتیپ برتر در این گروه بود. گروه محیطی چهارم شامل اصفهان، یزد و بیرجند بود، به‌طوری‌که در این گروه ژنوتیپ G2 برترین ژنوتیپ بود. بین محیط‌های کرج، مشهد و نیشابور و نیز بین محیط‌های یزد و اصفهان تشابه زیادی وجود داشت. زاویه بین این دو گروه محیطی بیشتر از ۹۰ درجه بود که نشان دهنده رفتار متفاوت این دو گروه محیطی در رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بود. در میان محیط‌های مورد بررسی، ایستگاه کرج به شرایط محیط مطلوب نزدیک بود. نتایج نشان داد که ژنوتیپ G7 به عنوان ژنوتیپ مطلوب بوده و

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.5.6]

نزدیک‌ترین ژنوتیپ‌ها به آن، ژنوتیپ‌های G5، G13، G20 و G4 بودند. در مجموع لاین‌های امیدبخش جو مذکور نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از برآیند عملکرد بالا، پایداری و سازگاری عمومی خوبی در محیط‌های مورد بررسی برخوردار بودند. از بین این ژنوتیپ‌ها می‌توان لاین یا لاین‌های امیدبخشی را که پس از بررسی در آزمایشات تحقیقی ترویجی در مزارع کشاورزان مناطق معتدل کشور عملکرد بالا و خصوصیات مطلوب خود را در مقایسه با ارقام شاهد حفظ کنند، به عنوان کاندید برای نام‌گذاری و معرفی گزینش نمود.

سپاسگزاری

این مقاله از پروژه تحقیقاتی با عنوان "بررسی سازگاری و پایداری عملکرد لاین‌های امیدبخش جو در شرایط بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل در آزمایش مقایسه عملکرد یکنواخت منطقه معتدل" با شماره ۹۵۰۳۸۱-۰۷۳-۰۳-۰۳-۰ مصوب موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر استخراج شده است. بدینوسیله از همکاری و مساعدت مسئولین محترم موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و مراکز تحقیقاتی همکار تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده **References**

Ahmadi, K., H.R. Ebadzadeh, F. Hatami, H. Abdshah and A. Kazemian. 2018. Agricultural statistics. Ministry of Agriculture-Jahad. Vol. 1. 95. (In Persian).

Ahmadi, J., A. Mohammadi and T. Najafi Mirak. 2012. Targeting promising bread wheat *(Triticum aestivum L.)* lines for cold climate growing environments using AMMI and SREG GGE biplot analyses. J. Agric. Sci. Technol. 14: 645-657.

Allard, R.W. and A.D. Bradshaw. 1964. Implication of genotype–environmental interaction in applied plant breeding. Crop Sci. 5: 503–506.

Becker, H.C. and J. Leon. 1988. Stability analysis in plant breeding. Plant Breed. 101: 1–23.

Blanche, S.B. and G.O. Myers. 2006. Identifying discriminating locations for cultivar selection in Louisiana. Crop Sci. 46: 946–949.

Cornelius, P.I. 1993. Statistical tests and retention of terms in the additive main effects and multiplicative interaction model for cultivar trials. Crop Sci. 33: 1186-1193.

Dimitrios, B., G. Christos, R. Jesus and B. Eva. 2008. Separation of cotton cultivar testing sites based on representativeness and discriminating ability using GGE Biplots. Agron. J. 100: 1230–1236.

Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6: 36-40.

Fan, X.M., M.S. Kang, H. Chen, Y. Zhang, J. Tan and C. Xu. 2007. Yield stability of maize hybrids evaluated in multi-environment trials in Yunnan, China. Agron. J. 99: 220–228.

Farshadfar, E., M. Rashidi., M.M. Jokar and H. Zali. 2013. GGE biplot analysis of genotype × environment interaction in chickpea genotypes. Europ. J. Exp. Biol. 3(1): 417-423.

Finlay, K.W. and G.N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding program. Aust J. Agric. Res. 14: 742-754.

Gabriel, K.R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.5.6]

Biometrika. 58: 453–467.

Gauch, H.G. and R.W. Zobel. 1996. AMMI analysis of yield trials. *In:* Kang, M.S. and H.G. Jr. Gauch (Eds), Genotype- by- environment interaction. 85-122. CRC Press, Boca Raton, Florida. USA.

Hudzenko, V., O. Demydov, H. Voloshchuk, H. Sardak and V. Ishchenko. 2019. Genotype by environment interaction and yield stability of barley breeding lines in multi-environment trials. Agric. Forestry. 65(1): 201-210.

Huhn, M. 1996. Nonparametric analysis of genotype × environment interaction by ranks. *In:* Kang, M.S. and H.G. Jr. Gauch (Eds), Genotype- by- environment interaction. 235-271. CRC Press, Boca Raton. Florida. USA.

Kang, M.S. 1993. Simultaneous selection for yield and stability in crop performance genotype × environment interaction 239 trials: consequences for growers. Agron. J. 85: 754-757.

Kendal, E., M. Karaman, S. Tekdal and S. Dogan. 2019. Analysis of promising barley (*Hordeum vulgare* L.) lines performance by AMMI and GGE biplot in multiple traits and environment. Appl. Ecol. Environ. Res. 17(2): 5219-5233.

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

Moayyedi, A., T. Najafi Mirak, M. Taherian, S. Sasani and D. Amin Azarm. 2020. Evaluation of grain yield stability of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) promising lines in moderate regions of Iran. J. Agroecol. 12(2): 345-358. (in Persian with English abstract).

Mohammadi, M., T. Hosseinpour, M. Armion, H. Khanzadeh and H. Ghojogh. 2016b. Analysis of genotype, environment and genotype × environment interaction in bread wheat genotypes using GGE biplot. Agric. Commun. 4(3): 1-8.

Mohammadi, R., M. Armion, B. Sadeghzadeh, S. Golkari, Gh. Khalilzadeh, H. Ahmadi, Gh. Abedi-Asl and M. Eskandari. 2016a. Assessment of grain yield stability and adaptability of rainfed durum wheat breeding lines. Appl. Field Crops Res. 29 (4): 25-42. (In Persian with English abstract).

Mortazavian, S.M.M., H.R. Nikkhah, F.A. Hassani, M. Sharif-al-Hosseini, M. Taheri and M. Mahlooji. 2014. GGE Biplot and AMMI analysis of yield performance of barley genotypes across different environments in Iran. J. Agric. Sci. Technol.16: 609-622.

Omrani, S., A. Mohammad Naji and M. Esmaeilzadeh Moghaddam. 2017. Yield stability analysis of promising bread wheat lines in southern warm and dry agroclimatic zone of Iran using GGE biplot model. J. Crop Breed. 23(9): 157-165. (In Persian with English abstract).

Pacheco, A., F. Rodríguez, G. Alvarado and J. Burgueño. 2017. "ADEL-R. Analysis and design of experiments with R for Windows. Version 2.0", https://hdl.handle.net/11529/10857, CIMMYT Research

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.5.6]

Data & Software Repository Network, V3.

Pacheco, A., M. Vargas, G. Alvarado, F. Rodríguez, J. Crossa and J. Burgueño. 2015. "GEA-R (Genotype x Environment Analysis with R for Windows) Version 4.1", https://hdl.handle.net/11529/10203, CIMMYT Research Data & Software Repository Network, V16.

Pourdad, S.S. and M. Jamshid Moghaddam. 2013. Study on genotype × environment interaction through GGE biplot for seed yield in spring rapeseed (*Brassica napus* L.) in rain-fed condition. J. Crop Breed. 5(12): 1-14. (In Persian with English abstract).

Samonte, S.O.P.B., L.T. Wilson, A.M. McClung and J.C. Medley. 2005. Targeting cultivars onto rice growing environments using AMMI and SREG GGE biplot analysis. Crop Sci. 45: 2414–2424.

Taheripourfard, Z., A. Izadi- Darbandi, H. Ghazvini, M. Ebrahimi, S.M.M. Mortazavian and M. Abdipour. 2017. Identifying superior barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes using GGE-biplot across warm and moderate environments under irrigated conditions in Iran. Crop Breed. J. 7 (1 & 2): 23-35.

Vaezi, B., A. Pour-Aboughadareh, A. Mohammadi, M. Armion, A. Mehraban, T. HosseinPour and M. Dorii. 2017. GGE Biplot and AMMI analysis of barley yield performance in Iran. Cereal Res. Commun. 45(3): 500-511.

Yan, W. 2001. GGE biplot–A Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. Agron. J. 93: 1111–1118.

Yan, W. and M.S. Kang. 2003. GGE Biplot Analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL. USA.

Yan, W. and I. Rajcan. 2002. Biplot analysis of sites and trait relations of soybean in Ontario. Crop Sci. 42: 11-20.

Yan, W. and N.A. Tinker. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. Can. J. Plant Sci. 86: 623–645.

Yan, W., L.A. Hunt, Q. Sheng and Z. Szlavnics. 2000. Genotype evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. Crop Sci. 40: 597–605.

Zali, H., O. Sofalian, T. Hasanloo and A. Asghari. 2016. Evaluation of yield stability and drought tolerance based AMMI and GGE biplot analysis in *Brassica napus* L. Agric. Commun. 4(1): 1-8.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.5.6]

Graphical analysis of grain yield stability for selection of suprior barley (*Hordeum vulgare* L.) promising lines in temperate regions of Iran

Taherian, M.[1], H. R. Nikkhah[2], R. Aghnoum[3], M. Sharifi Alhoseini[4], M. Mahlooji[5], M. Taheri Mazandrani[6], S.A. Tabatabaei[7] and F. Hasani[8]

ABSTRACT

Taherian, M., H. R. Nikkhah, R. Aghnoum, M. Sharifi Alhoseini, M. Mahlooji, M. Taheri Mazandrani, S.A. Tabatabaei and F. Hassani. 2022. Graphical analysis of grain yield stability for selection of suprior barley (*Hordeum vulgare* L.) promising lines in temperate regions of Iran. **Iranian Journal of Crop Sciences. 24(1): 64-78. (In Persian).**

Quantifying genotype × environment interaction effect and yield stability under different environmental conditions is very important challenge in plant breeding programs. The aim of this study was to quantify genotype × environment interaction effect on grain yield and grain yield stability of barley promising lines in temperate regions of Iran. Nineteen promising barley lines (G1-G19) along with one check cultivar (Behrokh), were evaluated at eight agricultural research stations (Karaj, Varamin, Birjand, Neishabour, Mashhad, Zarghan, Isfahan and Yazd) in 2016-17 and 2017-18 cropping cycles. The experimental design at all locations was randomized complete block with three replications. Combined analysis of variance and grain yield stability and compatibility analysis performed using GGE biplot method. The results of GGE biplot showed that the first component and second component explained 30.16% and 28.22% (overall 58.38%) of the total variation, respectively. The average grain yield of barley promising lines in all field stations varied from 5208 to 5870 kg.ha^{-1}. In GGE biplot polygon, superior genotypes were identified in each mega environment. Among environments, Karaj could be considered as the closest environment to the ideal environment. Comparison of barley promising lines with ideal genotype identified G7 as the closest genotype to ideal genotype. Also the closest genotypes to G7 were G5, G13, G20 and G4. These barley promising lines had high grain yield, wide adaptation and grain yield stability in temperate regions of Iran. Among these genotypes, promising line(s) that maintained high grain yield and desirable agronomic characteristics compared to control cultivar can be selected as candidate line(s) for further verification in on-farm trials, and if proved superior for being released as commercial cultivars.

Key words: Adaptation, Barley, Ideal genotype and Genotype × environment interaction

Received: October, 2021 Accepted: April, 2022

1. Assistant Prof., Field and Horticultural Crops Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Resaerch and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran (Corresponding author) (Email: taherian.m@ut.ac.ir)
2. Assistant Prof., Field and Horticultural Crops Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Resaerch and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran
3. Associated Prof., Field and Horticultural Crops Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Resaerch and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran
4. Assistant Prof., Field and Horticultural Crops Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Resaerch and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran
5. Assistant Prof., Field and Horticultural Crops Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Resaerch and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran
6. Assistant Prof., Field and Horticultural Crops Research Department, Tehran Agricultural and Natural Resources Resaerch and Education Center, AREEO, Varamin, Iran
7. Associated Prof., Field and Horticultural Crops Research Department, Yazd Agricultural and Natural Resources Resaerch and Education Center, AREEO, Yazd, Iran
8. Assistant Prof., Field and Horticultural Crops Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Resaerch and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.5.6]