

مطالعه پارامترهای پایداری تک متغیره و چند متغیره ژنوتیپ‌های امید بخش جو در اقلیم سرد ایران

امید علی اکبرپور^۱، حمید دهقانی^{۲*} و بهزاد سرخی الله‌لو^۳
۱، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
۳، استادیار پژوهش موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج
(تاریخ دریافت: ۸۷/۱۱/۱۵ - تاریخ تصویب: ۸۹/۲/۲۹)

چکیده

به منظور بررسی پاسخ لاین‌های مختلف جو به شرایط متفاوت محیطی و تعیین پایداری عملکرد در آنها، بیست لاین امیدبخش جو در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در هشت ایستگاه تحقیقاتی سرد کشور به مدت دو سال (۱۳۸۷-۱۳۸۵) مورد مطالعه قرار گرفت. از پنج پارامتر پایداری مدل چند متغیره امی و پارامترهای پایداری شوکلا (σ_1^2) و بجای (I) برای معرفی ژنوتیپ‌های پایدار استفاده شد. از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای ترسیم بای‌پلات رتبه پارامترها و گروه‌بندی آنها استفاده گردید. با استفاده از این پارامترها سه ژنوتیپ پایداری عمومی مناسبی را به همه محیط‌ها نشان دادند. از طرفی ژنوتیپ دیگری به عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ شناخته شد. همبستگی بسیار بالایی بین رتبه پایداری پارامترها وجود داشت. همچنین با استفاده از نمایش بای‌پلات دو مؤلفه اول امی پایداری خصوصی ژنوتیپ‌ها مورد بررسی قرار گرفت. دو ژنوتیپ در ایستگاه‌های کرج و مشهد و ژنوتیپ دیگری در ایستگاه‌های جلگه‌رخ و اراک، سازگاری خصوصی بالایی را نشان دادند. در مجموع با استفاده از پارامترهای محاسبه شده یکی از ژنوتیپ‌ها به عنوان پایدارترین ژنوتیپ شناخته شد.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ×محیط، اقلیم سرد، پارامترهای پایداری، جو، مدل امی.

مقدمه

جو با نام علمی *Hordeum vulgare* L. از نظر اقتصادی یکی از غلات مهم می‌باشد که دارای مصارف انسانی، دامی و حتی درمانی می‌باشد. بر اساس آمار سازمان خواروبار جهانی^۱، سطح زیر کشت جو ایران، در سال زراعی ۱۳۸۶ بالغ بر ۱/۷ میلیون هکتار گزارش شده است. همچنین در سال ۲۰۰۷ میلادی میزان سطح زیر کشت جو در جهان حدود ۵۶/۶ میلیون هکتار و

میزان تولید جهانی آن حدود ۱۵۴/۱ میلیون تن بوده است. متوسط عملکرد جو آبی در کشور ۳۱۵۸ کیلوگرم در هکتار و متوسط عملکرد جو دیم ۱۰۴۳ کیلوگرم در هکتار گزارش گردیده است (FAO, 2007).

به‌نژادگران می‌توانند با بررسی سازگاری ژنوتیپ‌ها و با انتخاب ژنوتیپ‌هایی که عملکرد خوبی در درون مناطق جغرافیایی بزرگ یا ابر محیط‌ها^۲ دارند، بهره‌برداری کنند (Weber et al., 1996). محققین

2. Mega-Environment

1. Food and Agriculture Organization (FAO)

EV یا میانگین مربعات بردار مؤلفه‌ها برای هر ژنوتیپ و AMGE جمع مقادیر ویژه ژنوتیپ \times محیط تعداد مؤلفه‌های باقیمانده در مدل امی می‌باشد (Sneller et al., 1997). پارامترهای SIPC، EV و AMGE از مدل امی اشتقاق یافته‌اند و قابلیت تکرارپذیری بالایی در تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها دارند (Sneller et al., 1997). با استفاده از مدل امی یک پارامتر پایداری معتبری توسط Purchase (1997) برای پایداری ژنوتیپ‌ها ارائه شد، که آن را ارزش پایداری امی (ASV) می‌نامند و در آن از دو مؤلفه اول امی برای این روش استفاده می‌گردد. به طور کلی هر یک از این پارامترها جنبه‌های مختلفی مانند طول بردار مقدار واریانس اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط هر یک از ژنوتیپ‌ها را در تمامی محیط‌ها با استفاده از مؤلفه‌های باقیمانده در مدل امی را نشان می‌دهند.

از پارامتر D برای مقایسه روش امی و رگرسیون در تفسیر اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط استفاده شد (Annicchiarico, 1997)، که این پارامتر بیانگر فاصله اقلیدسی محور مؤلفه‌های اصلی باقیمانده در مدل از مرکز بود. با استفاده از این پارامتر که در تفسیر اثر متقابل ژنوتیپ‌های گندم، یولاف و ذرت در مکان به کار برده شد، برتری مدل امی به روش رگرسیون نشان داده شد (Annicchiarico, 1997).

ژنوتیپ‌های از گیاه زراعی جو توسط Fattahi & Yossefi (2006) مورد بررسی قرار گرفتند که با استفاده از آماره‌های مختلف تک متغیره و مدل امی ژنوتیپ‌های پایداری معرفی شدند. در مطالعه دیگر Mohammadinejad & Rezai (2005) از روش امی برای تفسیر اثر متقابل ۹ ژنوتیپ یولاف در شش محیط استفاده نمودند. با استفاده از روش امی و پارامترهای پایداری امی ژنوتیپ‌های مطلوبی از جو توسط Shahmohammadi et al. (2004) معرفی گردید. در یک تحقیق دیگری Dehghanpour et al. (2007) با استفاده از روش‌های مختلف آماری توانستند از بین هیبریدهای

مختلف از روش‌های متعددی برای تجزیه و تحلیل اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط برای انتخاب و معرفی ژنوتیپ‌های برتر استفاده نموده‌اند (Lin et al., 1986; Becker & Leon, 1988). استفاده از روش مبتنی بر رگرسیون (Finlay & Wilkinson, 1963; Eberhart & Russell, 1966) در زمره اولین روش‌های مورد استفاده است. سایر روش‌های آماری از جمله روش امی^۱ (Gauch & Zobel, 1996) یا مدل ضرب‌پذیر متغیر (Cornelius et al., 1996; Crossa et al., 1996) و مدل SREG^۳ یا GGE biplot (Yan, 2001) نیز زیاد مورد استفاده قرار گرفته‌اند. ضمن این که برای تعیین پایداری، معیارهای ناپارامتری Hühn (1996) که مبتنی بر تغییر رتبه ارقام می‌باشند و روش مجموع رتبه Kang (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 اثرات جمع‌پذیر ژنوتیپ، محیط و اثرات ضرب‌پذیر ژنوتیپ \times محیط را توجیه نموده و تفسیر خوبی از اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط 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 بر می‌گیرد استفاده شود بسته به اینکه از کدامین مؤلفه امی استفاده شود، مدل امی ۱ تا امی F نامیده می‌شود (Gauch & Zobel, 1996). مؤلفه‌های امی معیار معتبری برای بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها و ارتباط بین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها می‌باشند. اگر چندین مؤلفه از مؤلفه‌های اثر متقابل در مدل امی از لحاظ آماری معنی‌دار باشند، نشان‌دهنده وجود اثر متقابل پیچیده ژنوتیپ در محیط می‌باشد (Gauch & Zobel, 1996). از چندین پارامتر امی برای پایداری ژنوتیپ‌ها استفاده می‌شود. مجموع قدر مطلق مقادیر ویژه ژنوتیپی مؤلفه‌های باقیمانده در مدل یا SIPC^۴،

5. Averages of the Square Eigenvector Values
6. Sum Across Environments of the GEI Modeled by AMMI
7. AMMI Stability Value

1. AMMI (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction)
2. Shifted Multiplicative Model
3. Sites Regression Model
4. Sums of the Absolute Value of the IPC Scores

مقادیر باقیمانده (نویز)^۱ که در مدل باقی می‌ماند. از پارامترهای پایداری مختلف امی شامل SIPC، EV، AMGE، D و ASV در این تحقیق استفاده شد که رابطه هر یک از آنها عبارت بود از:

$$EV = \sum_{k=1}^N \frac{\alpha_{ik}^2}{N} \quad (\text{Sneller et al., 1997})$$

$$SIPC = \sum_{k=1}^N \left| \lambda_k^{0.5} \alpha_{ik} \right| \quad (\text{Sneller et al., 1997})$$

$$AMGE = \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^E \lambda_k \alpha_{ik} \gamma_{jk} \quad (\text{Sneller et al., 1997})$$

$$D = \left[\sum_{k=1}^N (\lambda_k \alpha_{in})^2 \right]^{0.5} \quad (\text{Annicchiarico, 1997})$$

$$ASV = \sqrt{\frac{SS_{IPCA1}}{SS_{IPSA2}} (GSIPCA1)^2 + (GSIPCA2)^2} \quad (\text{Purchase, 1997})$$

که λ_k ؛ مقدار منفرد برای مؤلفه n ام، α_{ik} ؛ مقادیر ویژه بردار ژنوتیپی مؤلفه n ام، γ_{jk} ؛ مقادیر ویژه محیطی مؤلفه n ام، GSIPCA1 و GSIPCA2 مقادیر ویژه ژنوتیپی مؤلفه اول و دوم می‌باشند. علاوه بر پارامترهای فوق‌الذکر از یک شاخص پایداری ارائه شده توسط Bajpai & Prabhakaran (2000) نیز استفاده شد.

$$I = \frac{\bar{Y}_i}{\bar{Y}} + \frac{\frac{1}{\sigma_i^2}}{\frac{1}{n} \sum \left[\frac{1}{\sigma_i^2} \right]} \quad (\text{Bajpai \& Prabhakaran, 2000})$$

که به ترتیب I شاخص پایداری، σ_i^2 واریانس پایداری Shukla (1972)، \bar{Y}_i میانگین ژنوتیپ n ام و \bar{Y} برابر با میانگین کل است. در این روش ژنوتیپ پایدارتر، دارای ارزش I بیشتری می‌باشد.

از نرم‌افزارهای MATMODEL3.0 (Gauch, 2007) برای تجزیه مدل امی و پارامترهای مربوط به آن و از SAS برای آنالیز واریانس اولیه، روش‌های تک متغیره Shukla (1972)، Bajpai & Prabhakaran (2000)، تعیین میزان همبستگی و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده گردید.

خارجی ذرت ارقام پایدار و زودرسی را معرفی نمایند. برای اهمیت دادن به وقت و هزینه‌های زیاد بررسی پایداری عملکرد، که مرحله نهایی یک برنامه به‌نژادی می‌باشد و توجه به این نکته که گیاه جو یکی از چهار غله مهم زراعی کشور می‌باشد، لزوم انجام این تحقیق بیش از پیش آشکارتر می‌شود، تا ضمن معرفی و تشخیص ژنوتیپ یا ژنوتیپ‌های پایدار، سازگارترین ژنوتیپ برای هر منطقه نیز معرفی گردد.

مواد و روش‌ها

پتانسیل عملکرد ۱۸ ژنوتیپ امیدبخش جو به همراه دو ژنوتیپ شاهد در قالب آزمایش با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در هشت منطقه سرد کشور مورد بررسی قرار گرفتند. ویژگی‌های اقلیمی مناطق کشت شده در جدول ۱ و شجره و مشخصات ژنوتیپ‌ها در جدول ۲ ارائه شده‌اند. آزمایشات در طی سال‌های زراعی متوالی ۱۳۸۷-۱۳۸۵ انجام گرفت. هر کرت با طول ۶ متر و عرض ۱/۲ متر و مساحت ۷/۲ متر که شش متر مربع با حذف اثرات حاشیه‌ای از وسط هر کرت برداشت گردید. فاصله ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر بود. مراقبت‌های زراعی لازم در طول انجام آزمایشات از جمله آبیاری، کنترل علف‌های هرز و حشرات به عمل آمد. توصیه کودی هر آزمایش بسته به نیاز منطقه و آزمایش انجام گرفت. بعد از جمع‌آوری داده‌های مربوط به تمامی محیط‌های مورد آزمایش، ابتدا از تجزیه واریانس معمولی برای بررسی ژنوتیپ‌ها استفاده شد. اثر متقابل ژنوتیپ در محیط از لحاظ آماری معنی‌دار بود، بنابراین از پارامترهای پایداری مدل امی بر اساس مدل زیر، برای تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ‌ها در محیط‌ها روی میانگین تمام تکرارها استفاده شد (Gauch & Zobel, 1996).

$$Y_{ij} = \mu + g_i + e_j + \sum_{k=1}^N \lambda_k \alpha_{ik} \gamma_{jk} + \varepsilon_{ij}$$

در این مدل Y_{ij} ؛ میانگین تکرارهای ژنوتیپ n ام در محیط j ام، g_i و e_j ؛ به ترتیب انحرافات اثرات ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها از میانگین، λ_k ؛ مقدار منفرد برای مؤلفه n ام، α_{ik} ؛ مقادیر ویژه بردار ژنوتیپی مؤلفه n ام و γ_{jk} ؛ مقادیر ویژه بردار محیطی مؤلفه n ام و ε_{ij} ؛ عبارت است از

جدول ۱- مختصات و کد ایستگاه‌های تحقیقاتی اقلیم سرد جو کشور

کد محیطی	عرض جغرافیایی		طول جغرافیایی	ارتفاع (متر)	مکان
	سال اول	سال دوم			
(E9)	(E1)	۳۵°۱۲'N	۴۸°۴۱'E	۱۶۷۹/۷	همدان
(E10)	(E2)	۳۶°۵۸'N	۴۳°۰۳'E	۱۳۰۰	میاندواب
(E11)	(E3)	۳۵°۵۶'N	۵۰°۵۴'E	۱۳۱۲/۵	کرج
(E12)	(E4)	۳۴°۰۶'N	۴۹°۴۶'E	۱۷۰۸	اراک
(E13)	(E5)	۳۵°۵۰'N	۵۸°۱۳'E	۱۶۵۰	جلگه‌رخ
(E14)	(E6)	۳۶°۱۶'N	۵۹°۳۸'E	۹۹۰	مشهد
-	(E7)	۳۸°۱۵'N	۴۸°۱۷'E	۱۳۵۰	اردبیل
-	(E8)	۳۸°۰۵'N	۴۶°۱۷'E	۱۳۶۱	تبریز

جدول ۲- مشخصات شجره‌ای و اختصارات ژنوتیپ‌ها

کد ژنوتیپی	شجره
G1	CWB117-5-9-5 (شاهد ۱)
G2	Radical/Star
G3	Boyer (F356J126/Com)/4/Productive/3
G4	F2//Radical/Karat/3/Radical/4/Xemus
G5	Bereke-54
G6	Narcis//K-281/Skorohod
G7	/Skorohod
G8	Bugar/4/Hma-02//11012-2/CM67/3/Marageh
G9	Robur/J126//OWB753431D/SL3/3/Radical
G10	Kny/K-273
G11	Pamir-010/Bulbul
G12	Xemus/Rhn-03
G13	Productiv/3/Roho//Alger/Ceres362-1-1
G14	CWB117-77-9-7/Victoria
G15	Belt67-1608/Slr/3/Dicktoo/Cascade//Hip/4/Victoria
G16	Robur/J126//OWB753431D/SL3/3/Radical
G17	Belt67-1608/Slr/3/Dicktoo/Cascade-/Hip/4/Antares/Ky63-1294
G18	Reaserch/Ashar//CWB117-5-9-5
G19	Alpha/Badia
G20	MAKOUUE//ZARJOW/80-5151 (شاهد ۲)

نتایج و بحث

واریانس خطای آزمایشات در تجزیه واریانس‌های جداگانه بود ($\chi^2 = 16/06$ ns). نتایج تجزیه واریانس مرکب بر اساس محیط‌های انجام آزمایش تفاوت معنی‌داری بین محیط‌ها در سطح احتمال ۰/۰۱ نشان داد. در بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد که نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در متوسط تمام محیط‌های انجام آزمایش بود. اما به دلیل بسیار معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ×محیط، عملکرد ژنوتیپ‌ها از محیطی به محیط دیگر متفاوت بود و بنابراین شرط انجام تجزیه پایداری و بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای معرفی

پس از بررسی نرمال بودن اشتباه آزمایشی داده‌ها و همگنی واریانس درون تیماری برای داده‌های هر آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS، ایستگاه‌های مناطق اردبیل و تبریز در سال دوم کشت، به علت سرمای بیش از حد، ژنوتیپ‌ها به مرحله گلدهی نرسیدند و از مجموعه آزمایشات حذف شدند. بنابراین تجزیه واریانس مرکب، بر اساس سال × مکان امکان‌پذیر نبود و از تجزیه واریانس براساس محیط انجام شد که ۱۴ محیط در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت. پس از تجزیه واریانس معمولی نتیجه آزمون بارتلت نشان‌دهنده همگنی

ژنوتیپ \times محیط را توجیه نمودند، از این شش مؤلفه که دارای نسبت قابل قبولی از واریانس اثر متقابل بودند، برای محاسبه پارامترهای AMGE، EV، SIPC و D استفاده شده است. پارامتر ASV بر مبنای دو مؤلفه اول محاسبه شد (جدول ۴).

با استفاده از پارامتر SPIC ژنوتیپ‌های ۱۶، ۱۱ و ۱۰ با استفاده از پارامتر EV و D ژنوتیپ‌های ۱۰، ۱۶ و ۲۰ با استفاده از پارامتر ASV ژنوتیپ‌های ۸، ۱۶ و ۱۰ به ترتیب رتبه اول تا سوم ژنوتیپ‌های پایدار را به دست آوردند. همچنین ژنوتیپ‌های ۱۱، ۱۸ و ۹ به ترتیب رتبه اول تا سوم پایداری را با استفاده از پارامتر AMGE به دست آوردند. علاوه بر پارامترهای مختلف امی، در روش Shukla (1972) ژنوتیپ‌های ۱۶، ۲۰ و ۱۱ و در روش Bajpai & Prabhakaran (2000) ژنوتیپ ۱۶، ۱۱ و ۲۰ به ترتیب رتبه‌های اول تا سوم پایداری عملکرد را به دست آوردند (جدول ۵). از تجزیه رتبه ژنوتیپ‌ها چنین نتیجه‌گیری شد که ژنوتیپ ۱۶ با کمترین مجموع رتبه بالاترین میزان پایداری را داشت. همچنین ژنوتیپ ۱۱ و ۱۰ به ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم قرار داشتند. در مقابل ژنوتیپ ۳ به جز در روش AMGE، در سایر روش‌های تجزیه پایداری رتبه آخر پایداری عملکرد را به دست آورد و به عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ شناخته شد.

ژنوتیپ‌های پایدار برقرار بود. معنی‌دار بودن اثر متقابل، معنی‌داری یا غیر معنی‌داری اثرات ساده محیط‌ها و یا ژنوتیپ‌ها را بی‌اهمیت می‌سازد. بنابراین از پارامترهای پایداری مدل امی و روش‌های مختلف دیگر برای بررسی اثر متقابل استفاده گردید.

تجزیه واریانس عملکرد با استفاده از مدل امی در جدول ۳ نشان داده شده است، ۶ مؤلفه اول این مدل از لحاظ آماری معنی‌دار بودند، که دلیلی بر پیچیده بودن اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط بود. حدود ۷۹٪ از مجموع واریانس کل توسط اثرات جمع‌پذیر محیط، ۰/۰۱، توسط اثر ژنوتیپ و ۰/۲۰ از تغییرات کل توسط اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط توجیه گردید. در تحقیقی که Sivapalan et al. (2000) انجام دادند اثرات محیطی حدود ۸۷٪، اثرات ژنوتیپی ۰/۰۲ و اثرات متقابل حدود ۱۱٪ از واریانس کل را به خود اختصاص دادند. به طور متوسط ۴۱٪ از کل واریانس اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط توسط دو مؤلفه اول امی قابل توجیه بود (جدول ۳)، بنابراین قضاوت بر اساس این دو مؤلفه در نگاه اول تا حدودی گمراه کننده بود. لذا از مؤلفه‌های بیشتری که در مدل باقی ماندند و از لحاظ آماری معنی‌دار بودند برای معرفی ژنوتیپ پایدار استفاده گردید. در مجموع شش مؤلفه اول مدل امی حدود ۸۱٪ واریانس اثر متقابل

جدول ۳- تجزیه واریانس مدل امی برای اثرات جمع‌پذیر و ضرب‌پذیر

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	نسبت منابع تغییرات
مدل	۲۷۹	۶۴۰۵۷۷۴/۳ ^{**}	-
ژنوتیپ	۱۹	۸۹۱۵۹۰/۱ ^{ns}	۰/۰۱
محیط	۱۳	۱۰۸۴۷۰۸۸۷ ^{**}	۰/۷۹
ژنوتیپ \times محیط	۲۴۷	۱۴۵۸۰۹۴/۴ ^{**}	۰/۲۰
IPCA1	۳۱	۲۷۳۰۱۳۴/۴ ^{**}	۰/۲۳
IPCA2	۲۹	۲۱۸۱۲۰ ^{**}	۰/۱۸
IPCA3	۲۷	۱۷۱۹۵۵۶/۳ ^{**}	۰/۱۳
IPCA4	۲۵	۱۶۶۶۶۵۸/۶ ^{**}	۰/۱۱
IPCA5	۲۳	۱۳۵۲۰۳۵/۲ ^{**}	۰/۰۹
IPCA6	۲۱	۱۲۳۷۹۹۵/۳ [*]	۰/۰۷
IPCA7	۱۹	۱۰۸۵۹۶۹/۴ ^{ns}	۰/۰۵
باقیمانده	۷۲	۱۲۷۵۵۳۳/۱	۰/۱۴
اشتباه	۵۶۰	۶۲۵۳۰۶/۶	-
کل	۸۳۹	۲۵۴۷۵۳۶/۱	-

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵، ۰/۰۱.

IPCA عبارت است از مؤلفه n ام در مدل امی.

جدول ۴- مقادیر برآورد شده پارامترهای مختلف پایداری در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

I	σ_i^2	ASV	SIPC	EV	D	AMGE	کد ژنوتیپ
۱/۶۹	۵۵۱۹۵۶/۱۹	۲۱/۷۵	۶۵/۵۲	۰/۱۴	۲۷۰۶/۹۰	۵/۱۸×۱۰-۶	G1
۱/۶۱	۶۰۳۰۵۹/۹۴	۲۶/۲۷	۷۰/۹۰	۰/۱۷	۲۹۷۶/۷۴	۶/۴۹×۱۰-۶	G2
۱/۳۲	۱۱۱۵۹۶۲/۶۳	۴۶/۶۸	۱۰۱/۱۴	۰/۲۵	۴۱۵۴/۷۷	۳/۰۵×۱۰-۶	G3
۱/۵۸	۶۱۸۰۷۷/۰۶	۳۱/۳۰	۷۴/۹۴	۰/۲۵	۳۳۵۲/۲۵	۱/۱۴×۱۰-۶	G4
۱/۵۷	۶۹۰۰۲۹/۶۹	۳۴/۷۱	۸۴/۳۹	۰/۱۶	۳۱۶۲/۴۰	-۸/۶۲×۱۰-۷	G5
۲/۲۴	۲۹۸۳۵۸/۰۰	۱۴/۶۵	۶۸/۵۴	۰/۱۱	۲۰۷۰/۶۹	۹/۹۰×۱۰-۷	G6
۱/۶۴	۵۶۶۰۴۹/۶۹	۲۰/۱۳	۸۲/۲۷	۰/۲۲	۳۲۴۷/۸۵	-۴/۴۲×۱۰-۶	G7
۱/۸۲	۴۶۴۲۱۷/۳۸	۱۳/۳۱	۷۵/۵۷	۰/۱۹	۲۶۹۳/۳۱	-۳/۳۶×۱۰-۶	G8
۲/۱۷	۳۲۹۱۳۱/۴۱	۵/۲۶	۶۲/۳۷	۰/۱۵	۲۳۰۹/۸۵	-۳/۲۸×۱۰-۷	G9
۲/۱۸	۳۱۱۵۷۱/۱۶	۱۳/۲۷	۴۰/۷۸	۰/۰۴	۱۳۹۵/۵۶	-۱/۷۲×۱۰-۶	G10
۲/۵۳	۲۵۱۲۷۷/۶۴	۱۶/۲۵	۳۹/۴۱	۰/۰۷	۱۸۱۷/۸۲	-۷/۹۸×۱۰-۸	G11
۱/۸۶	۴۲۰۳۰۶/۷۸	۱۹/۶۶	۷۳/۷۶	۰/۱۵	۲۴۳۰/۱۰	-۲/۵۸×۱۰-۶	G12
۱/۷۱	۵۲۸۲۹۴/۰۶	۲۰/۱۷	۸۶/۸۰	۰/۲۳	۲۹۹۷/۳۷	-۴/۵۰×۱۰-۶	G13
۱/۷۸	۵۱۳۱۰۱/۵۹	۲۳/۶۶	۶۹/۷۷	۰/۰۸	۲۱۶۶/۸۹	-۱/۹۶×۱۰-۶	G14
۱/۸۶	۴۵۴۸۹۲/۰۶	۱۸/۵۸	۶۸/۴۸	۰/۱۸	۲۹۵۶/۲۸	-۹/۳۸×۱۰-۷	G15
۴/۷۳	۱۰۰۳۵۵/۵۴	۹/۶۱	۳۳/۴۷	۰/۰۴	۱۴۶۹/۵۸	۶/۴۴×۱۰-۷	G16
۱/۵۹	۶۵۹۹۷۳/۰۶	۳۹/۳۷	۶۸/۹۶	۰/۱۵	۳۳۶۴/۹۵	-۲/۱۰×۱۰-۶	G17
۲/۰۲	۳۸۰۵۵۹/۶۳	۱۷/۶۴	۵۸/۷۹	۰/۰۹	۲۰۰۶/۵۴	۲/۲۴×۱۰-۷	G18
۱/۵۹	۶۱۴۳۶۷/۶۹	۳۲/۱۹	۷۸/۹۴	۰/۱۷	۳۰۵۹/۲۸	۴/۲۴×۱۰-۶	G19
۲/۵۱	۲۴۹۳۱۳/۶۷	۱۴/۹۲	۴۱/۳۲	۰/۰۵	۱۶۱۰/۵۳	۹/۴۷×۱۰-۷	G20

جدول ۵- رتبه ژنوتیپ‌ها بر اساس پارامترهای مدل امی، شوکلا و بجپای

کد ژنوتیپ	رتبه AMGE	رتبه D	رتبه EV	رتبه SIPC	رتبه ASV	رتبه σ_i^2	رتبه I	مجموع رتبه
G1	۱۹	۱۱	۸	۷	۱۳	۱۳	۱۳	۸۴
G2	۲۰	۱۳	۱۴	۱۲	۱۵	۱۵	۱۵	۱۰۴
G3	۱۴	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۱۳۴
G4	۹	۱۸	۱۹	۱۴	۱۶	۱۷	۱۸	۱۱۱
G5	۵	۱۶	۱۲	۱۸	۱۸	۱۹	۱۹	۱۰۷
G6	۸	۶	۷	۹	۵	۴	۴	۴۳
G7	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۱	۱۴	۱۴	۱۰۷
G8	۱۵	۱۰	۱۶	۱۵	۴	۱۰	۱۰	۸۰
G9	۳	۸	۱۰	۶	۱	۶	۶	۴۰
G10	۱۰	۱	۱	۳	۳	۵	۵	۲۸
G11	۱	۴	۴	۲	۷	۳	۲	۲۳
G12	۱۳	۹	۹	۱۳	۱۰	۸	۸	۷۰
G13	۱۸	۱۴	۱۸	۱۹	۱۲	۱۲	۱۲	۱۰۵
G14	۱۱	۷	۵	۱۱	۱۴	۱۱	۱۱	۷۰
G15	۶	۱۲	۱۵	۸	۹	۹	۹	۶۸
G16	۴	۲	۲	۱	۲	۱	۱	۱۳
G17	۱۲	۱۹	۱۱	۱۰	۱۹	۱۸	۱۷	۱۰۶
G18	۲	۵	۶	۵	۸	۷	۷	۴۰
G19	۱۶	۱۵	۱۳	۱۶	۱۷	۱۶	۱۶	۱۰۹
G20	۷	۳	۳	۴	۶	۲	۳	۲۸

همبستگی بالایی با یکدیگر دارند. در مطالعه‌ای Sneller et al. (1997) نیز بیان داشتند که همبستگی بالایی بین پارامترهای پایداری امی وجود دارد بخصوص در مواقعی که آزمایشات در چندین سال و در مکان‌های بیشتری تکرار گردند.

همبستگی بین رتبه پارامترهای مختلف پایداری به روش امی و پارامترهای پایداری Shukla (1972) و Bajpai & Prabhakaran (2000) (جدول ۶) که پارامترهای مستقل از یکدیگر می‌باشند، نشان داد که رتبه‌های تمامی این پارامترها به جز پارامتر AMGE،

جدول ۶- همبستگی بین پارامترهای برآورد شده به روش امی و سایر پارامترها

	SIPC	EV	D	ASV	I	σ_i^2
EV	۰/۸۴**					
D	۰/۸۲**	۰/۸۸**				
ASV	۰/۶۷*	۰/۵۵*	۰/۸۲**			
I	۰/۸۱**	۰/۷۶**	۰/۹۳**	۰/۹۰**		
σ_i^2	۰/۸۰**	۰/۷۵**	۰/۹۳**	۰/۹۱**	۰/۹۹**	
AMGE	۰/۶۰*	۰/۵۰*	۰/۵۱*	۰/۴۶*	۰/۵۵*	۰/۵۴*

* و **: به ترتیب معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱.

که به نظر می‌رسید درصد کمی از کل واریانس اثر متقابل باشد، اما از طرفی بر اساس همبستگی بالای پارامتر ASV که خود مبتنی بر دو مؤلفه اول امی می‌باشد، با سایر پارامترها چنین استنباط شد که بررسی اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط بر اساس دو مؤلفه اول امی همراه با نمایش بای‌پلات قابل تفسیر باشد. در تحقیق Shahmohammadi et al. (2004) گرچه دو مؤلفه اول سهم ناچیزی از اثر متقابل را به خود اختصاص داده بود، ولی از تفسیر بای‌پلات امی برای معرفی ژنوتیپ‌های پایدار استفاده نمودند.

در بررسی پارامترهای امی توسط سایر محققان، اشاره شده است که پارامتر ASV برای انتخاب همزمان عملکرد و پایداری مناسب می‌باشد (Adugana & Labuschagne, 2002; Sabaghnia et al., 2008). در این مطالعه نیز مشخص گردید که پارامتر ASV با تمام پارامترها همبستگی مثبتی دارد، این وضعیت نشان داد که گرچه اثر متقابل موجود خیلی پیچیده است، ولی کارایی روش امی و پارامترهای آن به حدی است که با استفاده از آن می‌توان به نتایج قابل اعتمادی دست پیدا کرد.

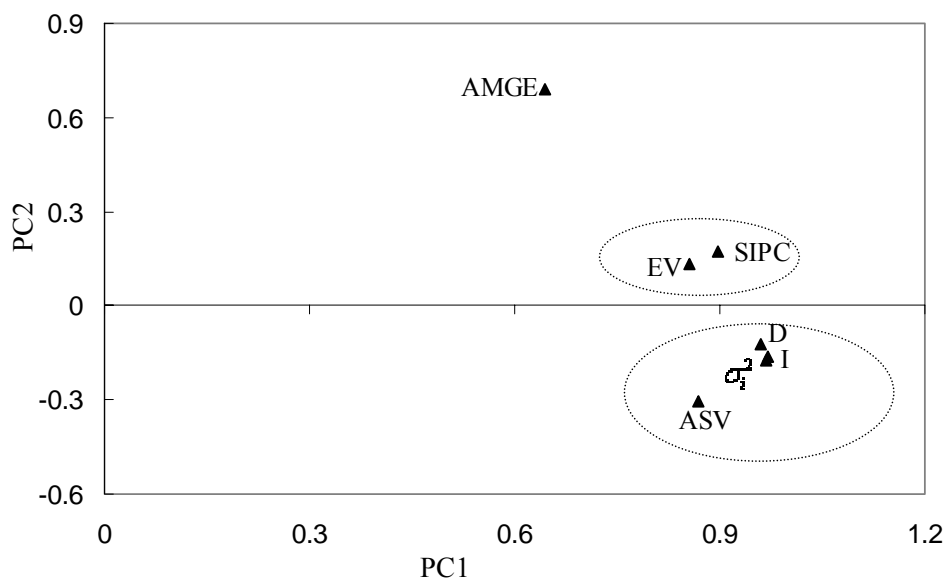
بای‌پلات مدل امی در شکل ۲ نشان داده شده است. در مدل بای‌پلات امی ژنوتیپ‌هایی که در مرکز بای‌پلات وجود دارند از پایداری عمومی برخوردارند و قابل توصیه

علاوه بر این، ارتباط بین این پارامترها از طریق تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بررسی شد و حدود ۸۸٪ از واریانس همبستگی بین پارامترها توسط دو مؤلفه اول توجیه شد. در تحقیقی Sabaghnia et al. (2006) همبستگی رتبه بین ۱۰ آماره مختلف ناپارامتری را با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در یک نمودار بررسی کردند و آماره‌ها را بر اساس پایداری و عملکرد به گروه‌های مختلف گروه‌بندی نمودند. نمودار دو مؤلفه اول حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی این پارامترها برای تفسیر بهتر روابط بین پارامترهای پایداری در شکل ۱ ترسیم شد. گروه‌بندی این پارامترها بر اساس فاصله اقلیدسی پارامترهای EV و SIPC را در گروه اول، پارامترهای I، D، σ_i^2 و ASV را در گروه دوم و پارامتر AMGE را به تنهایی در گروه سوم قرار داد. گروه‌بندی پارامترها بر اساس شکل ۱ همبستگی بسیار بالایی بین پارامترهای هر گروه را به تصویر کشید و نشان داد که معرفی یک ژنوتیپ خاص بر اساس پارامتری از هر گروه می‌تواند نماینده سایر پارامترهای همان گروه باشد.

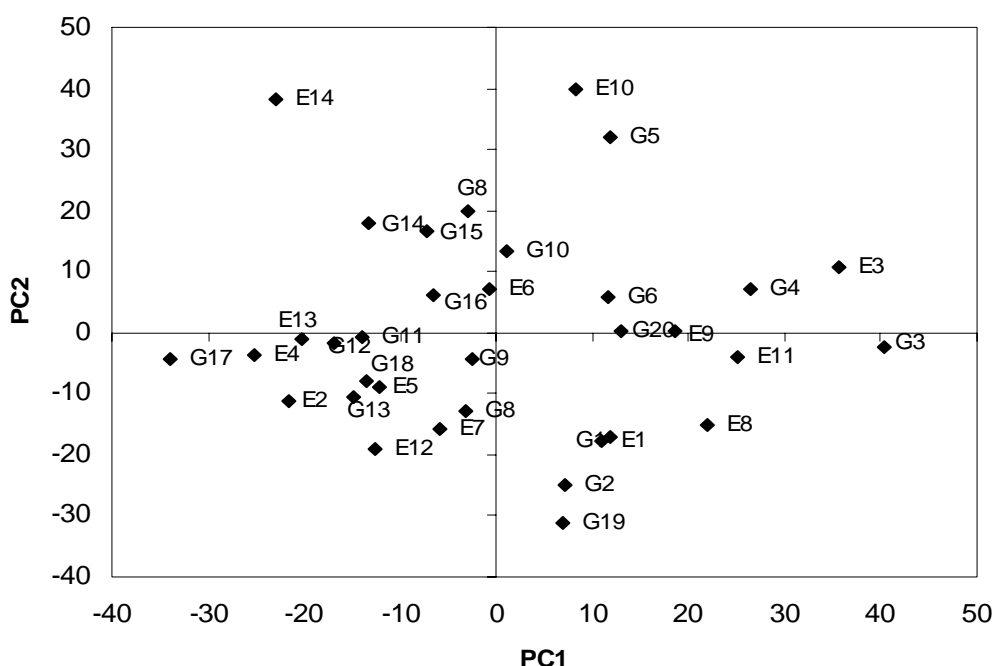
در پارامتر ASV از دو مؤلفه مدل امی برای تفسیر استفاده می‌شود. از طرف دیگر این پارامتر همبستگی بالایی را با پارامترهای I، D و σ_i^2 نشان داد، لذا می‌توان نتیجه گرفت که اگرچه دو مؤلفه اول مدل امی حدود ۴۱٪ اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط را توجیه نموده است،

در بررسی پایداری خصوصی با استفاده از بای پلات مدل امی، با استفاده از همبستگی بین محیطها و ژنوتیپها، ژنوتیپ ۳ همبستگی بالایی را با محیطهای ۳ و ۱۱ که این دو محیط، سالهای مختلف مکان کرج بودند نشان داد. علاوه بر این ژنوتیپ ۱۷ قابلیت سازگاری خصوصی بالایی را به محیطهای ۴، ۱۲، ۵ و ۱۳ یعنی سالهای مختلف مکان اراک و جلگه رخ، نشان داد. همچنین ژنوتیپ ۱۴ سازگاری خصوصی نسبی را با

برای اکثر محیطها می باشند و ژنوتیپهایی که دور از مرکز قرار می گیرند دارای پایداری خصوصی می باشند (Gauch & Zobel, 1996). لذا چنین نتیجه گرفته شد که ژنوتیپهای ۱۶، ۱۰ و ۹ کمترین فاصله را از مرکز بای پلات داشتند، و با کمترین اثر متقابل بعنوان پایدارترین ژنوتیپ ها شناخته شدند. در تجزیه و تحلیل اکثر پارامترهای پایداری دیگر نیز رتبه های نخست پایداری عملکرد به این ژنوتیپها اختصاص داشت.



شکل ۱- نمودار بای پلات حاصل از تجزیه به مؤلفه اصلی رتبه پارامترهای پایدار



شکل ۲- بای پلات برای دو مؤلفه اول مدل امی برای ژنوتیپها و محیطها

مطالعه و با توجه به مقوله پایداری و عملکرد، می‌توان چنین استنباط نمود که با استفاده از پارامترهای مختلف روش امی و سایر آماره‌های دیگر ژنوتیپ‌های ۱۶، ۱۱ و ۱۰ به ترتیب بالاترین پایداری عملکرد را داشتند و به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار معرفی گردیدند.

سپاسگزاری

از مدیریت مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، بخش تحقیقات غلات و همکاری علمی و فنی مجریان ایستگاههای تحقیقاتی کرج، همدان، مشهد، جلگه‌رخ، میاندواب، اردبیل، تبریز و اراک قدردانی می‌گردد.

محیط‌های ۶ و ۱۴ نشان داد که این دو محیط سال اول و دوم مکان مشهد بودند. همچنین ژنوتیپ ۱ و ۲۰ (ژنوتیپ‌های شاهد) همبستگی بالایی را با محیط‌های ۱ و ۹ در دو سال مختلف مکان همدان نشان دادند. اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط یک مقوله نسبتاً پیچیده می‌باشد، لذا از روش‌های چند متغیره آماری روش امی بهتر از سایر روش‌ها قابلیت توجیه و تفسیر آن را دارد. روش امی با قابلیت تفسیر گرافیکی بر اساس یک و دو مؤلفه اصلی اول و با قابلیت تفسیر توسط پارامترهای مبتنی بر بیش از دو مؤلفه اصلی، یک روش کارآمد محسوب می‌گردد. لذا بر اساس نتایج حاصل از این

REFERENCES

1. Adugana, W. & Labuschagne, M. T. (2002). Genotype-environment interactions and phenotypic stability analysis of linseed in Ethiopia. *Plant Breeding*, 121, 66–71.
2. Annicchiarico, P. (1997). Joint regression vs. AMMI analysis of genotype – environment interactions for cereals in Italy. *Euphytica*, 94, 53–62.
3. Bajpai, P. K. & Prabhakaran, V. T. (2000). A new procedure of simultaneous selection for high yielding and stable crop genotypes. *Indian Journal of Genetics*, 60, 141–146.
4. Becker, H. C. & Leon, J. (1988). Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding*, 101, 1–23.
5. Cornelius, P. L., Crossa, J. & Seyedsadr, M. S. (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.
6. Crossa, J., Cornelius, P. L. & Seyedsadr, M. S. (1996). Using the shifted multiplicative model cluster methods for crossover GE interaction. In: Kang, M. S. and H. G. Jr. Gauch (eds), *Genotype-by-environment interaction*. (pp. 175–198). CRC Press, Boca Raton, Florida.
7. Dehghanpour, Z., Karimizadeh, R., Dehghani, H. & Sabbaghnia, N. (2007). Estimation of adaptability and stability of grain yield in foreign early corn hybrids. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 38-1(2), 249–257. (In Farsi)
8. Ebdon, J. S. & Gauch, H. G. (2002). Additive main effect and multiplicative interaction analysis of national turfgrass performance trials: I. Interpretation of genotype \times environment interaction. *Crop Science*, 42, 489 – 496.
9. Eberhart, S. A. & Russell, W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6, 36–40.
10. FAO. (2007). *FAO Stat Yearbook*. Rome, Italy.
11. Fattahi, F. & Yossefi, A. (2006). Evaluation of yield stability of barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) using repeatable stability parameters and pattern analysis of AMMI model. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 37-1(2), 317–326. (In Farsi).
12. Finlay, K. W. & Wilkinson, G. N. (1963). The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Australian Journal of Agriculture Research*, 14, 742–754.
13. Gauch, H. G. (2007). MATMODEL Version 3.0: Open source software for AMMI and related analyses. Crop and Soil Sciences, Cornell University, Ithaca, NY 14853.
14. Gauch, H. G. & Zobel, R. W. (1996). AMMI analysis of yield trials. In: Kang, M. S. and H. G. Jr. Gauch (eds), *Genotype- by -environment interaction*. (pp. 85–122). CRC Press, Boca Raton, Florida.
15. Hühn, M. (1996). Nonparametric analysis of genotype \times environment interactions by ranks. In: Kang, M. S. and H. G. Jr. Gauch (eds), *Genotype- by -environment interaction*. (pp. 235–271). CRC Press, Boca Raton, Florida.
16. Kang, M. S. (1993). Simultaneous selection for yield and stability in crop performance genotype–environment interaction 239 trials: consequences for growers. *Agronomy Journal*, 85, 754 – 757.
17. Kang, M. S. (1998). Using genotype- by -environment interaction for crop cultivar development. *Advances in Agronomy*, 62, 199–252.

18. Lin, C. S., Binns, M. R. & Lefkovitch, L. P. (1986). Stability analysis: Where do we stand? *Crop Science*, 26, 894–900.
19. Mohammadinejad, G. & Rezai, A. M. (2005). Analysis of Genotype×Environment Interaction and Study of Oat (*Avena sativa* L.) Genotypes Pattern. *Agriculture and Natural Resources*, 9(2), 89–107. (In Farsi).
20. Purchase, J. (1997). *Parametric analysis to describe genotype×environment interaction and yield stability in winter wheat*. Ph. D. University of the Free State, South Africa.
21. Sabaghnia, N., Dehghani, H. & Sabaghpour, S. H. (2006). Nonparametric methods for interpreting genotype×environment interaction of lentil genotypes. *Crop Science*, 46, 1100–1106.
22. Sabaghnia, N., Dehghani, H. & Sabaghpour, S. H. (2008). The use of an AMMI model and its parameters to analyse yield stability in multi-environment trials. *Journal of Agriculture Science*, 146, 571 – 581.
23. Shahmohammadi, M., Dehghani, H. & Yossefi, A. (2004). Additive main effect and multiplicative interaction analysis (AMMI) in barley (*Hordeum vulgare* L.) Genotypes. *Seed and Plant*, 20(4), 405 – 416. (In Farsi)
24. Shukla, G. K. (1972). Some statistical aspects of partitioning genotype–environmental components of variability. *Heredity*, 29, 237–245.
25. Sivapalan, S., Brien, L., Ferrara, G., Hollamby, J. G. & Barclay, P. J. (2000). An adaptation analysis of Australian and CIMMYT/ICARDA wheat germplasm in Australian production environments. *Australian Journal of Agriculture Research*, 51, 903 – 915.
26. Sneller, C. H., Kilgore-Norquest, L. & Dombek, D. (1997). Repeatability of Yield Stability in Soybean. *Crop Science*, 37, 383–390.
27. Weber, W. E., Wricke, G. & Westermann, T. (1996). Selection of genotypes and prediction of performance by analyzing GE interactions. In: Kang, M. S. & H. G. Jr. Gauch. (eds) *Genotype- by-environment interaction*. (pp. 353–371). CRC Press, Boca Raton, Florida.
28. Yan, W. (2001). GGEbiplot – a Windows application for graphical analysis of multienvironment trial data and other types of two-way data. *Agronomy Journal*, 93(5), 1111–1118.