نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و هفتم، شماره سوم، ۱۳۹۹
۸۵-۹۶
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2020.16557.2509

# بررسی پایداری عملکرد لاین‌های زمستانه کلزا در اقلیم سرد ایران با استفاده از روش امی

***بهرام علیزاده[۱]، بهمن پاسبان اسلام[۲]، عباس رضایی‌زاد[۳]، محمد یزداندوست همدانی[۴] و معرفت مصطفوی‌راد[۵]**

[۱]دانشیار پژوهش مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران،
[۲]دانشیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران،
[۳]استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه ایران،
[۴]استادیار بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران،
[۵]استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۰٤؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۱۱

**چکیده**

**سابقه و هدف:** کلزا یکی از مهم‌ترین منابع دانه‌های روغنی است که روغن استحصال شده از آن برای مصارف انسانی و صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در بیش‌تر برنامه‌های اصلاحی به‌خصوص در مقایسه لاین‌ها در محیط‌های مختلف، به‌علت وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط تظاهر رقم‌ها در محیط‌های مختلف، متفاوت است. ازاین‌رو به‌منظور گزینش و سنجش میزان سازگاری، ثبات و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها، ارزیابی آنان در شرایط مختلف محیطی در سال‌های مختلف اجتناب‌ناپذیر است. این مطالعه به‌منظور شناسایی ارقام پایدار، انتخاب ارقام با عملکرد بالا و هم‌چنین برآورد اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و مقایسه عملکرد در شرایط محیطی سرد و معتدل سرد کشور ارقام کلزا با استفاده از روش تجزیه‌وتحلیل پایداری امی (AMMI) انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** در این آزمایش ۲۰ لاین زمستانه کلزا به همراه دو لاین امیدبخش و سه رقم اکاپی، احمدی و مودنا به‌منظور بررسی سازگاری و مقایسه عملکرد در شرایط محیطی سرد و معتدل سرد کشور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در کرج، همدان، کرمانشاه، تبریز و اراک طی دو سال زراعی مورد مقایسه قرار گرفتند. به‌منظور بررسی اثرات ضرب‌پذیر (اثر متقابل ژنوتیپ × محیط) و تجزیه واکنش لاین‌های مورد مطالعه روش AMMI به‌کار گرفته شد. پس از آزمون یکنواختی واریانس خطاها، تجزیه واریانس مرکب انجام شد.

* مسئول مکاتبه: alizadeh.bahram@gmail.com

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد اثرات ساده مکان، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × مکان و ژنوتیپ × سال × مکان معنی‌دار بودند. تجزیه اثرات اصلی افزایشی و اثرات متقابل ضرب‌پذیر امی نشان داد که بخش محیطی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بیش‌ترین تأثیر را در عملکرد دانه لاین‌های مورد آزمایش دارد. بر اساس نتایج این تجزیه چهار مؤلفه اصلی اول معنی‌دار بودند و هرکدام به‌ترتیب ۲۶/۸، ۲۱/۲۳، ۱۳/۵۸ و ۱۰/۹۹ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را به خود اختصاص دادند. لاین‌های HW112 و L120 نیز بعد از لاین SW101، ASV پایینی را نشان دادند و با داشتن میانگین عملکرد پایین‌تر از میانگین کل به‌عنوان لاین‌های پایدار با عملکرد نسبتاً بالا شناخته شدند.

**نتیجه‌گیری:** ارزیابی پایداری با استفاده از آماره ارزش پایداری (ASV) نشان داد که لاین SW101 دارای بیش‌ترین پایداری است. این لاین با داشتن کم‌ترین میزان ASV و عملکردی بالاتر از میانگین کل به‌عنوان ژنوتیپ با پایداری عمومی خوب موردتوجه قرار گرفت و در نهایت این ژنوتیپ به‌دلیل داشتن کم‌ترین میزان اثر متقابل و میانگین عملکردی بالاتر از میانگین متوسط به‌عنوان ژنوتیپ با پایداری عمومی خوب و پر محصول معرفی گردید.

***واژه‌های کلیدی:*** اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، امی، بای‌پلات، سازگاری

## مقدمه

کلزا به‌عنوان یک دانه روغنی خوراکی از زمان جنگ جهانی دوم مورد توجه واقع شد و تلاش‌های به‌نژادی برای رفع مواد مضره آن طی دو دهه بعد شدت یافت. ارقام زراعی کلزا به دو گونه *Brassica rapa* یا شلغم روغنی و *Brassica napus* یا کلزای معمولی تعلق دارند (۱۸). گونه *B. napus* از تلاقی بین *B. rapa* و *B. oleracea* به‌وجود آمده است. یکی از راه‌های افزایش عملکرد در واحد سطح استفاده از ارقام مناسب و سازگار با شرایط اقلیمی هر منطقه است (٦).

کلزا (*Brassica napus*) یکی از گیاهان روغنی بوده و دانه آن حاوی ٤٥-٤٠ درصد روغن و ۳۵-۲۵ درصد پروتئین است. روغن آن به‌دلیل داشتن ترکیب مناسب اسیدهای چرب غیراشباع و درصد کم اسیدهای چرب اشباع همانند روغن زیتون، جزو باکیفیت‌ترین روغن‌های خوراکی است. اصلاح برای افزایش عملکرد در واحد سطح با تولید ارقامی که قادرند از شرایط محیطی به‌نحو مناسبی استفاده نمایند، در ارتباط است و بنابراین لازم است که سازگاری ارقام مختلف به محیط‌های هدف مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. هدف از اصلاح نباتات درنهایت تولید ارقامی است که قابلیت بهره‌برداری حداکثر از شرایط متغیر محیطی را داشته باشند (۲۸).

در بیش‌تر برنامه‌های اصلاحی به‌خصوص در مقایسه رقم‌ها در محیط‌های مختلف، به‌علت وجود اثرات متقابل لاین × محیط تظاهر رقم‌ها در مناطق مختلف، متفاوت است (۲ و ۸). به همین دلیل توصیه و معرفی ارقام برتر در محیط‌های وسیع دشوار است (٤). اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به‌علت تظاهر متفاوت ژنوتیپ در محیط‌ها است و باعث کاهش ارتباط بین تظاهر فنوتیپی و مقادیر ژنوتیپی می‌گردد که سبب شده اصلاح‌گر در آزمایش‌ها سازگاری ژنوتیپی، انتخاب ناقص انجام دهد (۲۰، ۲٦ و ۲۷) و قادر نباشد عملکرد را دقیقاً برآورد کرده و بهترین ژنوتیپ پایدار را شناسایی کند بنابراین تفسیر ژنوتیپ‌هایی که در دامنه وسیعی از محیط‌ها آزمایش می‌شوند، تحت‌تأثیر اثر متقابل است.

روش‌های تجزیه پایداری را می‌توان به دو قسم تک‌متغیره و چندمتغیره تقسیم نمود. هم‌چنین روش‌های تک‌متغیره را می‌توان به پارامتری و ناپارامتری تفکیک کرد. اگرچه محاسبه و استفاده از روش‌های تک‌متغیره و ناپارامتری آسان است ولی این روش‌ها نمی‌توانند ماهیت پیچیده و چندبعدی اثر متقابل را به‌خوبی تفسیر نمایند. ازاین‌رو استفاده از روش‌های چندمتغیره برای رفع این مشکل پیشنهاد شده است (۱۰، ۲۱، ۲۲ و ۳۱). در بین روش‌های چندمتغیره پایداری می‌توان به تجزیه به مقادیر ویژه، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تجزیه عاملی، تجزیه خوشه‌ای، تجزیه تشخیص، تجزیه واکنش ژنوتیپی و روش امی (AMMI)[1] اشاره نمود (۵، ١٤ و ۲۹). علاوه بر روش‌های پارامتری فوق، روش‌های غیرپارامتری مانند رتبه، انحراف معیار رتبه‌ها و گزینش توأم برای عملکرد و پایداری نیز برای تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها پیشنهاد شده است که در بیش‌تر آن‌ها ژنوتیپ‌ها رتبه‌بندی می‌شوند و ژنوتیپی پایدار محسوب می‌شود که در تمام محیط‌ها رتبه مشابه داشته باشد (۱۷). در میان این روش‌ها، روش امی دارای اعتبار بیش‌تری است و در حال حاضر در سطح وسیعی مورداستفاده قرار می‌گیرد (۱، ۳، ۷، ۱۲ و ۲۲). این مدل ترکیبی از دو تجزیه اثرات اصلی افزایشی و متقابل ضرب‌پذیر در ماتریس‌های دوبعدی ژنوتیپ و محیط است. تجزیه امی بسیار مفیدتر از مدل اثرات ثابت دوطرفه معمول همراه با اثر متقابل است (۳۱). امی تنها مدلی است که به‌طور واضح اثرات اصلی و متقابل را جدا نموده و برآوردی قابل‌اطمینان از عملکرد را در اختیار می‌دهد (۱۱) در این روش ابتدا با استفاده از تجزیه واریانس معمولی، اثرات اصلی جمع‌پذیر و سپس با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را که معروف به اثر متقابل ضربی است، مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌دهند. این مدل دارای مزایای زیادی است، اولاً مقدار نسبتاً کمی از درجات آزادی اثر متقابل را شامل می‌شود. ثانیاً اثرات متقابل ژنوتیپ- محیط را در بیش‌تر از یک بعد توصیف نموده و فرصت‌های مناسب‌تری را جهت مطالعه و تفسیر اثرات متقابل ژنوتیپ- محیط نسبت به تجزیه واریانس و رگرسیون در اختیار می‌دهد (۳۰). در این زمینه مطالعه‌ای به‌منظور بررسی پایداری عملکرد دانه ۲۲ رقم و هیبرید کلزا در دو تاریخ کشت توصیه‌شده منطقه و تأخیری طی سه سال زراعی (۱۳۹۳-۱۳۹۰) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسلام‌آباد غرب مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج تجزیه امی حاصل از آن نشان داد که چهار مؤلفه اول اثر متقابل ژنوتیپ در محیط معنی‌دار بوده و مجموع مربعات آن‌ها به‌ترتیب ٤۰/۷، ۲۸/۵، ۱۷/۱ و ۱۲/۱ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را به خود اختصاص داد (۲۵).

نمودارهایی که پراکندگی ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها را به‌صورت هم‌زمان نشان می‌دهند، بای‌پلات می‌نامند (۹). بای‌پلات حاصل از تجزیه امی لاین‌ها را بر اساس مقادیر مؤلفه‌های اصلی نشان می‌دهد (۱۹). گاناسکرا و همکاران در مطالعه‌ای هفت رقم کلزا را در سه مکان و طی دو سال و سه تاریخ کاشت متفاوت در شرایط آب و هوائی مدیترانه‌ای جنوب‌غربی استرالیا موردبررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری بین مکان‌ها، زمان کاشت و بین ژنوتیپ‌ها متفاوت است. نتایج بای‌پلات مربوط به عملکرد دانه، محیط‌های موردبررسی را به سه گروه (عملکرد بالا، عملکرد متوسط و عملکرد پائین) تقسیم نمود. در این پژوهش هم‌چنین ژنوتیپ‌های دارای

1- Additive Main effect and Multiplicative Interaction

سازگاری خصوصی به بعضی از مناطق شناسایی شدند (۱۳). مصطفوی و همکاران نیز با استفاده از روش گرافیکی GGE Biplot واکنش عملکرد ارقام تجاری کلزا به محیط‌های مختلف را مورد ارزیابی قرار داده و گزارش کردند که سه رقم Licord، Hayola308 و Modena دارای بیش‌ترین عملکرد بودند و رقم Opera کم‌ترین عملکرد دانه را داشته است (۲۳). هدف این پژوهش استفاده از مدل امی برای تعیین میزان سازگاری و پایداری لاین‌های پیشرفته زمستانه کلزا برای معرفی و آزادسازی رقم در مناطق موردمطالعه است.

## مواد و روش‌ها

در این آزمایش ۲۲ لاین زمستانه کلزا از ایران و سه رقم اکاپی، احمدی و مودنا به‌ترتیب از منشأ فرانسه، ایران و دانمارک به‌منظور بررسی سازگاری و مقایسه عملکرد در شرایط محیطی سرد و معتدل سرد کشور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در کرج، همدان، کرمانشاه، تبریز و اراک طی دو سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹ کشت و مورد مقایسه قرار گرفتند. هر کرت شامل ٤ ردیف ۵ متری به فواصل ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر بود. کشت بر اساس دستورالعمل در تاریخ‌های مناسب مناطق سرد و معتدل سرد به طریق دستی صورت گرفته و آبیاری نیز به‌صورت نشتی به‌طور منظم انجام پذیرفت تا بوته‌ها زمستان را به حالت روزت کامل با حداکثر مقاومت در برابر سرما سپری کنند. مشخصات ژنوتیپ‌ها در جدول ۱ آورده شده است. پس از حذف اثرات حاشیه، عملکرد دانه برحسب گرم در مترمربع اندازه‌گیری شد. آزمون بارتلت به‌منظور بررسی یکنواختی اشتباهات آزمایشی و تجزیه واریانس مرکب جهت بررسی اثرات جمع‌پذیر برای داده‌های حاصل از اندازه‌گیری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا در ۱۰ محیط انجام گرفت. به‌منظور بررسی اثرات ضرب‌پذیر (اثر متقابل ژنوتیپ × محیط) و تجزیه واکنش لاین‌های مورد مطالعه روش AMMI به‌کار گرفته شد. مدل امی به‌صورت زیربود (۳۱):

$$X_{ger} = \mu + \alpha_g + \beta_e + \sum \lambda_n \gamma_{gn} \delta_{en} + \rho_{ge} + \varepsilon_{ger} \quad (۱)$$

که در آن، $X_{ger}$ عملکرد لاین gام در محیط eام در تکرار rام است. $\mu$ میانگین کل آزمایش، $\alpha_g$ و $\beta_e$ به‌ترتیب اثرات اصلی ژنوتیپ و محیط، $\lambda_n$ مقدار منفرد برای محور مؤلفه اصلی nام، $\gamma_{gn}$ بردار ویژه لاین برای محور nام، $\delta_{en}$ بردار ویژه محیط برای محور nام و $\rho_{ge}$ مقدار نویز و $\varepsilon_{ger}$ عبارت مربوط به خطای آزمایشی است. بخش اول مدل امی یعنی بخش جمع‌پذیر از تجزیه واریانس معمولی استفاده می‌کند. بخش دوم، قسمت ضرب‌پذیر مدل امی است که از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به‌منظور تجزیه اثر متقابل لاین و محیط به یک تا n مؤلفه اصلی استفاده می‌کند (۱۰).

یکی از پارامترهای امی، پارامتر ASV (AMMI'S Stability value) است که ارزش پایداری پیشنهادشده توسط پورکیس در سال ۱۹۹۷ است. به‌منظور مطالعه ارزش پایداری امی (ASV) رابطه ۲ مورداستفاده قرار می‌گیرد (۲٤).

$$ASV_i = \sqrt{\left[\frac{SS_{IPCA1}}{SS_{IPCA2}}\left(IPCA_1 score\right)\right]^2 + \left(IPCA_2 score\right)^2} \quad (۲)$$

که در آن، $SS_{IPCA1}$ و $SS_{IPCA2}$ به‌ترتیب مجموع مربعات مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل اول و دوم، $IPCA_1$ و $IPCA_2$ به‌ترتیب مقدار مؤلفه اصلی اول و دوم اثر متقابل برای هر یک از ژنوتیپ‌ها است. در روش ارزش پایداری امی (ASV) ژنوتیپی پایدار است که دارای ASV کم‌تری باشد. در این پژوهش از آزمون بارتلت به‌منظور بررسی یکنواختی واریانس اشتباهات آزمایشی استفاده شد هم‌چنین برای تجزیه AMMI از نرم‌افزار SAS و برای رسم بای‌پلات‌ها از نرم‌افزار Sigmaplot استفاده گردید.

**جدول ۱- اسامی لاین‌ها و ارقام موردبررسی در تحقیق.**

**Table 1. Names of lines and cultivars studied in the research.**

| نام لاین‌ها Names of lines | شماره Number | نام لاین‌ها Names of lines | شماره Number | نام لاین‌ها Names of lines | شماره Number | نام لاین‌ها Names of lines | شماره Number | نام لاین‌ها Names of lines | شماره Number |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Karaj1 | 21 | HW113 | 16 | HW118 | 11 | L62 | 6 | L183 | 1 |
| Karaj2 | 22 | HW114 | 17 | SW103 | 12 | Nafis (L72) | 7 | L170 | 2 |
| Okapi | 23 | HW112 | 18 | HW101 | 13 | L102 | 8 | L139 | 3 |
| Modena | 24 | SW104 | 19 | HW104 | 14 | L120 | 9 | L200 | 4 |
| Ahmadi | 25 | Nima (SW102) | 20 | HW111 | 15 | SW101 | 10 | L147 | 5 |

## نتایج و بحث

نتیجه آزمون بارتلت نشان داد که واریانس اشتباهات آزمایشی در آزمایش‌ها یکنواخت بوده (P value =۰/۵۰٤) و می‌توان تجزیه واریانس مرکب برای داده‌ها انجام داد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس عملکرد دانه با استفاده از روش امی در جدول ۲ آمده است. محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به‌ترتیب ۵۱/۷۵، ۹/۷٤ و ۳۸/۵۱ درصد از کل مجموع مربعات را توجیه نمودند. اثر محیط بیش‌ترین میزان را به خود اختصاص داده است که بیانگر تنوع محیط‌هاست که باعث ایجاد تفاوت در عملکرد دانه لاین‌ها شده است. هم‌چنین اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ٤ برابر اثر لاین بود که اهمیت نسبی اثر متقابل را نشان می‌دهد. در مطالعه پایداری ارقام کلزا با روش ggebiplot اثر متقابل ژنوتیپ × سال × مکان در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بوده که نشانگر وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط می‌باشد هم‌چنین مؤلفه اصلی اول و دوم به‌ترتیب ٤۷ و ۱۸ درصد و در مجموع ٦۵ درصد تغییرات موجود در داده‌ها را توجیه نمودند (۱۵).

سه مؤلفه اصلی اول در سطح احتمال یک درصد و مؤلفه اصلی چهارم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بودند و به‌ترتیب ۲٦/۸، ۲۱/۲۳، ۱۳/۵۸ و ۱۰/۹۹ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را به خود اختصاص دادند. مؤلفه‌های دیگر مجموعاً ۲۷/٤ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را توجیه کردند و

به‌عنوان باقی‌مانده یا نویز در جدول آورده شدند. بنابراین مدل امی با چهار مؤلفه اصلی مجموعاً ۷۲/٦ درصد از مجموع مربعات را توجیه نمود (جدول ۲).

به‌نظر می‌رسد که در نظر گرفتن مؤلفه اثر متقابل اول (IPC1) به‌تنهایی، ممکن است در برخی موارد گمراه‌کننده باشد. به‌خصوص با توجه به این‌که مؤلفه‌های مختلف مستقل از یکدیگر هستند (١٦). با توجه به این‌که مؤلفه اثر متقابل نخست بالاترین سهم را در بیان اثر متقابل ژنوتیپ × محیط دارد و مؤلفه‌های بعدی در درجات بعدی اهمیت قرار می‌گیرند و از بررسی اولین مؤلفه اثر متقابل می‌توان سازگاری‌های خصوصی را نیز شناسایی کرد (۵)، بنابراین، بهتر است حداقل از دو پارامتر روش امی استفاده کرد. در همین رابطه، گواچ با وجود معنی‌دار شدن ٤ مؤلفه اثر متقابل تنها از محور اول برای شناسایی سازگاری عمومی و خصوصی استفاده کرد (۱۰).

**جدول ۲- تجزیه واریانس مدل امی برای عملکرد دانه لاین‌های زمستانه کلزا در پنج مکان و دو سال زراعی**

**Table 2. Analysis of variance of AMMI model for seed yield of winter rapeseed lines in five locations and two crop years**

| میانگین مربعات<br>Mean squares | ٪ مجموع مربعات<br>Sum of Squares% | مجموع مربعات<br>Sum of Squares | درجه آزادی<br>df | منابع تغییرات<br>S.O.V |
|---|---|---|---|---|
| 2.06 | | 513.23 | 249 | تیمار<br>Treatment |
| 2.08** | 9.74 | 49.50 | 24 | ژنوتیپ<br>Genotype |
| 29.51** | 51.75 | 265.59 | 9 | محیط<br>Environment |
| 0.92** | 38.51 | 197.68 | 216 | ژنوتیپ × محیط<br>Genotype×Environment |
| 1.66** | 26.80 | 52.99 | 32 | IPCA1 |
| 1.39** | 21.23 | 41.99 | 30 | IPCA2 |
| 0.96** | 13.58 | 26.83 | 28 | IPCA3 |
| 0.84* | 10.99 | 21.74 | 26 | IPCA4 |
| 0.54 | 27.40 | 54.15 | 100 | باقی‌مانده (نویز)<br>Residual (Noise) |
| 0.68 | | 325.64 | 480 | خطای ادغام‌شده<br>Pooled error |
| | | 838/88 | 749 | کل<br>Total |

* و ** به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

* and ** Significant at the 0.05 and 0.01 levels, respectively.

بر اساس جدول ۳ لاین SW101 (با میانگین ٤٣٥٦ کیلوگرم در هکتار) کم‌ترین ASV را به خود اختصاص داد، عملکرد این لاین بالاتر از میانگین کل است، هم‌چنین در این روش لاین‌های HW112 و L120 بعد از لاین SW101، ASV پایینی را نشان دادند اما لاین L120 با داشتن میانگین عملکرد (٤٠٤٧ کیلوگرم در هکتار) پایین‌تر از میانگین کل (٤١٩٢ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان لاین‌های پایدار با عملکرد بالا شناخته شدند. هم‌چنین لاین L183، L170 و L200 با داشتن بالاترین ASV، ناپایدارترین لاین‌ها شناخته شدند.

**جدول ۳- ارزش پایداری (ASV) روش AMMI و مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول و دوم لاین‌های زمستانه کلزا.**

**Table 3. ASV of AMMI method and the values of first and second main components in winter rapeseed lines.**

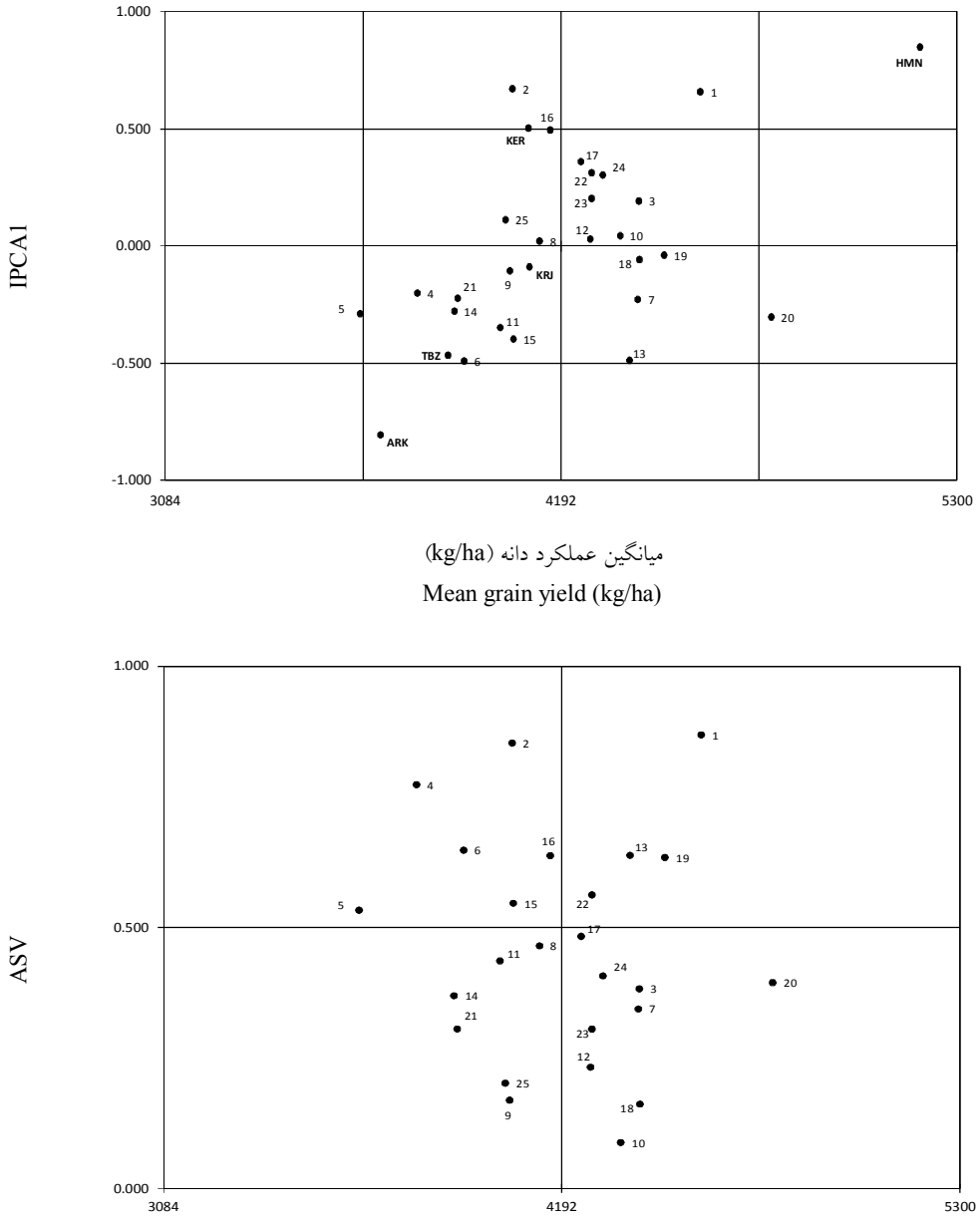
| ASV | IPCA2 | IPCA1 | میانگین عملکرد دانه Mean grain yield (Kg/ha) | | نام ژنوتیپ Genotype Name | شماره ژنوتیپ Genotype Number |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.869 | 0.247 | 0.660 | 4580 | ab | L183 | 1 |
| 0.853 | 0.081 | 0.673 | 4054 | bcde | L170 | 2 |
| 0.357 | -0.295 | 0.194 | 4408 | abc | L139 | 3 |
| 0.774 | 0.732 | -0.199 | 3788 | de | L200 | 4 |
| 0.534 | 0.392 | -0.287 | 3628 | e | L147 | 5 |
| 0.649 | 0.199 | -0.489 | 3919 | cde | L62 | 6 |
| 0.343 | -0.194 | -0.226 | 4405 | abc | Nafis (L72) | 7 |
| 0.466 | 0.465 | 0.023 | 4130 | bcde | L102 | 8 |
| 0.170 | 0.109 | -0.104 | 4047 | bcde | L120 | 9 |
| 0.090 | 0.068 | 0.046 | 4356 | abcd | SW101 | 10 |
| 0.437 | 0.005 | -0.346 | 4020 | bcde | HW118 | 11 |
| 0.234 | -0.230 | 0.032 | 4272 | abcd | SW103 | 12 |
| 0.638 | -0.178 | -0.486 | 4382 | abc | HW101 | 13 |
| 0.371 | 0.125 | -0.276 | 3892 | cde | HW104 | 14 |
| 0.547 | -0.225 | -0.395 | 4057 | bcde | HW111 | 15 |
| 0.638 | -0.117 | 0.497 | 4160 | bcde | HW113 | 16 |
| 0.484 | -0.159 | 0.362 | 4246 | abcd | HW114 | 17 |
| 0.163 | -0.147 | -0.056 | 4410 | abc | HW112 | 18 |
| 0.634 | -0.633 | -0.037 | 4479 | abc | SW104 | 19 |
| 0.395 | -0.109 | -0.301 | 4479 | a | Nima (SW102) | 20 |
| 0.307 | -0.127 | -0.221 | 3901 | cde | Okapi | 21 |
| 0.653 | -0.399 | 0.315 | 4276 | abcd | Modena | 22 |
| 0.307 | -0.164 | 0.205 | 4276 | abcd | Karaj1 | 23 |
| 0.408 | -0.136 | 0.395 | 4307 | abcd | Karaj2 | 24 |
| 0.203 | -0.143 | 0.114 | 4035 | bcde | Ahmadi | 25 |
| | | | 4192 | | میانگین کل Total average | |

در جدول ۳ مقادیر مؤلفه اصلی اول و دوم و میانگین عملکرد دانه نشان داده شده است. از مقادیر این جدول برای رسم بای‌پلات و بررسی پایداری لاین‌ها استفاده گردید. در بای‌پلات شکل ۱ مشاهده می‌شود که لاین‌های L170، L183، L62 و HW101 و هم‌چنین محیط‌های کرج (KRJ) و تبریز (TBZ) دارای IPCA1 بالا هستند، به‌عبارتی بیش‌ترین تأثیر را در ایجاد اثر متقابل دارند. خط عمود در میانه بای‌پلات (شکل ۱) از میانگین کل دو سال آزمایش می‌گذرد. ژنوتیپ‌ها و مکان‌های سمت راست این خط دارای عملکرد بالاتر از میانگین کل می‌باشند، بنابراین لاین‌های Nima (SW102)، L183، SW104، HW112، L139، Nafis (L72)، HW101، SW101، Karaj2، Karaj1، Modena، SW103 و HW114 به‌ترتیب بیش‌ترین تا کم‌ترین میانگین عملکرد بالاتر از متوسط را به خود اختصاص دادند و در سمت راست خط عمود در میانه بای‌پلات قرار گرفتند. لاین L147 کم‌ترین میزان عملکرد را داشت که در بای‌پلات مذکور مشاهده می‌شود. هم‌چنین در بین مکان‌ها، همدان (HMN) عملکرد بالایی را نشان داد. مکان اراک (ARK) و تبریز (TBZ) پایین‌ترین عملکرد را داشتند. هم‌چنین محور افقی در میانه نمودار نشان‌دهنده (IPCA1=۰ و AMMI=۰) است، که نشان می‌دهد هیچ‌گونه اثر متقابلی وجود ندارد. ازاین‌رو ژنوتیپ‌هایی که در مرکز بای‌پلات قرار گرفته‌اند اثر متقابل نزدیک به صفر دارند و دارای پایداری عمومی بیش‌تری هستند، بنابراین لاین‌های L102، Ahmadi، L120، SW101، HW114، Modena و Karaj1 دارای اثر متقابل پایینی می‌باشند، ولی لاین‌های SW103، SW101، HW114، Modena و Karaj1 به‌علت داشتن میانگین عملکرد بالاتر از میانگین کل می‌توانند به‌عنوان لاین‌هایی با پایداری مطلوب موردتوجه قرار بگیرند.

**جدول ٤- عملکرد دانه و مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول، دوم و سوم برای پنج مکان (کرج، تبریز، اراک، کرمانشاه و همدان).**

**Table 4. Grain yield and values of first, second and third main principal components for five locations (Karaj, Tabriz, Arak, Kermanshah and Hamedan).**

| IPCA3 | IPCA2 | IPCA1 | میانگین عملکرد دانه<br>Average Grain Yield | کد مکان<br>Location Code | نام مکان<br>Location Name |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.352 | -0.386 | -0.087 | 4102 | KRJ | کرج<br>Karaj |
| -0.836 | -0.329 | -0.646 | 3874 | TBZ | تبریز<br>Tabriz |
| 0.001 | 1.121 | 0.505 | 4099 | KER | کرمانشاه<br>Kermanshah |
| -0.103 | 0.246 | -0.804 | 3685 | ARK | اراک<br>Arak |
| -0.414 | -0.652 | 0.851 | 5195 | HMN | همدان<br>Hamedan |




**شکل ۱- بای‌پلات میانگین عملکرد دانه لاین‌های زمستانه کلزا، محیط‌ها و مقادیر اولین مؤلفه اصلی آن‌ها (AMMI1). (KRJ، TBZ، KER، ARK و HMN به ترتیب نشانگر کرج، تبریز، کرمانشاه، اراک و همدان می‌باشند).**

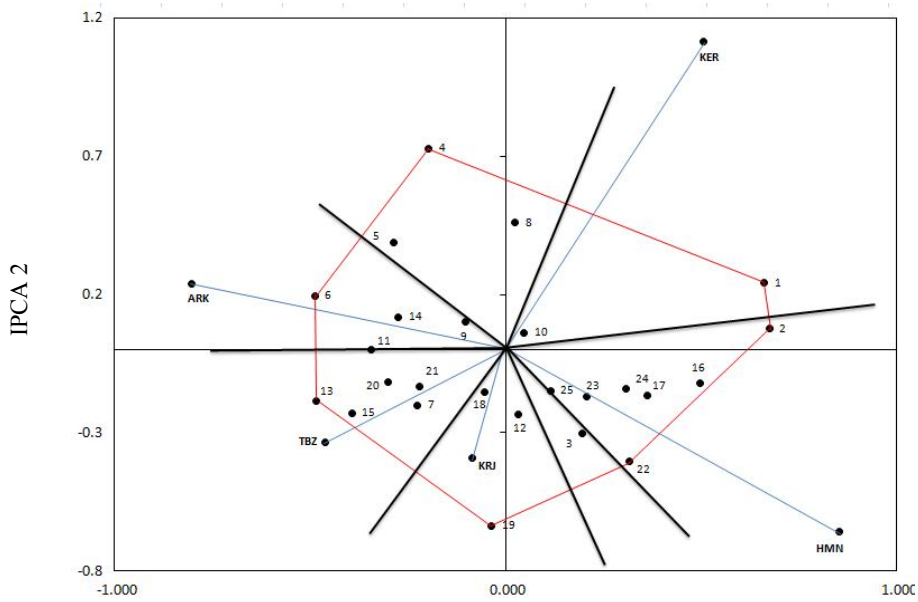
**Fig. 1. Biplot of mean grain yield of winter rapeseed lines, environments and values of their first main principal component (AMMI1). (KRJ, TBZ, KER, ARK and HMN represent Karaj, Tabriz, Kermanshah, Arak and Hamedan respectively).**

شکل ۲ بای‌پلات مؤلفه‌های اصلی اول و دوم اثر متقابل را برای لاین‌ها نشان می‌دهد. این بای‌پلات جمعاً ٤٨/٠٣ درصد تغییرات موجود در داده‌ها را توجیه می‌کند. در این بای‌پلات لاین‌های SW101 و L120 از کم‌ترین اثر متقابل برخوردار بودند که از بین آن‌ها اولی به‌علت داشتن میانگین عملکرد بیش‌تر از میانگین کل، به‌عنوان لاینی با سازگاری عمومی خوب شناخته شد. در بررسی سازگاری خصوصی و تعیین

مناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها برای مکان‌های مورد آزمایش با توجه به این بای‌پلات، لاین‌های L200، Modena، L183، L170، HW113، SW104، HW111، HW101 و L62 لاین‌هایی هستند که در رئوس چندضلعی تشکیل شده در این بای‌پلات قرار دارند. این لاین‌ها دارای بیش‌ترین پاسخ‌دهی در مکان‌های مناسب خود هستند (به‌عبارتی بیش‌ترین سازگاری اختصاصی با مکان‌های مناسب خود را دارند). در این بای‌پلات مکان‌های کرمانشاه (KER) و اراک (ARK) در داخل بخش اول قرار گرفته‌اند و لاین برنده در این دو مکان لاین L200 است و به‌عبارتی از واکنش اثر متقابل مشابه با این دو مکان برخوردار است. به‌علاوه لاین L147 با داشتن زاویه حاده (همبستگی نزدیک و اثر متقابل مشابه) با مکان اراک به‌عنوان لاین مناسب و سازگار برای این مکان شناخته شد و لاین L102 نیز اثر متقابل مشابه بسیار بالایی با مکان کرمانشاه نشان داد.

در بخش دوم این بای‌پلات رقم Modena، لاین L183 و L170 در رأس قرار دارد که لاین مناسب برای هیچ مکانی نمی‌باشند، زیرا در بخشی واقع شده‌اند که در آن بخش هیچ مکانی قرار ندارد. در بخش سوم لاین HW113 به‌عنوان لاین مناسب برای مکان کرج (KRJ) شناخته شد، هم‌چنین ازآنجایی‌که لاین HW114 و Karaj2 دارای اثر متقابل مشابه با کرج می‌باشند می‌توانند به‌عنوان لاین‌های سازگار با مکان کرج معرفی شوند. در بخش چهارم لاین SW104 به‌عنوان لاین مناسب و سازگار برای مکان همدان (HMN) شناخته شد. در بخش پنجم دو لاین HW111 و HW101 در بخشی واقع شده‌اند که مکان تبریز (TBZ) در آن بخش قرار دارد. لاین L62 همانند Modena، L183 و L170 در بخشی واقع شده که در آن بخش هیچ مکانی قرار ندارد بنابراین سازگاری خصوصی با هیچ‌یک از مکان‌های مورد مطالعه نشان نداد.

به‌دلیل این‌که مجموع مؤلفه‌های اصلی اول و دوم کم‌تر از ۵۰ درصد از مجموع تغییرات را توجیه می‌کنند، از مؤلفه‌های اصلی اول، دوم و سوم که در مجموع ٦١/٦١ درصد از تغییرات موجود در داده‌ها را توجیه می‌کند، استفاده گردید. از این دیدگاه ژنوتیپ‌های شماره ۱۰، ۱۷، ٢٤، ٢٣، ٢٥، ١٦ و ٢٢ دارای IPCA نزدیک به صفر دارای کم‌ترین میزان اثر متقابل و بیش‌ترین پایداری عمومی بودند. آن‌چه از این مطالعه نتیجه گرفته می شود این است که از بین این ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ ۱۰ با داشتن کم‌ترین میزان ASV و عملکردی بالاتر از میانگین کل به‌عنوان ژنوتیپ با پایداری عمومی خوب مورد توجه قرار گرفت. در نهایت ژنوتیپ SW101 به‌دلیل داشتن کم‌ترین میزان اثر متقابل و میانگین عملکردی بالاتر از میانگین متوسط به‌عنوان ژنوتیپ با پایداری عمومی و یکی از مناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها جهت کشت در مناطق مورد مطالعه معرفی می‌گردد.




شکل ۲- بای‌پلات بر اساس مدل امی ۲. در داخل شکل **KRJ**، **TBZ**، **KER**، **ARK** و **HMN** به‌ترتیب نشانگر کرج، تبریز، کرمانشاه، اراک و همدان می‌باشند.

**Fig. 2. Biplot based on AMMI2 model. Inside the figure KRJ, TBZ, KER, ARK and HMN respectively, indicate Karaj, Tabriz, Kermanshah, Arak and Hamedan.**

## منابع


1. Adugna, W. and Labuschagne, M.T. 2003. Parametric and non-parametric measures of phenotypic stability in linseed (*Linum usitatissimum* L.). Euphytica. 129: 211-218.
2. Allard, R.W. and Bradshaw, A.D. 1964. Implication of genotype×environment interaction in applied plant breeding. Crop Sci. 4: 503-507.
3. Annicchiarico, P., Russi, L., Piano, E. and Veronesi, F. 2006. Cultivar adaptation across Italian location in four turfgrass species. Crop Sci. 46: 264-272.
4. Asad, M.T. 1997. Agricultural field experiments: Design and analysis. Shiraz University, Shiraz, Iran. (In Persian)
5. Crossa, J. 1990. Statistical analysis of multi-location trials. Adv. Agron. 44: 55-85.
6. Emam, Y. and Niknezhad, M. 1994. The physiology of crop yield. Publication of Shiraz University. (In Persian)
7. Flores, F., Moreno, M.T. and Cubero, J.I. 1998. A Comparison of univariate and multivariate methods to analyze G×E interaction. Field Crop Res. 56: 271-286.
8. Freeman, G.H. 1985. The analysis and interpretation of interactions. J. Appl. Stat. 12: 3-10.
9. Gabriel, K.R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. Biometrika. 58: 453-467.
10. Gauch, H.G. 1988. Model selection and validation for yield trials with interaction. Biometrics. 44: 705-715.
11. Gauch, H.G. and Zobel, R.W. 1988. Predictive and postdictive success of statistical analysis of yield trials. Theor. Appl. Genet. 76: 1-10.
12. Gunasekera, C.P., Martin, L.D., Siddique, K.H.M. and Walton, G.H. 2006a. Genotype by environment interactions of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) and canola (*B. napus* L.) in Mediterranean type environments 1. Crop growth and seed yield. Eur. J. Agron. 25: 1-12.

13. Gunasekera, C.P., Martin, L.D., Siddique, K.H.M. and Walton, G.H. 2006b. Genotype by environment interactions of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) and canola (*B. napus* L.) in Mediterranean type environments 2. Oil and protein concentrations in seed. Eur. J. Agron. 25: 13-21.
14. Hayward, A.D., Bosemark, N.O. and Romagosa, I. 1993. Plant Breeding. Chapman and Hall, U.K. 576p.
15. Javidfar, F., Alizadeh, B., Amiri Oghan, H. and Sabaghnia, N. 2010. A study of genotype by environment interaction in oilseed rape genotypes, using GGE biplot method. Iran. J. Field Crop Sci. 41: 4. 771-779. (In Persian)
16. Jobson, J.D. 1992. Applied multivariate data analysis, Vo1: II. Springer-Verlage, New York.
17. Ketata, H. 1988. Genotype and Environment Interaction. Proceedings of Biometrical Techniques for Cereal Breeders. ICARDA, Aleppo, Syria, pp. 16-32.
18. Khajepoor, M.R. 2007. Industrial plants. Isfahan Industrial University, Isfahan, Iran. (In Persian)
19. Kroonenberg, P.M. 1995. Introduction to biplots for G×E tables. Department of mathematics research report. No. 51, University of Queensland Australia.
20. Lin, C.S., Binns, M.R. and Lefcovitch, L.P. 1986. Stability analysis: where do we stand? Crop Sci. 26: 894-900.
21. Marjanovic-Jeromela, A., Nagl, N., Gvozdanovic-Varga, J., Hristov, N., Kondic-Spika, A., Vasicand, M. and Marinkovic, R. 2011. Genotype by environment interaction for seed yield per plant in rapeseed using AMMI model. Persqui. Agropecu. Bras. 46: 2. 174-181.
22. Moreno-Gonzalez, J., Crossa, J. and Cornelius, P.L. 2004. Genotype × environment interaction in multi-environment trials using shrinkage factors for AMMI models. Euphytica 137: 119-127.
23. Mostafavi, K.H., Mohammadi, A., Khodarahmi, M. and Zare, M. 2012. Yield response of commercial canola cultivars to different locations using graphical GGE biplot method. Agron. Plant Breed. J. 4: 133-143. (In Persian)
24. Purchase, J.L. 1997. Parametric analysis to describe genotype × environment interaction and yield stability in winter wheat. Ph.D. dissertation, department of agronomy, university of Orange Free State, Bloemfontein, South Africa.
25. Rezaizad, A. and Moradgholi, F. 2017. Evaluation of seed yield stability of oilseed rape genotypes in cold and temperate-cold environments. Iran. J. Crop Sci. 19: 1. 13-25. (In Persian)
26. RomagosaI, F. 1993. Genotype × environment interaction and adaptation. Plant Breeding: Principle and Prospects, Pp: 373-390.
27. Roy, D. 2000. Plant breeding, analysis and exploitation of variation. Alpha Science International Ltd.
28. Sabaghnia, N. 2005. Study of genotype × environment interaction and yield stability of lentil (*Lens culinaris*) autumn cultivars. M.Sc. thesis, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran. (In Persian)
29. Shafii, B. and Price, W.J. 1998. Analysis of Genotype-by-Environment Interaction Using the Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Model and Stability Estimates. J. Agric. Biol. Environ. Stat. 3: 3. 335-345.
30. Vargas, M., Crossa, J., van Eeuwijk, F., Sayre, K.D. and Reynolds, M.P. 2001. Interpreting treatment × environment interaction in agronomy trials. Agron. J. 93: 4. 949-960.
31. Zobel, R.W., Wright, M.J. and Gauch, H.G. 1988. Statistical analysis of yield trial. Agron. J. 80: 388-393.