"مجله علوم زراعی ایران"
جلد نوزدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶

ارزیابی پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا (*Brassica napus* L.) در مناطق سرد و معتدل سرد

Evaluation of seed yield stability of oilseed rape genotypes in cold and temperate-cold environments

عباس رضایی زاد[۱] و فخرالدین مرادقلی[۲]

چکیده

رضایی زاد. ع. و ف. مرادقلی. ۱۳۹۵. ارزیابی پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا (*Brassica napus* L.) در مناطق سرد و معتدل سرد. **مجله علوم زراعی ایران. ۱۹(۱): ۲۵-۱۳.**

اثر متقابل ژنوتیپ و محیط از مهم‌ترین مباحث در اصلاح گیاهان زراعی است و معیارهای آماری مختلفی برای ارزیابی آن معرفی شده است. در تحقیق حاضر، پایداری عملکرد دانهٔ ۲۲ رقم و هیبرید کلزا در دو تاریخ کشت توصیه شده منطقه و تأخیری طی سه سال زراعی (۱۳۹۳-۱۳۹۰) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسلام‌آباد غرب مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تجزیهٔ واریانس مرکب نشان داد که تنوع ژنتیکی معنی‌داری برای اثرهای اصلی محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ×محیط از لحاظ عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا وجود داشت. ژنوتیپ‌های Hyola308، Zarfam، Shiralee، MHA01/18، Elite، Parade و Opera به ترتیب با ٤٤٨٧، ٤٤٧٥، ٤٤٤٢ ، ٤٤٠٨ ، ٤٣٥٠، ٤٣٣٣ و ٤٢٥٧ کیلوگرم در هکتار، دارای بیشترین عملکرد دانه بودند. نتایج تجزیهٔ AMMI نشان داد که چهار مولفهٔ اول اثر متقابل ژنوتیپ در محیط معنی‌دار بوده و مجموع مربعات آنها به ترتیب ٤٠/٧، ٢٨/٥، ١٧/١ و ١٢/١ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را به خود اختصاص داد. بر اساس دو مولفهٔ اول، ژنوتیپ‌های Kristina، Parade، Kimberly، Elect، Goliath، Elite و Shiralee با قرار گرفتن در مرکز بای‌پلات، دارای کمترین اثر متقابل بوده و بیشترین سازگاری عمومی را داشتند. بر اساس روش گزینش هم‌زمان عملکرد و پایداری تولید، ارقام Shiralee، Hyola308، Zarfam، Parade، MHA01/18 و Krsitina به‌ترتیب ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار در آزمایش حاضر شناخته شدند.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل، پایداری، ژنوتیپ، کلزا و تجزیه AMMI

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۲۰ این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات نگارنده دوم می باشد.

۱- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه ایران. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: arezaizad@yahoo.com)

۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی کرمانشاه

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.2.8]

مقدمه

ارزیابی میزان سازگاری و پایداری تولید ارقام در شرایط مختلف محیطی در برنامه‌های اصلاحی گیاهان زراعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به علت واکنش متفاوت ارقام نسبت به تغییرات محیطی، عملکرد آنها از محیطی به محیط دیگر متفاوت است. به طور معمول هر رقم در یک محیط خاص حداکثر پتانسیل تولید محصول را دارد، اما با ارزیابی سازگاری و پایداری عملکرد ارقام در محیط‌های مختلف می‌توان رقمی را که در همه محیط‌ها عملکرد قابل قبولی تولید کند، شناسایی کرد (Dashtaki *et al*., 2004). اثر متقابل ژنوتیپ و محیط پاسخ یک ژنوتیپ به تغییرات محیط است (Crossa *et al*., 1991). ارقام مطلوب ارقامی با عملکرد دانهٔ بالا و سازگاری مناسب به دامنهٔ وسیعی از شرایط محیطی هستند (Yan *et al*., 2007). اثر متقابل ژنوتیپ×محیط باعث می‌شود که انتخاب ارقام فقط بر اساس عملکرد و بدون در نظر گرفتن پایداری عملکرد، معیار مناسب و دقیقی نباشد (Kamidi, 2001). از این رو، برای تشخیص درجهٔ سازگاری و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها، ارزیابی در شرایط مختلف محیطی در سال‌های مختلف اجتناب‌ناپذیر است.

در اصلاح نباتات، سازگاری در دو مفهوم عمومی و خصوصی به کار می‌رود. در سازگاری عمومی هدف به‌دست آوردن ارقامی است که در بیشتر محیط‌ها دارای میانگین عملکرد بیشتری باشند، ولی در سازگاری خصوصی، هدف شناسایی ارقامی است که در محیط‌های خاص عملکرد بیشتری داشته باشند (Paolo, 2002). از روش‌های مختلفی برای انتخاب ارقام پایدار استفاده شده است. مرتضویان و عزیزی‌نیا (Mortazavian and Azizi-nia, 2014) پایداری ۱۷ ژنوتیپ کلزا را با استفاده از روش‌های ناپارامتری مورد ارزیابی قرار داده و رقم Geromino را به عنوان رقم پرمحصول و دارای پایداری عملکرد معرفی کردند. پورداد و جمشید مقدم (Pourdad and Jamshid Moghadam, 2013) از روش GGE بای‌پلات برای بررسی عملکرد دانهٔ نه ژنوتیپ کلزا در چهار منطقه در طی دو سال استفاده کردند. در این آزمایش، ارزیابی هم‌زمان پایداری و عملکرد ژنوتیپ‌ها با استفاده از بای‌پلات مختصات محیط نشان داد که هیبرید Hyola401 با بیشترین عملکرد دانه، ناپایدارترین ژنوتیپ بود و دو رقم Option500 و Kristina با عملکردهای بالا و پایداری عملکرد نسبی، گزینش شدند. احمدی و همکاران (Ahmadi *et al*., 2012) در ارزیابی پایداری ۱۹ لاین و رقم کلزا با استفاده از آماره‌های پارامتری و غیر پارامتری، ژنوتیپ‌های Option 500، PP-308-8، PP-4010-15E، PP-401-16 و Shiralee را بعنوان پرمحصول و پایدار با محتوای روغن دانه بالاتر معرفی کردند. مصطفوی و همکاران (Mostafavi *et al*., 2012) واکنش عملکرد ارقام تجاری کلزا به محیط‌های مختلف را با استفاده از روش گرافیکی GGE Biplot مورد ارزیابی کرده و گزارش کردند که سه رقم Licord، Hayola308 و Modena دارای بیشترین عملکرد بودند و رقم pera کمترین عملکرد دانه را داشت. جاویدفر و همکاران (Javidfar *et al*., 2011) اثر سازگاری و پایداری عملکرد ۲۴ ژنوتیپ کلزا را به مدت دو سال زراعی در نه ایستگاه تحقیقاتی با استفاده از روش GGE بای‌پلات مورد ارزیابی قرار داده و گزارش کردند که ژنوتیپ DP.94.8 بر اساس هر دو مقولهٔ پایداری و میانگین عملکرد، بهتر از سایر ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مورد بررسی بوده و سازگاری عمومی بالایی داشت.

در برنامه‌های به‌نژادی کلزا، شناسایی ارقامی که در شرایط محیطی مختلف عملکرد مناسبی داشته باشند، اهمیت زیادی دارد. تاخیر در کاشت یکی از شرایطی است که می‌تواند زراعت کلزا را در مناطق سرد و معتدل سرد با محدودیت مواجه کند. بسیاری از کشاورزان در این مناطق با توجه به محدودیت‌ها در

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.2.8]

تاریخ مناسب کاشت کلزا، از قبیل کمبود آب در اواخر تابستان و همچنین تراکم کاری مربوط به زراعت محصولات بهاره، کاشت کلزا را با تاخیر انجام می‌دهند، بنابراین شناسایی ژنوتیپ‌هایی که هم در تاریخ کاشت توصیه شده و هم در شرایط کشت تأخیری عملکرد بالایی تولید کرده و پایداری عملکرد آنها در هر دو وضعیت نسبتا یکسان باشد، بسیار ضروری است. از این رو این آزمایش با هدف شناسایی ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار در شرایط مختلف محیطی برای مناطق سرد و معتدل سرد اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی پایداری عملکرد و اثر متقابل ژنوتیپ×محیط، ۲۲ ژنوتیپ کلزا در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسلام‌آباد غرب طی سه سال زراعی (۱۳۹۳-۱۳۹۰) و دو تاریخ کاشت توصیه شده منطقه (هفتم مهر) و تأخیری (هفتم آبان) در شش محیط مورد ارزیابی قرار گرفتند. عملیات آماده‌سازی زمین در شهریور انجام گرفت و بر اساس نتایج آزمون خاک، نیاز کودی گیاه تعیین شد. خاک محل آزمایش دارای ۱/۱ درصد کربن آلی و مقدار پتاسیم و فسفر قابل جذب آن به ترتیب ۱۳ و ۲۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. بر این اساس نیاز کودی گیاه با مصرف ۶۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (از منبع اوره)، ۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر (از منبع فسفات‌آمونیوم) و ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاس (از منبع سولفات‌پتاسیم) تامین شد. تمام کود پتاس و کود فسفر و یک‌سوم از کود نیتروژن توصیه شده در زمان کاشت در هنگام تهیه زمین پخش و سپس علف‌کش ترفلان به طور یکنواخت روی خاک پاشیده شد و با دیسک سبک با خاک مخلوط شد. در مرحله شروع ساقه رفتن و نیز ظهور اولین غنچه‌های گل، دو قسمت دیگر کود نیتروژن به خاک داده شد. بذرکاری با استفاده از بذرکار وینتراشتایگر انجام شد به طوری که هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کاشت به طول پنج متر، فواصل ردیف‌های کاشت ۲۵ سانتی‌متر و مساحت هر کرت پنج مترمربع بود. در زمان برداشت پس از حذف نیم متر از دو انتهای کرت، عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین پایداری عملکرد ارقام کلزا از روش تجزیهٔ AMMI استفاده شد. روش AMMI ترکیبی از مدل تجزیهٔ واریانس و تجزیهٔ به مؤلفه‌های اصلی بوده و مدل آن به‌صورت رابطه ۱ است (Gauch, 1992):

$$Y_{ger} = u + \alpha_g + \beta_e + \sum_n \lambda_n \gamma_{gn} \delta_{en} + p_{ge} + \varepsilon_{ger} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

Y_{ger}: عملکرد ژنوتیپ gام در محیط uام در تکرار r ام، u: میانگین کل آزمایش، αg و βg: به ترتیب اثرهای اصلی ژنوتیپ و محیط، λ_n: مقدار منفرد برای مؤلفهٔ n ام، γ_{gn}: بردار ویژهٔ ژنوتیپ برای محور n ام، δ_{en}: بردار ویژهٔ محیط برای بردار n ام، p_{ge}: مقدار باقی‌مانده یا نویز (Noise) و ε_{ger}: عبارت مربوط به خطا هستند. برای محاسبهٔ آمارهٔ پایداری ASV از رابطه (۲) استفاده شد (Purchase, 1997):

$$ASV = \sqrt{\frac{IPCA1}{IPCA2}(IPCA1)^2 + (IPCA1)^2} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

علاوه بر تجزیهٔ AMMI از روش گزینش هم‌زمان عملکرد و پایداری (Kang, 1993) برای تعیین ژنوتیپ-های پرمحصول و پایدار استفاده شد. این روش بر اساس ادغام دو روش پارامتری و ناپارامتری (روش رتبه‌ای) است. در این روش ابتدا ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد رتبه‌بندی شده و ژنوتیپ‌های دارای بیشترین عملکرد، دارای بیشترین رتبه خواهند بود. سپس رتبهٔ ژنوتیپ‌ها بر اساس اختلاف آنها از میانگین عملکرد تصحیح و در انتها با کمک آمارهٔ پایداری شوکلا، عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌ها تعیین شد. از نرم افزارهای SAS، IRRISTAT، SPSS و Excel به‌ترتیب برای انجام تجزیهٔ واریانس مرکب، تجزیهٔ AMMI، رسم نمودارهای بای‌پلات اثر متقابل و روابط مربوط به گزینش هم‌زمان عملکرد و پایداری استفاده شد.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.2.8]

جدول۱- اسامی و تیپ‌رشد ژنوتیپ‌های کلزا در آزمایش حاضر

Table 1. Name and growth types of oilseed rape genotypes in current experiment

شمارهٔ No.	نام ژنوتیپ Name	تیپ رشد Growth type	شمارهٔ No.	نام ژنوتیپ Name	تیپ رشد Growth type
1	ELECT	هیبرید- زمستانه Winter- Hybrid	12	RGS 003	آزادگرده افشان- بهاره Spring-O.P.
2	KRISTINA	آزادگرده افشان- زمستانه Winter- O.P.	13	HYOLA 308	هیبرید- بهاره Spring- Hybrid
3	SHIRALEE	آزادگرده افشان- بهاره Spring- O.P.	14	MHA 01/18	آزادگرده افشان- زمستانه Winter-O.P.
4	KIMBERALY	آزادگرده افشان- زمستانه Winter-O.P.	15	OKAPI	آزادگرده افشان- زمستانه Winter-O.P.
5	MAGENT	آزادگرده افشان- زمستانه Winter- O.P.	16	SLM O46	آزادگرده افشان-زمستانه Winter-O.P.
6	PARADE	آزادگرده افشان- حدواسط Facultative-O.P.	17	ZARFAM	آزادگرده افشان- حدواسط Facultative-O.P.
7	GOLIATH	آزادگرده افشان- بهاره Spring-O.P.	18	LICORD	آزادگرده افشان- زمستانه Winter-O.P.
8	DANKLED	آزادگرده افشان- زمستانه Winter-O.P.	19	ELIT	هیبرید- زمستانه Winter- Hybrid
9	VDH-8003-98	آزادگرده افشان- زمستانه Winter-O.P.	20	TYALAYE	آزادگرده افشان- زمستانه Winter-O.P.
10	NK-BILBAOO	آزادگرده افشان- زمستانه Winter-O.P.	21	SARIGOL	آزادگرده افشان- بهاره Spring-O.P.
11	HYOLA 401	هیبرید- بهاره Spring-Hybrid	22	OPERA	آزادگرده افشان- زمستانه Winter-O.P.

نتاج و بحث

نتیجهٔ تجزیهٔ واریانس مرکب برای عملکرد دانهٔ ۲۲ رقم و هیبرید کلزا مورد بررسی در شش محیط مورد مطالعه نشان داد که اثر محیط بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. این موضوع نشان می‌دهد که سه سال زراعی و تاریخ کشت‌های مختلف توانستند شش محیط متفاوت را ایجاد نمایند، بطوریکه از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد.

در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نیز تنوع معنی‌داری برای عملکرد دانه در سطح احتمال یک‌درصد مشاهده شد. وجود تنوع معنی‌دار در بین ژنوتیپ‌ها بیانگر اختلاف پتانسیل ژنتیکی این ژنوتیپ‌ها برای عملکرد دانه است.

اثر متقابل ژنوتیپ×محیط برای عملکرد دانه در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بود. معنی‌دار شدن اثر متقابل نشان داد که رفتار ژنوتیپ‌های کلزا در محیط‌های مختلف از نظر عملکرد دانه متفاوت بوده است. به عبارت دیگر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در محیط‌های مختلف پاسخ‌های متفاوتی داشتند، بنابراین پایداری عملکرد دانه می‌تواند با استفاده از روش‌های تجزیهٔ پایداری مورد بررسی قرار گیرد. معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ×محیط برای عملکرد دانه کلزا در آزمایش‌های دیگر نیز گزارش شده است (Ahmadi *et al*., 2012; Pourdad and Jamshid Mohgadam, 2013; Mortazavian and Aziz-nia, 2014).

نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های Hyola308، Zarfam، Shiralee، MHA01/18، Elite، Parade و Opera با ۴۴۸۷، ۴۴۷۵، ۴۴۴۲، ۴۴۰۸، ۴۳۵۰، ۴۳۳۳ و ۴۲۵۷ کیلوگرم در هکتار، به‌ترتیب دارای بیشترین عملکرد دانه بودند. Hyola308 و Shiralee دارای تیپ رشد بهاره و Zarfam دارای تیپ رشد بینابین هستند. یکی از نکات قابل توجه در این آزمایش، عملکرد قابل قبول

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.2.8]

ژنوتیپ‌های بهاره، به‌ویژه در کشت تأخیری بود. به‌نظر می‌رسد که این موضوع حاصل رشد سریع ژنوتیپ‌های بهاره در کشت تأخیری است، به طوری که قبل از رخداد یخبندان در مدت زمان کوتاهی به مرحلهٔ مناسب تحمل به سرما می‌رسند. با این حال باید ب ه این نکته توجه شود که در کاشت زودهنگام، ژنوتیپ‌های بهاره در پاییز، در صورتی که دمای هوا در پاییز، بیشتر از میانگین بلندمدت باشد، احتمال به ساقه رفتن کلزا و در نتیجه آسیب‌پذیری در مقابل سرما وجود دارد. در آزمایش مصطفوی و همکاران (Mostafavi *et al.*, 2012) نیز عملکرد بالایی برای رقم‌های Hyola308 و Zarfam گزارش شد، اما این ارقام از پایداری عملکرد چندانی برخوردار نبودند. در آزمایش احمدی و همکاران (Ahmadi *et al.*, 2012) رقم Shiralee پس از RGS003 از بیشترین عملکرد دانه برخوردار بود.

توصیه یک رقم باید با احتیاط انجام گیرد و رقمی انتخاب شود که علاوه بر عملکرد بیشتر، نوسانات کمتری از سالی به سال دیگر و همچنین در شرایط محیطی مختلف از قبیل تأخیر در کاشت داشته باشد، بدین منظور پایداری عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های مورد بررسی با استفاده از برخی پارامترهای رایج پایداری محاسبه شد. نتایج تجزیهٔ AMMI بر اساس مدل ارائه شده توسط کلی و دومبک (Clay and Dombek, 1995) در شش محیط برای صفات عملکرد دانه نشان داد که اثرهای جمع‌پذیر محیط و ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بود، بنابراین در بین شش محیط مورد بررسی و همچنین در بین ژنوتیپ‌های کلزا برای عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. اثر اصلی جمع‌پذیر محیط و ژنوتیپ برای عملکرد دانه به ترتیب ۳۸/۹۰ و ۹/۵۰ درصد از مجموع مربعات کل را به خود اختصاص دادند که بر این اساس می‌توان گفت بیشترین تغییرات عملکرد ناشی از اثر اصلی محیط بود و ژنوتیپ‌ها تأثیر متوسطی بر تنوع عملکرد داشتند، بنابراین اختلاف در تاریخ کاشت ایجاد شده و سال، بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه داشتند (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیهٔ AMMI عملکرد دانهٔ ۲۲ ژنوتیپ کلزا در شش محیط برای عملکرد دانه

Table 2. AMMI analysis of 22 oilseed rape genotypes in six environments for seed yield

Source of variation	منابع تغییر	درجهٔ آزادی df	MS	%SS	SS
Environment	محیط	5	32164501**	38.9[a]	25576865
Genotype	ژنوتیپ	21	1870396**	9.5[a]	8791449
Genotype×Environment	ژنوتیپ×محیط	105	866433**	22.1[a]	17170506
IPCA1	مؤلفهٔ اول	25	1482002**	40.7[b]	6784403
IPCA2	مؤلفهٔ دوم	23	1128638**	28.5[b]	5161663
IPCA3	مؤلفهٔ سوم	21	741720**	17.1[b]	2784430
IPCA4	مؤلفهٔ چهارم	19	579917**	12.1[b]	2169015
Residue (noise)	باقی‌مانده (نویز)	17	80508	1.5[b]	270996
Error	خطا	378	295253	27.0[a]	22454695
Total	کل	527			80166490

a: درصد از مجموع مربعات کل، b: درصد از مجموع مربعات اثر متقابل

a: % from total of sum of squares, b: % from sum of squares for interaction effect

چهار مؤلفهٔ اول اثر متقابل ژنوتیپ×محیط در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار شدند و مجموع مربعات آنها به ترتیب ۴۰/۷، ۲۸/۵، ۱۷/۱ و ۱۲/۱ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را به خود اختصاص دادند. ژنوتیپ‌های Parade، Licord، Kristina، Kimberly و Zarfam به‌ترتیب کمترین سهم را در ایجاد اثر متقابل

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.2.8]

مؤلفهٔ اول داشتند (جدول ۳)، بنابراین این ژنوتیپ‌ها به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با سازگای عمومی بالا شناخته شدند. این ژنوتیپ‌ها، به‌جز Zarfam دارای تیپ رشد زمستانه هستند. نتایج نشان داد که ضرایب مؤلفهٔ اول اثر متقابل ژنوتیپ×محیط برای کشت‌های تأخیری (E4، E5 و E6) بیش از کشت‌های در زمان توصیه شده (E1، E2 و E3) بود و بنابراین کشت‌های تأخیری تأثیر بیشتری در ایجاد اثر متقابل ژنوتیپ×محیط در مقایسه با اثر سال داشتند.

موقعیت ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها بر اساس مؤلفهٔ اول اثر متقابل و میانگین عملکرد دانه آنها در شکل ۱ نشان داده شده است. در این شکل محور افقی نشان دهنده اثرهای اصلی جمع‌پذیر یا میانگین عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار و محور عمودی نشان‌دهنده اثرهای متقابل ضربی یا مقادیر اولین مؤلفهٔ اصلی اثر متقابل (IPCA1) می‌باشند. باید توجه داشت که ژنوتیپ‌ها و محیط‌هایی که دارای مقادیر اولین مؤلفهٔ اصلی بزرگ (مثبت یا منفی) باشند، اثر متقابل بالایی دارند. در حالی که ژنوتیپ‌ها و محیط‌هایی با مقادیر اولین مؤلفهٔ اصلی نزدیک به صفر، دارای اثر متقابل پایین هستند. از طرفی ژنوتیپ‌ها و محیط‌های دارای علامت‌های مخالف، واکنش اثر متقابل منفی (ناسازگاری) را ایجاد می‌کنند. بر این اساس، ژنوتیپ‌های Parade، Licord، Kristina و Kimberly کمترین مقادیر را برای مؤلفهٔ اول اثر متقابل ژنوتیپ×محیط داشته و از بین این ژنوتیپ‌ها Parade، Licord و Kristina میانگین عملکرد بیشتری داشتند. ژنوتیپ‌های NK-Bilbaoo، Hyola308، Hyola401، VDH-8003-98 و Dankled دارای بیشترین مقادیر برای مؤلفهٔ اول اثر متقابل ژنوتیپ×محیط و بنابراین دارای کمترین سازگاری عمومی بودند.

با توجه به اینکه مؤلفهٔ اول اثر متقابل تنها ۴۰/۷ درصد از تنوع داده‌ها را توجیه کرد و به‌منظور استفاده از ظرفیت مؤلفهٔ دوم اثر متقابل در توجیه اثرهای متقابل، از مدل AMMI2 که از پلات کردن دو مؤلفه اصلی اول و دوم ایجاد می‌شود، برای ارزیابی پایداری عملکرد دانه و سازگاری خصوصی ژنوتیپ‌ها استفاده شد (شکل ۲). این بای‌پلات جمعاً ۶۹/۲ درصد تغییرات داده‌ها را توجیه کرد. در این مدل هرچه ژنوتیپ‌ها به مرکز بای‌پلات AMMI نزدیک‌تر باشند، دارای اثر متقابل ژنوتیپ×محیط کمتری هستند و در نتیجه از سازگاری عمومی بالاتری برخوردارند و بنابراین برای بیشتر محیط‌ها می‌توان آنها را توصیه کرد. در مقابل، ژنوتیپ‌های دور از مرکز بای‌پلات سازگاری خصوصی دارند (Gauch and Zoble, 1997). در این پلات، ژنوتیپ‌های کلزا همراه با محیط‌های مختلف نشان داده شده است. ژنوتیپ‌های Kristina، Parade، Kimberly، Elect، Goliath، Elite و Shiralee با قرار گرفتن در مرکز بای‌پلات دارای کمترین اثر متقابل بر اساس هر دو مؤلفه بودند و بیشترین سازگاری عمومی را نشان دادند. در بین این ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ‌های Kristina، Parade، Elite و Shiralee از میانگین عملکرد بالاتری برخوردار بودند. ژنوتیپ‌های Zarfam، Hyola401 و MHA01/18 بیشترین فاصله را از مرکز بای‌پلات داشتند و بنابراین از مقادیر بالایی برای یکی از دو مؤلفهٔ اول اثر متقابل برخوردار بودند.

به منظور تحلیل بهتر اثرهای متقابل ژنوتیپ×محیط و تعیین سهم ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها در اثرهای متقابل از آماره ارزش پایداری AMMI (ASV) نیز استفاده شد. آماره ASV بدلیل اینکه اثرهای دو مؤلفهٔ اول اثرهای متقابل را بطور همزمان مورد مطالعه قرار می‌دهد، اثر زیادی در تفسیر نتایج تجزیهٔ AMMI دارد. ژنوتیپ‌ها و محیط‌های با مقادیر کم ASV پایدار و با مقادیر بیشتر، ناپایدار خواهند بود (Purchase *et al.*, 2000). نتایج نشان داد که برای عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های Kristina، Parade، Kimberly، Elect و Goliath دارای مقادیر اندک پارامتر ASV بودند و جزء ژنوتیپ‌های پایدار محسوب شدند که در بین آنها Kristina و Parade

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.2.8]

جدول ۳- مقادیر مؤلفهٔ‌های اول تا چهارم اثر متقابل ژنوتیپ‌های کلزا برای عملکرد دانه

Table 3. Values of IPCA1 to IPCA4 for interaction effect components of seed yield of oilseed rape genotypes

شماره No.	ژنوتیپ‌های کلزا Rapeseed genotype	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})	مؤلفهٔ اول IPCA1	مؤلفهٔ دوم IPCA2	مؤلفهٔ سوم IPCA3	مؤلفهٔ چهارم IPCA4	ارزش پایداری AMMI stability value (ASV)
1	ELECT	3728	5.3	4.6	5.9	6.3	8.8
2	KRISTINA	4056	-2.8	-2.8	5.2	1.3	4.9
3	SHIRALEE	4442	9.3	-2.8	5.6	5.3	13.5
4	KIMBERALY	3945	-3.0	5.6	2.5	-3.1	7.0
5	MAGENT	3966	-14.7	1.5	5.1	-1.0	21.0
6	PARADE	4333	0.2	-6.4	-1.4	2.1	6.4
7	GOLIATH	3457	6.8	3.3	3.5	9.6	10.3
8	DANKLED	3821	-15.3	-2.9	16.8	1.9	22.0
9	VDH-8003-98	3820	-17.6	1.4	-2.9	1.6	25.1
10	NK-BILBAOO	3966	-20.9	10.4	-9.4	-6.9	31.5
11	HYOLA 401	4109	17.6	16.8	11.4	-9.9	30.3
12	RGS 003	3898	15.1	-15.2	13.3	-13.1	26.3
13	HYOLA 308	4487	18.1	-5.3	5.3	-3.6	26.4
14	MHA 01/18	4408	-8.3	-21.5	-2.8	5.6	24.6
15	OKAPI	3936	6.0	-13.6	-13.4	19.5	16.0
16	SLM O46	4012	8.5	-14.5	-2.3	-1.4	18.9
17	ZARFAM	4475	4.2	20.7	0.6	15.0	21.6
18	LICORD	4114	-1.3	15	-1.9	5.9	15.1
19	ELIT	4350	9.2	-3.3	-25.7	-14.8	13.6
20	TYALAYE	4184	-13.9	-7.2	-2.2	-1.6	21.1
21	SARIGOL	3692	11.6	13.6	-16.0	-3.2	21.4
22	OPERA	4257	-14.1	2.4	2.5	-15.6	20.2

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.2.8]

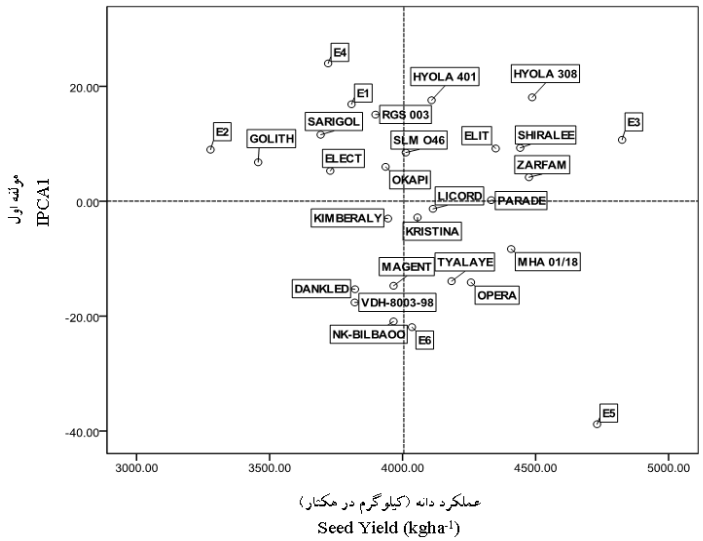
جدول ۴- مقادیر مؤلفۀهای اول تا چهارم اثر متقابل محیط‌های مورد بررسی برای عملکرد دانۀ کلزا

Table 4. Values of IPCA1 to IPCA4 for interaction effect components of environments for oilseed rape seed yield

محیط Environment	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})	مؤلفه اول IPCA1	مؤلفه دوم IPCA2	مؤلفه سوم IPCA3	مؤلفه چهارم IPCA4
E1	3808	16.9	-32.1	-1.1	-5.2
E2	3278	9.0	-19.0	-7.1	4.2
E3	4825	10.7	23.4	-25.1	19.1
E4	3720	24.0	24.5	18.7	-19.3
E5	4731	-38.8	3.1	-13.1	-20.1
E6	4035	-21.9	0.1	27.7	21.6

میانگین عملکرد دانه بالایی نیز داشتند. در پژوهش‌های احمدی و همکاران (Ahmadi *et al*., 2012) و جاویدفر و همکاران (Javidfar *et al*., 2004) نیز ارقام Elect و Parade ژنوتیپ‌های پایدار شناخته شدند. براساس آمارۀ ASV ژنوتیپ‌های NK-Bilbaoo، Hyola401، Hyola308 و RGS003 به‌ترتیب بیشترین مقادیر آمارۀ ASV را داشتند و جزء ژنوتیپ‌های ناپایدار محسوب شدند (جدول ۳). ملاحظه می‌شود که با استفاده از روش ASV ممکن است ژنوتیپ‌هایی مانند Elect و Goliath که میانگین عملکرد بالایی در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها ندارند، به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار معرفی شوند. ASV جزء آن دسته از پارامترهای پایداری است که ضرورتاً با عملکرد دانه همبستگی معنی‌داری ندارد و بنابراین ممکن است استفاده از این پارامتر باعث انتخاب ژنوتیپ‌هایی شود که برای شرایط نامساعد محیطی سازگارترند (Mohammadi and Amri, 2008).

یکی از روش‌های مناسب برای شناسایی ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار، روش گزینش هم‌زمان عملکرد و پایداری (Kang, 1993) است. در این روش عملکرد دانه، رتبۀ عملکرد و میزان آمارۀ پایداری شوکلا (Shukla, 1972) هم‌زمان در انتخاب ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار در نظر گرفته می‌شود. در آزمایش حاضر، بر اساس روش گزینش هم‌زمان عملکرد و پایداری، ارقام Shiralee، Hyola308، Zarfam، Parade، MHA01/18 و Krsitina به‌ترتیب به‌عنوان ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار و ارقام

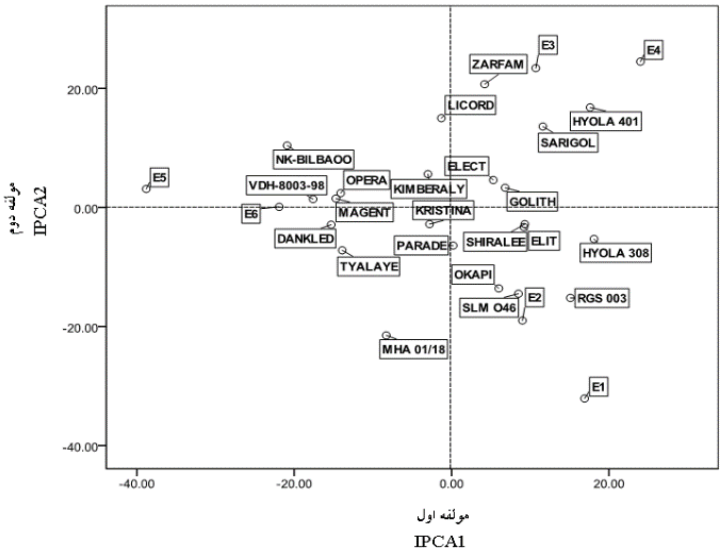


شکل ۱- بای‌پلات اولین مؤلفۀ اثر متقابل و میانگین عملکرد دانۀ ژنوتیپ‌های کلزا

Fig. 1. Bi-plot of the first interaction effect component and grain yield of oilseed rape genotypes

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.2.8]



شکل۲- بای‌پلات اولین و دومین مؤلفهٔ اصلی اثر متقابل برای عملکرد دانهٔ کلزا

Fig. 2. Bi-plot of the first and second interaction effect components for grain yield

Goliath، Elect،Sarigol و VDH-8003-98 به‌عنوان ارقام دارای عملکرد و پایداری کم شناسایی شدند (جدول۵). ملاحظه می‌شود که ژنوتیپ‌های انتخاب شده بر اساس روش گزینش هم‌زمان عملکرد و پایداری، ژنوتیپ‌هایی هستند که بیشترین عملکرد دانه را داشتند و به‌نظر می‌رسد زمانی که عملکرد ژنوتیپ‌ها تا حدودی نزدیک به هم است، این روش برای انتخاب ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار کارایی بیشتری دارد، درحالی که در روش AMMI در برخی موارد، ژنوتیپ‌هایی که میانگین عملکرد بالایی داشتند تأثیر زیادی در مقادیر مؤلفه‌های اول و دوم اثر متقابل ژنوتیپ×محیط داشتند و با وجود میانگین عملکرد بالا، به عنوان ژنوتیپ‌های ناپایدار معرفی شدند. در برخی از آزمایش‌ها از جمله دشتکی و همکاران (Dashtaki *et al*., 2004)، بر موثر بودن این روش در گزینش ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار تاکید شده است و از آن به‌عنوان یکی از بهترین روش‌ها برای شناسایی ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار یاد شده است. مقدم (Moghadam, 2005) نیز روش گزینش هم‌زمان برای عملکرد و پایداری را با سایر آماره‌های پایداری مقایسه کرد و نتیجه گرفت که با استفاده از روش گزینش هم‌زمان برای عملکرد دانه و پایداری، به دلیل تاکید بیشتر بر جزء پایداری، می‌توان با اطمینان بیشتری فرایند گزینش را انجام داد. در تحقیق احمدی و همکاران (Ahmadi *et al*., 2012) بر اساس گزینش هم‌زمان عملکرد و پایداری برای ژنوتیپ‌های کلزا به روش کانگ (Kang, 1993) ژنوتیپ‌های PP-308-8، RGS003، Taparo، Option و Shiralee بعنوان ارقام پرمحصول پایدار شناسایی شدند.

با مقایسه ژنوتیپ‌های انتخابی بر اساس روش‌های مورد استفاده در این تحقیق، به نظر می‌رسد که روش گزینش هم‌زمان، روش مناسب‌تری برای شناسایی ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار است، اما با توجه به اینکه در آمارهٔ ASV و همچنین بای پلات دو مؤلفهٔ اول اثر متقابل ژنوتیپ×محیط، میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ در نظر گرفته نمی‌شود، بنابراین استفاده از این روش‌ها ممکن است تنها منجر به شناسایی ژنوتیپ‌هایی شود که فقط به شرایط نامساعد محیطی، همانند تأخیر در کاشت، سازگاری داشته باشند. برای مثال ژنوتیپ‌های Hyola308، Shiralee و MHA01/18 که

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.2.8]

جدول ۵- تجزیهٔ پایداری عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های کلزا به روش گزینش هم‌زمان برای عملکرد دانه و پایداری

Table 5. Stability analysis of oilseed rape genotypes using simultaneous selection for seed yield and stability

شمارهٔ No.	ژنوتیپ‌های کلزا Rapeseed genotypes	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})	رتبهٔ عملکرد دانه Rank of grain yield	تصحیح رتبه Adjusting Rank	رتبهٔ تصحیح شده Adjustment to Rank	واریانس پایداری شوکلا ($\sigma^2 i$)	میزان پایداری Stability rating	اثر توأم عملکرد و پایداری YS`
1	ELECT	3728	3	-1	2	1847520	-8	-6
2	KRISTINA	4056	12	0	12	602520	-2	10
3	SHIRALEE	4442	20	1	21	2289687	-2	19
4	KIMBERALY	3945	8	0	8	741496	-4	4
5	MAGENT	3966	9	0	9	3904904	-8	1
6	PARADE	4333	17	0	17	744004	-4	13
7	GOLIATH	3457	1	-2	-1	2038971	-8	-9
8	DANKLED	3821	5	0	5	7229498	-8	-3
9	VDH-8003-98	3820	4	0	4	5503731	-8	-4
10	NK-BILBAOO	3966	10	0	10	10184810	-8	2
11	HYOLA 401	4109	13	0	13	11686116	-8	5
12	RGS 003	3898	6	0	6	10672697	-8	-2
13	HYOLA 308	4487	22	1	23	6322666	-8	15
14	MHA 01/18	4408	19	1	20	8025333	-8	12
15	OKAPI	3936	7	0	7	8718760	-8	-1
16	SLM O46	4012	11	0	11	4241802	-8	3
17	ZARFAM	4475	21	1	22	8440350	-8	14
18	LICORD	4114	14	0	14	3531661	-8	6
19	ELIT	4350	18	0	18	10744047	-8	10
20	TYALAYE	4184	15	0	15	4018797	-8	7
21	SARIGOL	3692	2	-1	1	7710054	-8	-7
22	OPERA	4257	16	0	16	5678389	-8	8

Total Mean=4066 kg.ha^{-1}

Least significant difference ($LSD_{0.05}$) =307

میانگین کل= ۴۰۶۶ کیلوگرم در هکتار

حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد= ۳۰۷

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.2.8]

از عملکـرد بـالایی برخـوردار بودنـد، در تجزیـهٔ AMMI به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی کـه از سـازگاری عمـومی بالایی برخوردار باشند، شناسایی نشدند،در حالی که در روش گزینش هم‌زمـان عملکـرد و پایـداری، بـه عنـوان ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار شناخته شـدند. اسـتفاده از بای‌پلات مؤلفهٔ اول اثر متقابل و میانگین عملکرد دانه نیز در شرایطی بـه شناسـایی ژنوتیـپ‌هـای پرمحصـول و سازگار منجر می‌شود که مؤلفـهٔ اول اثـر متقابـل، بخـش بزرگی از تنوع داده‌ها را توجیه کند. نکتهٔ جالـب‌توجـه، انتخاب نشدن Opera به‌عنوان یک ژنوتیـپ پایـدار بـود، درحالی که این رقم از میـانگین عملکـرد نسـبتاً مناسـبی برخوردار بود.

بر اساس نتایج کلـی ایـن آزمـایش، ارقـام Shiralee، Hyola308، Zarfam، Parade، MHA01/18 و Krsitina به‌ترتیب بـه‌عنـوان ژنوتیـپ‌هـای پرمحصـول و پایـدار و ارقــام Goliath، Sarigol و VDH-8003-98 بــه‌عنــوان ارقــامی کــه از عملکــرد و پایــداری عملکــرد کمــی برخوردار بودند، شناسایی شدند.

References

منابع مورد استفاده

Ahmadi, J., B. Vaezi and H. Naraki. 2012. Stability analysis of oilseed rape under dry land and comparison of selection methods of stable genotypes using stability statistics. Crop Prod. (Agric. Sci. J.), 36(2):13-23. (In Persian with English abstract).

Clay, H. and D. Dombek. 1995. Comparing Soybean cultivar ranking and selection for yield with AMMI and full-data performance estimates. Crop Sci. 35: 1536-1541.

Crossa, J., P. N. Fox, W. H. Pfeiffer, S. Rajaram and H. G. Gauch. 1991. AMMI adjustment for statistical analysis of an international wheat yield trial. Theor. Appl. Genet. 81: 27-37.

Dashtaki, M., A. Yazdan Sepas, T. Najafi Mirak, M. R. Ghanadha, R. Jokar, M. Eslampour, A. Moaiedi, A., Kochaki, M. Nazeri, M. Abedi Oskoie and Gh. Aminzadeh. 2004. Stability of grain yield and harvest index in winter and facultative bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Seed Plant J. 20: 263-279. (In Persian with English abstract).

Gauch, H. G. 1992. Statistical Analysis of Regional Yield Trials: AMMI Analysis of Factorial Designs. Amsterdam, Elsevier.

Gauch, H.G. and R. W. Zobel. 1997. Identifying mega-environments and targeting genotypes. Crop Sci. 37: 311-326.

Javidfar, F., M. H. Alam Khoomaram, H. Amiri Oghanand Sh. Azizi-nia. 2004. Yield stability analysis of winter canola (*Brassica napus* L.) genotypes. Seed Plant J. 2: 315-328. (In Persian with English abstract).

Javidfar, F., B. Alizadeh, H. Amiri Oghan and N. Sabaghnia. 2011. A Study of genotype by environment interaction in oilseed rape genotypes, using GGE biplot method. Iran. J. Field Crop Sci. 8(4): 133-143. (In Persian with English abstract)

Kamidi, R. E. 2001. Relative stability, performance and superiority of crop genotypes across environments. J. Agric. Biol. Environ. Stat. 6(4): 449-460

Kang, M. S. 1993. Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: consequences for

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.2.8]

growers. Agron. J. 85: 754-757.

Moghadam, A. 2005. Simultaneous selection for yield and stability and it's comparison with stability different statistics. Seed Plant J. 19: 1-13. (In Persian with English abstract).

Mohammadi, R. and A. Amri. 2008. Comparison of parametric and non-parametric methods for selecting stable and adapted durum wheat genotypes in variable environments. Euphytica, 159: 419–432

Mortazavian, M. and Sh. Azizi-nia. 2014. Nonparametric stability analysis in multi-environment trial of canola. Turk J. Field Crops. 19 (1): 108-117.

Mostafavi, KH., A. Mohammadi, M. Khodarahmi and M. Zare. 2012. Yield response of commercial canola cultivars to different locations using graphical GGE biplot method. Agron. Plant Breed. J. 4: 133-143. (In Persian with English abstract).

Paolo, A. 2002. Genotype×Environment interaction. Challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations. Plant production and protection; paper No.174, FAO, Rome, Italy.

Pourdad, S. S. and M. Jamshid Moghadam. 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).

Purchase, J. L. 1997. Parametric analysis to describe G × E interaction and yield stability in winter wheat. PhD thesis. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of the Orange Free State, Bloemfontein, South Africa.

Purchase, J. L., H. Hatting and C. S. Vandeventer. 2000. Genotype x Environment interaction of winter wheat (*Triticum aestivam* L.) in South Africa: Stability analysis of yield performance. South Afric. J. Plant Soil. 17: 101-107.

Shukla, G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. Heredity, 29: 237–245.

Yan, W., M. S. Kang, B. Ma, S. Woods and P. Cornelius. 2007. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype by environment data. Crop Sci. 47: 643-653.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.2.8]

Evaluation of seed yield stability of oilseed rape genotypes in cold and temperate-cold environments

Rezaizad, A.[1] and F. Moradgholi[2]

ABSTRACT

Rezaizad, A. and F. Moradgholi. 2017. Evaluation of seed yield stability of oilseed rape genotypes in cold and temperate-cold environments**. Iranian Journal of Crop Sciences. 19(1): 13-25. (In Persian).**

Genotype × environment interaction is one of the most important concepts in plant breeding which can be estimated using diffrerent statistical procedures. In this study, seed yield stability of 22 oilseed rape genotypes under normal and late sowing dates was evaluated during three cropping seasons (2011-14) in West-Islammabad filed station, Kermanshah, Iran. Results of combined analysis of variance showed significant differences between environments, among genotype, as well as genotype × environment interaction. Results also indicated that genotypes such as Hyola308, Zarfam, Shiralee, MHA01/18, Elite, Parade and Opera produced higher seed yield with 4487, 4475, 4442, 4408, 4350, 4333 and 4257 kg.ha^{-1}, respectively. Results of AMMI analysis showed that four principal components of genotype × environment were significant at the 1% probability level. Proportional of sum of squares for the four principal components genotype × environment were 40.7, 28.5, 17.1 and 12.1 percent, respectively. Based on the first two principal components of genotype × environment, Parade, Kimberly, Elect, Goliath, Elite and Shiralee were positioned next to the center of biplot which implies high wide-adaptation. Simultaneous selection for stability and seed yield identified Shiralee, Hyola308, Zarfam, Parade, MHA01/18 and Kristina as high yielding and stable genotypes.

Key words: AMMI analysis, Genotype, Interaction effect and Rapeseed.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.2.8]

Received: December, 2016 **Accepted: May, 2017**

1. Assistant Prof., Kermnashah Agricutural and Natural Rseources Resraech, Education Center, Agricultural and Natural Resources Research, Education and Extension Organization, Kermanshah, Iran (Corresponding author)
(Email: arezaizad@yahoo.com)
2. Former M.Sc. student, Islamic Azad University of Kermanshah, Kermanshah, Iran