

## تجزیه پایداری لاین‌های پیشرفته بهاره کلزا

ناصر مظهری روش<sup>۱</sup>، سید علی پیغمبری<sup>۲\*</sup> و حسن امیری اوغان<sup>۳</sup>

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه آزاد- کرج.

۲. استاد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

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

(تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۱۲ - تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۴/۰۴)

### چکیده

به منظور بررسی پایداری عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش کلزا در شرایط مختلف محیطی، سیزده ژنوتیپ بهاره کلزا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در چهار مکان (کرج، ساری، گرگان و زابل) طی دو سال زراعی (۹۶-۱۳۹۴) ارزیابی شدند. تجزیه واریانس ساده نشان داد که بین ارقام از لحاظ عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی کافی بین تیمارهاست. در تجزیه واریانس مرکب، اثرات سال، مکان، سال×مکان و ژنوتیپ×مکان نیز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین عملکرد دانه نشان داد که ژنوتیپ‌های **Simba**، **L104** و **RGS003** بیشترین عملکرد دانه را به ترتیب ۳۱۰۵، ۳۰۵۸، ۳۰۳۲ کیلوگرم در هکتار تولید کردند. برای تجزیه پایداری از روش‌های مختلف پایداری شامل روش‌های تک‌متغیره و رگرسیونی (جمعا ۱۲ روش) استفاده شد. براساس تلفیق نتایج این روش‌ها، سه ژنوتیپ **Simba**، **L104** و **RGS003** پایدار و پرمحصول شناخته شدند. برای مطالعات تکمیلی توصیه می‌شود که از این ارقام پایدار و پرمحصول در اجرای آزمایش‌های تحقیقی-تطبیقی در مناطق هدف در شرایط زارعان استفاده شود.

**واژه‌های کلیدی:** اثر متقابل ژنوتیپ×محیط، تجزیه پایداری، عملکرد دانه و کلزا.

## Stabilization Analysis of Advanced Rapeseed Lines

Nasser Mazhari Ravesh<sup>1</sup>, Seyed Ali Peighambari<sup>2\*</sup> and Hassan Amiri Oghan<sup>3</sup>

1. Graduated from the Department of Agronomy and Plant Breeding at Azad University-Karaj.

2. Professor of Agricultural Campus and Natural Resources of Tehran University.

3. Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

(Received: March 3, 2018 – Accepted: June 25, 2018)

### ABSTRACT

To evaluate the grain yield stability of rapeseed promising lines in different environmental conditions, thirteen spring oilseed rape genotypes were assessed in a randomized complete block design with three replications in four locations (Karaj, Sari, Gorgan and Zabol) during two years (2015-2017). Simple analysis of variance showed that there was a significant difference between rapeseed lines in terms of grain yield at a probability level of 1%, which indicates that there is enough genetic diversity between them. In combined analysis of variance, the effects of year, location, year × location and genotype × location were also significant at 1% probability level. The comparison of mean grain yield showed that the rapeseed lines Simba, L104 and RGS003 produced the highest grain yield of 3105, 3058, 3032 kg ha<sup>-1</sup>, respectively. For stability analysis, different methods of stability including one-variable and regression methods (12 methods in total) were performed. Based on the integration of the results of these methods, three rapeseed lines Simba, L104 and RGS003 were stable and high yielding. For complementary studies, it will be recommended that these stable and high-yielding rapeseed lines be used in farm trials in target areas under farmer's conditions.

**Keywords :** Genotype × environment interaction, grain yield, oilseed rape, stability analysis.

\* Corresponding author E-mail: alihey@ut.ac.ir

## مقدمه

ارزیابی میزان سازگاری و پایداری تولید ارقام در شرایط مختلف محیطی در برنامه‌های اصلاحی گیاهان زراعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به‌علت واکنش متفاوت ارقام نسبت به تغییرات محیطی، عملکرد آنها از محیطی به محیط دیگر متفاوت است. به‌طور 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 قابل‌قبولی را تولید کند، شناسایی کرد (Dashtaki *et al.*, 2004). یکی از مهمترین اهداف به‌نژادی دستیابی به ارقامی است که دارای عملکرد بالا بوده و سازگار با شرایط آب و هوایی مختلف باشند. بوزال (Boozal, 1995) عقیده دارد اصلاح عملکرد گیاه کلزا به‌شدت به شرایط محیطی و مسائل زراعی بستگی دارد. در بررسی‌های (Mahler & Auld, 1991) اثر متقابل معنی‌داری بین محیط و ارقام کلزا به‌دست آوردند، آنها اظهار داشتند که برای عملکرد دانه و درصد روغن بالا به ارقامی نیاز است که سازگاری خوبی با شرایط محیطی مورد آزمایش داشته باشند و سازگاری را به‌صورت ثبات عملکرد در محیط‌های مختلف تعریف کردند. Mortazavian & Azizinia (2014) ژنوتیپ کلزا را با استفاده از روش‌های ناپارامتری مورد ارزیابی قرار داده و رقم Geromino را به‌عنوان رقم پرمحصول و دارای پایداری عملکرد معرفی کردند. Ahmadi *et al.* (2012) در ارزیابی پایداری ۱۹ لاین و رقم کلزا با استفاده از آماره‌های پارامتری و ناپارامتری، ژنوتیپ‌های PP-Option500، PP-308-8، PP-4010-15E و PP-401-16 و Shiralee را به‌عنوان پرمحصول و پایدار با محتوای روغن دانه بالاتر معرفی کردند. در آزمایشی که توسط (Amiri Oghan *et al.*, 2004) روی تعداد ۱۸ رقم کلزای تیپ بهاره به‌منظور بررسی سازگاری و مقایسه عملکرد ارقام در مناطق گرم شمال انجام شد، رقم هیبرید 401 Hyola در این مناطق بیشترین عملکرد را داشت. در بررسی دیگری تعداد ۲۴ رقم کلزای وارداتی از نظر پایداری در مناطق سرد و معتدل‌سرد مورد ارزیابی قرار گرفت و ارقام SLM046، Parad و Mohikan به‌ترتیب ۳/۴، ۳/۳ و ۳/۲ تن در هکتار، بیشترین عملکردها را به خود اختصاص دادند (Javidfar *et al.*, 2004). از آنجایی که در برنامه‌های به‌نژادی کلزا، شناسایی ارقامی که در شرایط محیطی مختلف، عملکرد مناسبی داشته باشند، اهمیت زیادی دارد، این آزمایش با هدف شناسایی سازگارترین و پرمحصول‌ترین ارقام در شرایط مناطق هدف، به‌منظور استفاده از آنها در برنامه توسعه کشت کلزا در کشور و

نیز استفاده در برنامه‌های به‌نژادی، همچنین تفسیر اثر متقابل ژنوتیپ×محیط مربوط به ۱۳ رقم کلزا در محیط‌های مختلف انجام گردید.

## مواد و روش‌ها

سبزه ژنوتیپ بهاره کلزا، شامل شش هیبرید وارداتی از شرکت KWS آلمان به‌همراه چهار لاین آزاد گرده‌افشان دریافتی از شرکت توسعه دانه‌های روغنی و دو لاین تولید داخل کشور با یک رقم شاهد RGS003، برای مطالعه و بررسی سازگاری با شرایط محیطی مناطق هدف، از لحاظ عملکرد مورد بررسی قرار گرفتند (جدول ۱). این ارقام در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در چهار مکان شامل ساری، گرگان، زابل و کرج، طی دو سال زراعی (۹۶-۱۳۹۴) کشت شدند. مشخصات فنی و زراعی هشت آزمایش (محیط) این طرح در کلیه مناطق یکسان بود و ژنوتیپ‌ها به‌عنوان عامل ثابت در نظر گرفته شدند. هر پلات شامل چهار ردیف پنج متری به‌فاصله سی سانتی‌متر از یکدیگر بود. کشت به‌صورت جوی‌پشته و آبیاری نشتی انجام شد. کشت بر اساس دستورالعمل کشت کلزا در تاریخ‌های توصیه‌شده انجام شد. پس از آماده‌سازی زمین براساس آزمون خاک، مقدار فسفر و پتاسیم مورد نیاز به‌ترتیب از منابع کودی سوپرفسفات‌تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) در پاییز به زمین داده شد. اوره نیز به‌صورت سرک در سه مرحله ۲ تا ۴ برگی، ساقه‌رفتن و شروع گلدهی به‌ترتیب به‌میزان ۱۰۰، ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. طی دوران رشد برای کنترل شته‌مومی کلم، از سم سیستمیک متاسیستوکس به‌میزان ۲ در هزار استفاده شد. یادداشت‌برداری صفت عملکرد براساس عملکرد دانه دو ردیف وسط و تبدیل آن به عملکرد دانه در هکتار (کیلوگرم در هکتار) صورت گرفت.

تجزیه واریانس ساده و مرکب برای بررسی اثرات متقابل دو-گانه و سه‌گانه برای صفت عملکرد دانه انجام شد. تجزیه پایداری و بررسی اثرات متقابل (محیط×ژنوتیپ) با روش‌های مختلف پایداری شامل روش‌های تک‌متغیره (اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا، ضریب تغییرات محیطی، واریانس محیطی، واریانس پلستد و پترسون، میانگین واریانس پلستد) و روش‌های رگرسیون (انحراف از خط رگرسیون، شیب خط رگرسیون مستقل فری‌من و پرکینز، انحراف از شیب خط رگرسیون مستقل فری‌من و پرکینز، انحراف از رگرسیون تصحیح‌شده پرکینز و جینکز، انحراف از رگرسیون تصحیح‌شده پرکینز و

جینکز، رگرسیون ساده فنیلی- ویلکینسون) انجام شد. ساده پایداری از طریق فرمول نویسی در محیط اکسل و سایر تجزیه‌های اولیه با نرم‌افزار MSTAT-C و برآورد پارمترهای

جدول ۱. اسامی و شجره ژنوتیپ‌های کلزا در آزمایش حاضر

Table 1. The names and genus of rapeseed genotypes in the present experiment

Entry No.	Genotype	Origin	Type
شماره تیمار	ژنوتیپ	منشأ	نوع ژنوتیپ
1	Gerome	KWS Co.	Hybrid
2	Jerry	KWS Co.	Hybrid
3	Jacomo	KWS Co.	Hybrid
4	Julius	KWS Co.	Hybrid
5	RGS003 (CONTROL)	GERMAN	Open Pollinate
6	Z10B	IRAN	Open Pollinate
7	SAN-14	IRAN	Open Pollinate
8	L101	IRAN	Open Pollinate
9	L104	IRAN	Open Pollinate
10	L107	IRAN	Open Pollinate
11	L110	IRAN	Open Pollinate
12	Simba	KWS Co.	Hybrid
13	Pilani	KWS Co.	Hybrid

جداگانه (سطح احتمال یک درصد)، تجزیه مرکب داده‌ها انجام گرفت ( $\chi^2=8/10^{ns}$ ). نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثرات سال، مکان، ژنوتیپ، سال در مکان و ژنوتیپ در مکان در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). ارقام مورد مطالعه نسبت به ایستگاه‌های خاصی دارای سازگاری هستند و برای پی‌بردن به این سازگاری‌ها از روش‌های مختلف مطالعه اثر متقابل رقم با محیط باید بهره برد. مقایسه میانگین متوسط عملکرد ارقام با استفاده از آزمون، با روش دانکن در سطح احتمال ۱٪ انجام و مشاهده شد که ارقام شماره ۹، ۱۲، ۵ و ۷ در یک گروه (A) قرار گرفتند و دارای حداکثر عملکرد نسبت به سایر ارقام بودند.

## نتایج و بحث

نتایج حاصل از انجام تجزیه واریانس ساده در تمام محیط‌ها نشان داد که عملکرد ارقام در سه محیط مورد آزمایش در دو سال زراعی ۹۶ - ۹۴ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). به عبارت دیگر می‌توان گفت ارقام عملکردهای متفاوتی در سال‌ها و مکان‌های مختلف داشتند و اختلاف معنی‌داری بین میانگین عملکردها وجود داشت. محققان دیگری نیز به وجود چنین اختلافات معنی‌داری در کلزا اشاره کردند (Javidfar et al, 2004; Ahmadi et al, 2012; Mortazavian & Azizi-Nia, 2014). پس از انجام آزمون بارتلت و تأیید همگنی واریانس خطای آزمایشی در تجزیه‌های

جدول ۲. تجزیه واریانس ساده ژنوتیپ‌های کلزای بهاره در مناطق و سال‌های مختلف

Table 2. Simple variance analysis of spring rapeseed genotypes in different regions and years

S.O.V.	d.f.	Mean square							
		Zabol		Sari		Gorgan		Karaj	
		94-95	95-96	94-95	95-96	94-95	95-96	94-95	95-96
Block	2	1.379 <sup>ns</sup>	0.835 <sup>ns</sup>	4.762 <sup>*</sup>	1.247 <sup>ns</sup>	2.374 <sup>ns</sup>	2.224 <sup>**</sup>	1.294 <sup>*</sup>	1.976 <sup>ns</sup>
Genotype	12	14.463 <sup>ns</sup>	3.644 <sup>ns</sup>	4.868 <sup>**</sup>	3.31 <sup>**</sup>	6.391 <sup>ns</sup>	16.707 <sup>**</sup>	4.248 <sup>**</sup>	5.728 <sup>**</sup>
Error	24	13.24	3.01	0.49	0.38	6.98	0.19	0.24	0.65
CV%	-	9.3	12.4	11.2	17.8	12.0	6.6	9.8	14.2

ns, \* و \*\* به ترتیب نشان‌دهنده غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

ns, \*, and \*\*, Represent non-significant, significant at 5 and 1 percent, respectively

جدول ۳. تجزیه واریانس مرکب ژنوتیپ‌های کلزای بهاره در مناطق و سال‌های مختلف

Table 3. Combined variance analysis of spring rapeseed genotypes in different regions and years

S.O.V.	d.f.	Sum of square	Mean square	Mean square proportion (%)
year (Y)	1	3155098.157	3155098.157**	3.2
location (L)	3	5308071.035	1769357.012**	5.38
Y × L	3	5787700.651	1929233.55**	5.87
E <sub>env.</sub>	16	3332660	208291.25	3.37
genotype (G)	12	22248704.37	1854058.698**	22.56
Y × G	12	1862842.718	155236.893 <sup>ns</sup>	1.89
L × G	36	31151780.76	865327.243**	31.59
L×Y×G	36	4971674.308	138102.064 <sup>ns</sup>	5.04
Error	192	20781976	108239.458	21.8
Total	311	98600508		

CV = 11.96%

ns, \*, \*\* به ترتیب نشان دهنده غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

ns, \*, and \*\*, Represent non-significant, significant at 5 and 1 percent, respectively

از روش‌های مبتنی بر واریانس آورده شده است. واریانس محیطی و ضریب تغییرات محیطی دارای ماهیت پایداری نوع اول بوده و بیشتر پایداری استاتیک (بیولوژیک) را نشان می‌دهد. رقم‌های شماره ۳، ۹، ۱۲ و ۸ دارای کمترین ضریب تغییرات محیطی و واریانس محیطی است و دارای عملکرد بالا می‌باشند و همان‌گونه که تصور می‌شد پایداری نوع اول ارقامی را که از عملکرد بالایی برخوردار نیستند به‌عنوان ارقام پایدار معرفی می‌کند که در عین حال، کمترین میزان تغییرات نسبت به شرایط محیطی را نیز از خود نشان می‌دهند.

در تجزیه مرکب داده‌ها در ۸ محیط، نتایج حاصل از آن نشان داد که اثر اصلی سال ۳/۱۹ درصد و اثر اصلی مکان ۵/۳۸ درصد، اثر متقابل سال×مکان ۵/۸۶ درصد، اثر ژنوتیپ ۲۲/۵۶ درصد و اثر متقابل ژنوتیپ×مکان ۳۱/۹۵ درصد کل مجموع مربعات را به خود اختصاص داده بود. با توجه به این اعداد، مشخص می‌شود که بیشتر این تغییرات ناشی از اثر متقابل ژنوتیپ×مکان است که نتایج این بررسی با نتایج تحقیقات Sabaghnia (2005) و Pourdad *et al.*, (2013) مطابقت داشت و اثر محیط بالاترین نسبت تغییرات را به خود اختصاص داده بود و نقش رقم نیز چندان مؤثر نبود. در جدول ۴ نتایج حاصل

جدول ۴- نتایج روش‌های تک‌متغیره مبتنی بر تجزیه واریانس

Table 4. Results of single-variable methods based on variance analysis

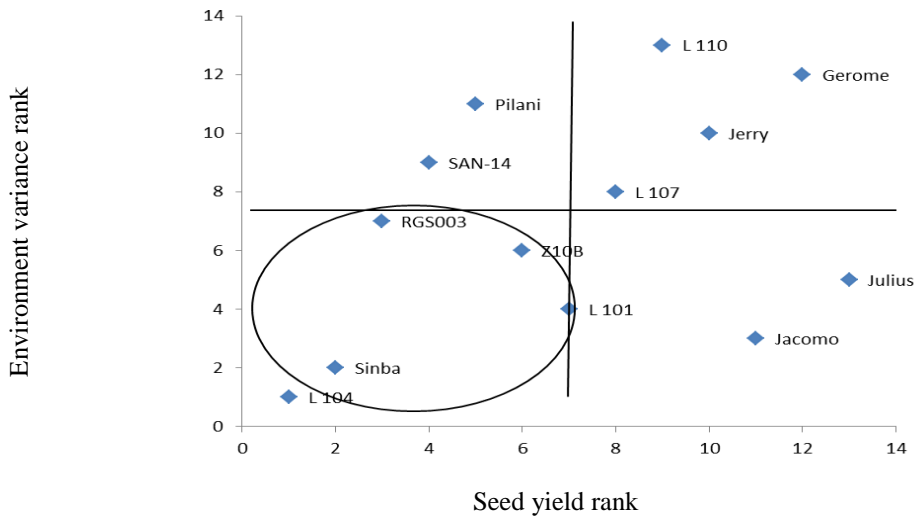
Genotype	Entry No.	Yield average (kg/ha)	Mean of interaction variance	Interaction variance	Wricke's ecovalance	Shukla's stability variance	Environment coefficient of variation (%)	Environment variance
Gerome	1	2454	180531.93	264904.96	1027096.30	159755.00	22.49	304657.91
Jerry	2	2475	181115.39	235192.24	643116.53	94957.00	18.83	217238.85
Jacomo	3	2473	181400.06	205128.60	254601.87	29353.00	12.13	90017.58
Julius	4	2179	179388.87	212099.62	344688.88	44738.00	15.29	111027.29
RGS003	5	3032	180038.10	262496.84	995975.98	154611.00	11.57	122965.44
Z10B	6	2848	183056.79	301696.78	1502559.89	239931.00	12.27	122089.51
SAN-14	7	2924	180872.92	287335.33	1316965.73	209039.00	14.57	181544.86
L 101	8	2837	180437.16	267119.56	1055715.80	164341.00	10.85	94804.49
L 104	9	3105	173405.70	202811.43	224656.85	24138.00	8.86	75641.35
L 107	10	2756	184000.61	215824.89	392830.77	52756.00	14.45	158609.02
L 110	11	2749	184509.70	445440.15	3360166.55	454008.00	28.95	633376.51
Sinba	12	3058	184411.08	201763.86	211119.01	21884.00	9.76	89064.63
Pilani	13	2866	172862.23	288559.25	1332782.50	210968.00	18.67	286484.06

مقدار عددی متفاوت می‌باشند، اما به دلیل رتبه‌بندی یکسان ژنوتیپ‌ها، در روش‌های مذکور عمدتاً به‌صورت یک‌جا مورد

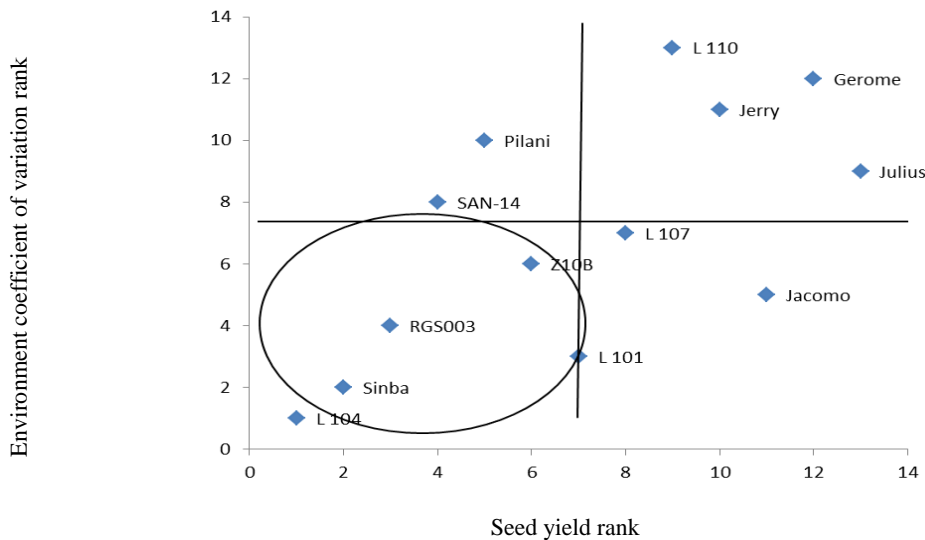
آماره اکووالانس ریک و واریانس پایداری شوکلا سهم واریانس اثر متقابل ژنوتیپ×محیط را مشخص می‌کنند و گرچه از نظر

می‌دهد. بدیهی است ژنوتیپ‌های پایدار آنهایی هستند (Sinba و L104) که دارای رتبه عملکرد و واریانس رتبه کمتری هستند (شکل ۱). ژنوتیپ‌هایی که ضریب تغییرات کمتر و رتبه عملکرد پایین‌تر داشتند نیز جزء ژنوتیپ‌های پرمحصول پایدار شناخته شدند (شکل ۲). ملاحظه می‌شود که نتایج این دو روش پایداری از لحاظ تشخیص ژنوتیپ‌های پایدار و پرمحصول با هم مطابقت دارد.

بررسی قرار می‌گیرند و یکسان بودن نتایج حاصل از این دو روش، دور از انتظار نخواهد بود (واعظی و همکاران، ۱۳۹۴). بر اساس آماره‌های اکووالانس ریک و شوکلا رقم‌های ۱۲، ۹، ۳ به ترتیب کمترین مقدار را داشته و پایدار می‌باشند، اما رقم ۱۱ با اختلاف بالایی نسبت به سایر رقم‌ها بیشترین مقدار را دارا بوده و به‌عنوان ناپایدارترین رقم براساس این شاخص‌ها شناسایی شد. شکل‌های ۱ و ۲ گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس رتبه عملکرد و واریانس رتبه و ضریب تغییرات محیطی را نشان



شکل ۱- پراکنش ژنوتیپ‌ها براساس میانگین رتبه عملکرد و میانگین رتبه واریانس محیطی ارقام  
Figure 1. Distribution of genotypes based on average rank and mean rank of variance of cultivars



شکل ۲. پراکنش ژنوتیپ‌ها براساس میانگین رتبه عملکرد و میانگین رتبه ضریب تغییرات ارقام  
Figure 2. Distribution of genotypes based on the average performance rank and mean rank of coefficient of variation of cultivars

محیطی و ضریب تغییرات محیطی استفاده شده بود، در این

در بررسی پایداری ۱۱ ژنوتیپ عدس در ایران، از واریانس

دارای پایداری بیولوژیک خوب بوده و برای مناطق حاصلخیزی کم (شرایط نامطلوب) قابل توصیه است. البته ارقام شماره ۵ (RGS003)، ۷ (SAN-14) و ۹ (L 104) نیز برای این مناطق کم حاصلخیز قابل توصیه است و عملکرد قابل قبولی را برای این مناطق دارند. ابرهات و راسل (Eberhart & Russell, 1966) عقیده داشتند برای بررسی ارزیابی ارقام در آزمایش‌های ناحیه‌ای عملکرد، علاوه بر ضریب رگرسیون خطی (رگرسیون خطی ساده فنیلی و ویلکینسون) و میانگین عملکرد، باید به مقدار باقیمانده مدل رگرسیونی نیز توجه کرد. از این رو هرچه مقدار باقیمانده کمتر باشد رقم پایدارتر است. با توجه به مقدار باقیمانده رقم شماره ۳ (Jacomو) دارای کمترین مقدار و ارقام شماره ۱۱ (L 110) و ۹ (L 104) بیشترین مقدار باقیمانده را دارد. از بین ارقامی که حداکثر ضریب رگرسیونی خطی را دارا بودند، رقم شماره ۲ دارای مقدار کمی باقیمانده بود. با توجه به مقدار باقیمانده (مدل ابرهات و راسل EB) و میانگین عملکرد و ضریب رگرسیونی ارقام شماره ۳ (Jacomو)، ۲ (Jerry) و ۱ (Gerome) (با رتبه عملکرد ۱۱ و ۱۰ و ۱۲ و رتبه ضریب رگرسیون خطی ۱ و ۲ و ۳) از پایداری خوبی برخوردار هستند. در مطالعات انجام گرفته توسط آکورا و همکاران (Akcura et al., 2005 & 2006) بر وجود همبستگی مثبت بین میانگین عملکرد، ضریب رگرسیون (bi) و انحراف از رگرسیون (EB) تأکید کرده‌اند در این تحقیق نیز بین میانگین عملکرد و انحراف از رگرسیون همبستگی معنی‌داری وجود نداشت ولی بین ضریب رگرسیون و میانگین عملکرد همبستگی مثبت و معنی‌دار بود. محققان دیگر انحراف از خط رگرسیون را جزء پایداری نوع سوم قرار داده و تأکید کردند از این آماره برای بررسی پایداری استفاده نشود و بیان کردند این آماره بیانگر نحوه برآزش مدل رگرسیونی است و برای تعیین وسعت کشت بهتر است از آن استفاده شود (Lin & Binns, 1986؛ Lin et al., 1989). از دیگر مدل‌های رگرسیونی، ضریب تبیین (یا تشخیص) است که برای بهبود تصمیم‌گیری بر اساس مدل رگرسیونی پیشنهاد شده است و هرچه ضریب تبیین بیشتر باشد؛ اعتبار مدل رگرسیونی بالاتر است. بر اساس این روش رقم شماره ۱ (Gerome)، ۲ (Jerry) و ۳ (Jacomو) بالاترین ضریب تبیین را دارا است و نیز همان‌گونه که مشاهده شد این رقم دارای پایین‌ترین میزان باقیمانده در مدل ابرهات راسل است (جدول ۵). با توجه به مدل باقیمانده (انحراف از خط رگرسیون EB)، میانگین عملکرد، ضریب تبیین و ضریب رگرسیون خطی، رقم شماره ۱ از پایداری مطلوبی برخوردار است و می‌توان آن را به-

تحقیق مشخص شد که پارامترهای واریانس محیطی و ضریب تغییرات محیطی فاقد هر نوع همبستگی با میانگین عملکرد هستند (Sabaghnia, 2005). در بررسی پایداری ۱۸ رقم بهاره کلزا نیز از این روش‌ها استفاده گردید و در آنجا نیز هیچ‌یک از این دو پارامتر با میانگین عملکرد همبستگی نداشتند (Amiri Oghan et al., 2006). در این تحقیق نیز بین میانگین عملکرد و ضریب تغییرات محیطی همبستگی معنی‌دار وجود نداشت و ضریب تغییرات محیطی دارای ماهیت بیولوژیک (استاتیک) است، اما بین میانگین عملکرد و واریانس محیطی همبستگی معنی‌داری ( $r=0.54^*$ ) وجود داشت. بر اساس روش‌های پایداری شوکلا (Sh)، اکووالانس ریک (W)، میانگین واریانس پلستد و پترسون (PP) و روش اثر متقابل پلستد (P) که در جدول ۴ آورده شده است، براساس این روش‌ها، ژنوتیپ‌های شماره ۱۲ (Sinba)، ۹ (L 104)، ۳ (Jacomو) و ۴ (Julius) جزو ژنوتیپ‌های پایدار بودند. اما تنها رقم شماره ۱۲ (Sinba) از نظر عملکرد دارای رتبه دوم بود که می‌تواند به‌عنوان رقم پایدار و پرمحصول شناخته شود. در این تحقیق نیز بین واریانس پایداری شوکلا و میانگین عملکرد، همبستگی معنی‌داری وجود نداشت. در این روش‌ها رقم شماره ۱۱ (L110) به‌عنوان رقم ناپایدار معرفی گردید. رقم ناپایدار در این چهار روش مشابه رقم ناپایدار در روش ضریب تغییرات محیطی است. البته در روش واریانس محیطی رقم ناپایدار همان‌گونه که ذکر شد رقم شماره ۱۱ (L110) و رقم شماره ۱ (Gerome) بود. روش‌های رگرسیونی، کاربرد وسیعی در ارزیابی پایداری و مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ×محیط دارند و این موجب گردید که در این تحقیق از پارامترهای متعدد رگرسیونی استفاده شود. پارامترهای محاسبه‌شده در جدول ۵ آورده شد. ضریب رگرسیون خطی فنیلی و ویلکینسون برای ارقام مورد بررسی محاسبه گردید (جدول ۶) که بر اساس این محاسبات، رقمی که ضریب رگرسیون بالای یک داشت دارای پایداری خوب برای شرایط خوب و ارقامی که دارای ضریب رگرسیونی یک هستند دارای پایداری متوسط و ارقامی که دارای ضریب رگرسیونی کمتر از یک هستند دارای پایداری بیولوژیک برای شرایط نامطلوب هستند. بر اساس این روش، رقم شماره ۱ (Gerome) دارای بالاترین ضریب رگرسیونی بوده و یک رقم مناسب برای محیط‌های با شرایط خوب است. بعد از رقم شماره ۱ (Gerome) ارقام شماره ۱۱ (L 110)، ۲ (Jerry)، ۱۰ (L 107)، ۱۳ (Pilani)، ۴ (Julius) و ۳ (Jacomو) نیز دارای مقادیر بالای ضریب رگرسیونی هستند. رقم شماره ۶ (Z10B) و ۸ (L 101)

ضریب تبیین و انحراف از رگرسیون و ضریب رگرسیون، همبستگی مثبت وجود دارد و به عبارتی این روش رگرسیونی دارای ماهیت پایداری دینامیک یا زراعی است. کاربرد مدل رگرسیونی پرکینز و جینکز و تفسیر آن مشابه روش فنیلی و ویلکینسون است. مدل پرکینز و جینکز جزء نوع دوم پایداری هستند. این پارامتر نیز بیانگر نحوه برآزش مدل رگرسیونی است و از آن برای بررسی پایداری نباید استفاده کرد و بهتر است برای تعیین وسعت کشت از آن استفاده شود (Lin and Binns, 1989).

عنوان یک رقم مطلوب و ایده آل معرفی نمود. ارقام شماره ۲ (Jerry)، ۳ (Jacomو) و ۱۰ (L 107) بعد از رقم شماره ۱ (Gerome) دارای ضریب تشخیص بالایی هستند. رقم شماره ۸ (L 101) دارای حداقل ضریب تبیین است و بعد از آن ارقام شماره ۵ (RGS003)، ۷ (SAN-14) و ۶ (Z10B) دارای حداقل ضریب تبیین هستند و این ارقام در این پارامتر ناپایدار تلقی می‌شوند (جدول ۵). (Sabaghnia, 2005) در پژوهشی از این مدل رگرسیونی نیز استفاده کرد. تساما و همکاران (Tesemma *et al.*, 1998) در تحقیقشان از این مدل رگرسیونی نیز استفاده کردند. نتایج حاصل از این تحقیقات نشان داد که بین

جدول ۵. نتایج روش‌های رگرسیونی برای ارزیابی پایداری

Table 5. Results of regression methods for evaluation of sustainability

Entry No.	Genotype	Yield average (kg/ha)	B	EB	PJ	MSPJ	FP	MSFP
1	Gerome	2454	2.01	108725.87	1.01	-75525.64	2.01	48605.85
2	Jerry	2475	1.70	77862.48	0.70	-68980.99	1.70	3605.36
3	Jacomو	2473	1.01	42887.61	0.01	-20164.87	1.01	-19310.90
4	Julius	2179	1.09	158077.50	0.09	-15148.76	1.09	-9044.81
5	RGS003	3032	0.31	582099.29	-0.69	159953.76	0.31	146813.04
6	Z10B	2848	-0.39	339746.62	-1.39	241325.37	-0.39	273969.98
7	SAN-14	2924	0.44	494539.11	-0.56	207871.83	0.44	192889.15
8	L 101	2837	-0.04	305583.52	-1.04	175871.52	-0.04	178175.22
9	L 104	3105	0.92	601389.71	-0.08	-13781.10	0.92	-18411.02
10	L 107	2756	1.48	172881.55	0.48	-68230.08	1.48	-24765.35
11	L 110	2749	1.97	618475.68	0.97	323950.09	1.97	440120.90
12	Sinba	3058	1.06	520701.35	0.06	-33786.76	1.06	-29625.73
13	Pilani	2866	1.42	211370.09	0.42	99269.10	1.42	135628.81

در این جدول EB انحراف از خط رگرسیون، FP شیب خط رگرسیون مستقل فریمن و پرکینز، MSFP انحراف از شیب خط رگرسیون مستقل فریمن و پرکینز، PJ انحراف از رگرسیون تصحیح شده پرکینز و جینکز، MSPJ انحراف از رگرسیون تصحیح شده پرکینز و جینکز و b رگرسیون ساده فنیلی-ویلکینسون می‌باشد. In this table, EB is the deviation from the regression line, FP, the slope of the independent Ferry Man and Perkins regression line, MSFP, the deflection of the independent linear Freyman and Perkins regression line, PJ, the deviation from Perkins and Jinx corrected regression, MSPJ, the deviation from Perkins and Jinx corrected regression And b is the simplified Texas-Wilkinson regression.

(Jacomو) دارای حداقل انحراف از خط و ارقام شماره ۱۱ (BAL-104) و ۶ (Z10B) و ۷ (SAN-14) دارای بیشترین انحراف از خط رگرسیونی فریمن و پرکینز هستند. ضریب رگرسیونی فریمن و پرکینز از روش‌های دیگر رگرسیونی است، که در این روش ضریب رگرسیونی فریمن و پرکینز برای ارقام شماره ۱ (Gerome)، ۱۱ (L 110)، ۲ (Jerry) و ۱۰ (L 107) بالا بود و این ارقام را در این مدل می‌توان جزء ارقام پایدار معرفی نمود و ارقام شماره ۶ (Z10B)، ۸ (L 101) و ۵ (RGS003) که دارای ضریب رگرسیونی فریمن و پرکینز پایینی هستند جزء ارقام ناپایدار در این روش محسوب می‌شوند. با توجه به میزان باقیمانده و ضریب رگرسیونی فریمن و پرکینز،

در این مدل هرچه میزان این آماره کمتر باشد پایدارتر است. در این تحقیق رقم شماره ۶ (Z10B) کمترین میزان آماره و رقم شماره ۱ (Gerome) بیشترین میزان آماره را دارد و با توجه به این روش ارقام شماره ۶ (Z10B) و ۸ (L 101) پایدار و ارقام شماره ۱ (Gerome) و ۱۱ (L 110) ناپایدار هستند. در روش انحراف از خط رگرسیونی پرکینز و جینکز ارقام شماره ۱ (Gerome) و ۲ (Jerry) به ترتیب دارای حداقل میزان انحراف از خط هستند و ارقام شماره ۱۱ (L 110) و ۶ (Z10B) دارای بیشترین انحراف از خط هستند انحراف از خط پرکینز و جینکز مشابهت زیادی به انحراف از خط فریمن و پرکینز دارد و در آنجا نیز ارقام شماره ۱۲ (Sinba) و ۱۰ (L 107) و ۳

می‌توان ارقام شماره ۲ (Jerry) و ۱۰ (L 107) را جزء ارقام پایدار معرفی نمود که دارای مقدار باقیمانده کم و ضریب رگرسیونی بالا هستند. البته رقم شماره ۱۱ (L 110) دارای ضریب رگرسیونی فریمن خوبی است ولی دارای انحراف از رگرسیون فریمن و انحراف از رگرسیون خطی بالایی است (جدول ۵).

جدول ۶. آنالیز فنیلی و ویلکینسون

Table 6. Analysis by Philly and Wilkinson

Entry No.	Genotype	Yield average	Linear regression	Deviation from regression
1	Gerome	2454	2.013	108725.87
2	Jerry	2475	1.701	77862.48
3	Jacomo	2473	1.014	42887.61
4	Julius	2179	1.092	158077.50
5	RGS003	3032	0.315	582099.29
6	Z10B	2848	-0.387	339746.62
7	SAN-14	2924	0.437	494539.11
8	L 101	2837	-0.036	305583.52
9	L 104	3105	0.917	601389.71
10	L 107	2756	1.482	172881.55
11	L 110	2749	1.969	618475.68
12	Sinba	3058	1.064	520701.35
13	Pilani	2866	1.420	211370.09

جدول ۷- همبستگی رتبه‌ای عملکرد و پارامترهای پایداری در ژنوتیپ‌های بهاره کلزا

Table 7 - Rank correlation of yield and stability parameters in spring rapeseed genotypes

Y	EV	CV	SH	W	PP	P	B	EB	PJ	MSPJ	FP	MSFP	R	FRLOW	RMD	FRTOP	RS	ϒSI	ϒSI	ϕSI	ϒNPI	ϒNPI	ϒNPI	
Y	1.00																							
EV	-0.13	1.00																						
CV	-0.41	0.94**	1.00																					
SH	0.12	0.82**	0.70**	1.00																				
W	0.10	0.86**	0.73**	0.99**	1.00																			
PP	0.10	0.86**	0.73**	0.99**	1.00	1.00																		
P	-0.15	0.18	0.17	0.19	0.22	0.22	1.00																	
B	-0.41	0.61*	0.71**	0.05	0.12	0.12	0.01	1.00																
EB	0.77**	0.17	-0.12	0.36	0.38	0.38	0.01	-0.28	1.00															
PJ	-0.41	0.61*	0.71**	0.05	0.12	0.12	0.01	1.00**	-0.28	1.00														
MSPJ	0.37	0.42	0.23	0.84**	0.81**	0.81**	0.14	-0.45	0.57*	-0.45	1.00													
FP	-0.41	0.61*	0.71**	0.05	0.12	0.12	0.01	1.00	-0.28	1.00**	-0.45	1.00												
MSFP	0.23	0.66*	0.50	0.96**	0.95**	0.95**	0.22	-0.20	0.47	-0.20	0.95**	-0.20	1.00											
R	0.98**	-0.02	-0.31	0.19	0.19	0.19	-0.12	-0.32	0.80**	-0.32	0.41	-0.32	0.29	1.00										
FRLOW	-0.89**	0.16	0.45	-0.04	-0.04	-0.04	0.00	0.39	-0.65*	0.39	-0.33	0.39	-0.16	-0.92**	1.00									
FRMID	0.22	-0.20	-0.30	-0.14	-0.12	-0.12	0.22	-0.19	0.00	-0.19	0.06	-0.19	-0.06	0.26	-0.55*	1.00								
FRTOP	0.86**	-0.03	-0.28	0.16	0.15	0.15	-0.18	-0.30	0.77**	-0.30	0.35	-0.30	0.25	0.87**	-0.72**	-0.19	1.00							
RS	-0.61*	0.61*	0.75**	0.65*	0.63*	0.63*	0.23	0.22	-0.42	0.22	0.36	0.22	0.55*	-0.57*	0.60*	-0.18	-0.56*	1.00						
ϒSI	0.25	0.68*	0.57*	0.92**	0.87**	0.87**	0.03	-0.04	0.27	-0.04	0.77**	-0.04	0.87**	0.29	-0.12	-0.20	0.31	0.58*	1.00					
ϒSI	-0.09	0.71**	0.73**	0.84**	0.79**	0.79**	0.05	0.16	-0.02	0.16	0.53	0.16	0.73**	-0.07	0.27	-0.42	0.03	0.77**	0.90**	1.00				
ϕSI	-0.40	-0.11	0.04	-0.42	-0.38	-0.38	-0.20	0.39	-0.27	0.39	-0.54	0.39	-0.50	-0.45	0.51	-0.27	-0.37	-0.11	-0.51	-0.31	1.00			
ϒNPI	-0.35	-0.22	-0.11	-0.26	-0.28	-0.28	-0.27	0.01	-0.39	0.01	-0.17	0.01	-0.28	-0.37	0.27	-0.06	-0.27	0.01	-0.24	-0.22	0.35	1.00		
ϒNPI	-0.34	-0.23	-0.12	-0.25	-0.27	-0.27	-0.27	-0.02	-0.37	-0.02	-0.15	-0.02	-0.26	-0.36	0.25	-0.05	-0.25	0.01	-0.24	-0.23	0.32	1.00**	1.00	
ϒNPI	-0.89**	0.00	0.28	-0.18	-0.18	-0.18	-0.11	0.29	-0.63*	0.29	-0.36	0.29	-0.27	-0.92**	0.92**	-0.53	-0.64*	0.46	-0.25	0.09	0.52	0.41	0.40	1.00**

ns, \*, \*\* به ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

ns, \*, and \*\*, respectively, represent a non-significant mean of five and one percent

برای اسامی پارامترهای پایداری به جداول ۴، ۵ و ۶ مراجعه شود.

Refer for name of stability parameters to 4, 5, and 6 tables

در جدول خلاصه همبستگی خطی عملکرد و پارامترهای پایداری از آوردن همبستگی‌های غیر معنی‌دار خودداری شده است.



## REFERENCES

1. Ahmadi, J., Vaezi, B. & Naraki, H. (2012). Stability analysis of oilseed rape under dry land and comparison of selection methods of stable genotypes using stability statistics. *Crop Production (Agricultural Scientific Journal)*, 36:13-23. (In Farsi).
2. Akcura, M., Kaya, Y. & Taner, S. (2005). Genotype-environment interaction and phenotypic stability analysis for grain yield of durum wheat the central Anatolian region. *Journal of Agriculture*, 29:369-375.
3. Akcura, M., Kaya, Y. Taner, S. & Ayranici, R. (2006). Parametric stability analysis for grain yield of durum wheat. *Plant soil environment*, 52: 254-262.
4. Amiri Oghan. H., Alemzadeh-Khoomaram, M. H. & Javidfar, F. (2004). Stability of seed yield in spring rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences* 6: 203-214 (In Farsi).
5. Amiri Oghan. H., Alemzadeh-Khoomaram, M. H., Javidfar, F. & Alizade, B. (2006). Determination of rank correlation coefficient among different stability parameters in yield trials in spring rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 16 (2): 107-114 (In Farsi).
6. Buzza, G. C. (1995). Plant Breeding. In: Kimber, D. & McGregor, D. I. (Eds.). *Brassica oilseeds, Production and Utilization*. CAB International. Wallingford, UK.
7. Dashtaki, M., Yazdan Sepas, A., Najafi Mirak, T., Ghanadha, M. R., Jokar, R., Eslampour, M., Moaiedi, A., Kochaki, A., Nazeri, M., Abedi Oskoie, M. & Aminzadeh, Gh. (2004). Stability of grain yield and harvest index in winter and facultative bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Seed and Plant Improvement Journal*. 20: 263-279. (In Farsi).
8. Eberhart, S. A. & Russell, W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6: 36 – 40.
9. Javidfar, F., Alemzadeh-Khoomaram, M. H., Amiri Oghan, H. & Azizinia, S. (2004). Yield stability analysis of winter canola (*Brassica napus* L.) genotypes. *Seed and Plant Improvement Journal* 20: 315- 328 (In Farsi).
10. Lin, C. S. & Binns, M. R. (1989). Comparison of unpredictable environmental variation generated by year and by seeding- time factor for measuring type 4 stability. *Theoretical and Applied Genetics*. 78: 61-64.
11. Lin, C. S., Binns, M. R. & Lefcovitch, L. P. (1986). Stability analysis: where do we stand? *Crop Science*, 26: 894-900.
12. Mahler, K. A. & Auld, D. L. (1991). Effect of production environment on yield and quality of winter rapeseed. In *Proceeding of. 8th International Rapeseed congress, Saskatoon, Canada* Pp. 978-983.
13. Mortazavian, M. & Azizi-Nia, S. (2014). Nonparametric stability analysis in multi environment trial of canola. *Turk Journal Field Crops*, 19: 108-117.
14. Pourdard, S. S. & Moghadam, M. J. (2013). Study on genotype×environment interaction through GGE biplot for seed yield in spring rapeseed (*Brassica napus* L.) in rain-fed condition. *Journal of Crop Breeding*, 5: 1-14. (In Farsi).
15. Sabaghnia, N. (2005). Evaluation of genotype and environment interaction of grain yield in winter lentil. M.Sc. thesis, Tarbiat Modares University. (In Farsi).
16. Tesemma, T., Tsegaye, S., Belay, G., Bechere, E. & Mitiku, D. (1998). Stability of performance of tetraploid wheat landraces in the Ethiopian Highland. *Euphytica*, 102: 301–308.
17. Vaezi, B., Ahmadi, J. and Pour-Aboughadareh, A. R. (2015). Stability analysis of barley advanced lines under Gachsaran tropical environment. *Cereal Research*, 5 (3): 261-272. (In Farsi).