

## Evaluation the grain yield stability of promising rainfed lentil genotypes using parametric and non-parametric statistics

Amin Namdari<sup>\*1</sup>, Payam pezeshkpour<sup>2</sup>, Asghar Mehraban<sup>3</sup>, Amir Mirzaie<sup>4</sup>,  
Behruz Vaezi<sup>5</sup>, Hossein Nazarli<sup>6</sup>

1,5. Dryland Agricultural Research Institute, Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gachsaran, Iran. 2. Dryland Agricultural Research Institute, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Khoram Abad, Iran. 3. Dryland Agricultural Research Institute, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Moghan, Iran. 4. Dryland Agricultural Research Institute, Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ilam, Iran. 6. Dryland Agricultural Research Institute, Zanzan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zanzan, Iran.

(Received: September 12, 2021 - Accepted: November 27, 2021)

### ABSTRACT

Identification of high-yielding genotypes with adaptation to a wide range of environments is one of the major goals of crop breeding programs. This research was conducted as randomized complete block design on 16 selected lentil genotypes in four regions of Gachsaran, Khorramabad, Moghan and Ilam, during 2018-2019 and 2019-2020 cropping years. Genotypes stability was assessed through using parametric and non-parametric statistics. Stable genotypes based on CVi had lower yield than average. Regarding regression coefficient and deviation and based on the yield in total, genotype 10 was determined as the most stable genotype. Rick equivalence and Chokella variance statistics identified genotypes 12, 1, and 10 as stable genotypes. Based on Hanson (Di) statistic, genotypes 12 and 13 (low yield average) and 9 and 10 (high yield average) and based on coefficient of determination, G9, G12 and G10 were more stable genotypes. Based on Kang index (YSi), genotypes 9, 10, and 2 were identified as the stable genotypes. Regarding the results of nonparametric statistics of Nasar and Hyun (Si 1, 2, 3, 6) and Tanarazo (NPi 1, 2, 3, 4), more stable genotypes had lower yield than average. According to TOP statistic, 9, 11, and 5 genotypes were ranked in the top. The SIIG index also identified genotypes 4, 3, 13 and 10 as the most stable genotypes, of which only genotype 10 had higher yield than the average.

**Keywords:** Promising genotypes, SIIG, Yield stability.

### ارزیابی پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های امیدبخش عدس دیم با روش‌های پارامتری و ناپارامتری

امین نامداری<sup>۱\*</sup>، پیام پزیشکپور<sup>۲</sup>، اصغر مهربان<sup>۳</sup>، امیر میرزایی<sup>۴</sup>، بهروز واعظی<sup>۵</sup>، حسین نظری<sup>۶</sup>

۱-۵- استادیار و مربی، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گچساران، ۲- استادیار موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم آباد، ۳- استادیار موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مغان، ۴- استادیار موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ۶- استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان.

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۲۱ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۶)

### چکیده

شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا و سازگاری به دامنه گسترده‌ای از محیط‌ها، یکی از هدف‌های عمده در برنامه‌های به-نژادی گیاهان زراعی می‌باشد. پژوهش اخیر در قالب آزمایش‌های چندمحیطی شامل ۱۶ ژنوتیپ امیدبخش عدس در چهار منطقه گچساران، خرم‌آباد، مغان و ایلام، طی دو سال زراعی و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. با توجه به معنی‌دار بودن برهمکنش ژنوتیپ و محیط، تجزیه پایداری به روش‌های پارامتری و ناپارامتری در هشت محیط انجام شد. ژنوتیپ‌های پایدار بر مبنای ضریب تغییرات محیطی، عملکردی کمتر از میانگین داشتند. در رابطه با

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

آماره‌های رگرسیون و انحراف از رگرسیون، در مجموع و با در نظر گرفتن عملکرد، ژنوتیپ ۱۰ به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ تعیین شد. آماره‌های اکووالانس ریک و واریانس شوکلا، ژنوتیپ‌های یک، ۱۲ و ۱۰ را به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار تعیین کردند. ژنوتیپ‌هاژنوتیپ‌های ۱۲، ۱۳ (میانگین عملکرد کم)، نه و ۱۰ (میانگین عملکرد بالا) بر مبنای آماره هانسون (Di) و ژنوتیپ‌های G9، G12 و G10 بر مبنای ضریب تبیین، پایدار بودند. بر اساس شاخص کانگ (YSi)، ژنوتیپ‌های نه، ۱۰ و دو به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناسایی شدند. در رابطه با نتایج آماره‌های ناپارامتری نصار و هیون ( $Si^{1,2,3,6}$ ) و ترازو ( $Npi^{1,2,3,4}$ )، عملکرد ژنوتیپ‌های پایدارتر از میانگین کمتر بود. بر پایه آماره TOP، ژنوتیپ‌های نه، پنج و ۱۱ در رتبه‌های برتر قرار گرفتند. همچنین شاخص SIIG نیز ژنوتیپ‌های سه، چهار، ۱۳ و ۱۰ را به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناسایی نمود که از این میان، تنها ژنوتیپ ۱۰ عملکردی بالاتر از میانگین داشت.

**واژه‌های کلیدی:** امیدبخش، پایداری عملکرد، ژنوتیپ‌های شاخص گزینش ژنوتیپ ایده‌آل

## مقدمه

کرد. ضریب رگرسیون فیلی و ویلکینسون، انحرافات از خط رگرسیون و ضریب تشخیص پینتوس از روش‌های مبتنی بر تجزیه رگرسیون هستند (Farshadfar et al., 2012).

روش‌های پارامتری در فرض‌های آماری ویژه‌ای همچون پراکنش نرمال خطاها و اثرهای مقابل، از دقت مناسبی برخوردارند، اما اگر این فرض‌ها صادق نباشند، به خوبی کار نخواهند کرد. در چنین شرایطی، روش‌های ناپارامتری بر پایه رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها، جایگزین ارزشمندی برای روش‌های پارامتری هستند (Farshadfar et al., 2014; Mohammadi, 2016; Verma et al., 2017). روش‌های ناپارامتری، چند مزیت نسبت به روش‌های پارامتری دارند؛ نخست این‌که این روش‌ها اثر داده‌های خارج از محدوده را کاهش می‌دهند و بر هیچ پیش فرضی استوار نیستند و دوم این‌که تحلیل آن‌ها ساده است و افزودن یا حذف کردن یک یا چند ژنوتیپ، موجب ایجاد تفاوت زیادی در نتایج نمی‌شود. در بیشتر روش‌های ناپارامتری، ژنوتیپ‌ها در محیط‌های گوناگون رتبه‌بندی می‌شوند و ژنوتیپ‌هایی که یکسان‌ترین رتبه‌بندی را در محیط‌ها داشته باشند، پایدار در نظر گرفته می‌شوند.

چندین آماره ناپارامتری به‌منظور ارزیابی برهمکنش ژنوتیپ و محیط معرفی شده‌اند. چهار آماره ناپارامتری پایداری فنوتیپی شامل  $Si^{(6)}$ ،  $Si^{(1)}$ ،  $Si^{(2)}$ ،  $Si^{(3)}$ ، به‌منظور ترکیب میانگین عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌ها، پیشنهاد شدند (Nassar & Huehn, 1987). افزون بر

معنی‌دار بودن برهم‌کنش ژنوتیپ و محیط در مورد ویژگی‌های کمی همچون عملکرد دانه، موجب کاهش همبستگی فنوتیپ و ژنوتیپ و محدودیت در پیشرفت فرآیند گزینش ژنوتیپ برتر می‌شود که باید در فرآیند گزینش مورد توجه قرار گیرد. (Meng et al., 2016). برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط، موجب ناپایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های گوناگون می‌شود و تابعی از متغیرهای گوناگون آگرواکولوژیکی، اقلیمی و زراعی و ژنتیکی می‌باشد. ژنوتیپی که در شرایط محیطی گوناگون عملکرد بالا و پایداری داشته باشد، به‌عنوان ژنوتیپی پایدار و سازگار شناخته می‌شود (Pawar & Singh, 2010). رایج‌ترین روش آماری به‌منظور ارزیابی برهم‌کنش ژنوتیپ و محیط در آزمایش‌های یکنواخت چند محیطی، تجزیه مرکب است؛ البته موثر بودن این روش، منوط به یکنواختی واریانس خطا و افزایشی بودن اثرها می‌باشد و در صورت نقض این شرایط، موجب خطا در برآورد برهم‌کنش محیط و ژنوتیپ می‌شود. به‌منظور چیره شدن بر این محدودیت‌ها، روش‌های گوناگون تجزیه پایداری پیشنهاد شده‌اند (Elias et al., 2016).

ارزیابی برهم‌کنش ژنوتیپ و محیط با دو روش پارامتری (تک متغیره و چند متغیره) و ناپارامتری انجام می‌گیرد. روش‌های پارامتری تک‌متغیره، بر پایه تجزیه واریانس یا تجزیه رگرسیون هستند. از روش‌های مبتنی بر تجزیه واریانس می‌توان به واریانس محیطی، ضریب تغییرات محیطی اکووالانس ریک و واریانس پایداری شوکلا اشاره

### مواد و روش ها

به منظور بررسی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های امیدبخش عدس، پژوهش حاضر در قالب آزمایش‌های یکنواخت با ۱۴ ژنوتیپ برگزیده از آزمایش‌های پیشرفته به همراه دو رقم گچساران و سپهر به‌عنوان شاهد طی دو سال (از سال ۹۷) و در چهار منطقه گچساران، خرم‌آباد، ایلام و مغان در سه تکرار انجام شد؛ فهرست شجره ژنوتیپ‌های برگزیده در جدول یک ارائه شده است. هر واحد آزمایشی شامل چهار خط کاشت شش متری با تراکم ۲۰۰ دانه در متر مربع بود. کاشت در مناطق مختلف، متناسب با بارندگی موثر و در حد فاصل آذر ماه تا اواسط دی ماه انجام پذیرفت.

برای ارزیابی پایداری عملکرد دانه، چندین روش پایداری پارامتری و غیرپارامتری مورد استفاده قرار گرفتند. آماره‌های پایداری پارامتری محاسبه شده شامل ضریب تنوع ( $CV_i$ ) فرانسویس و کنبرگ، ضریب رگرسیون ( $bi$ ) فیلی و ویلکینسون، انحراف از رگرسیون ( $S_{2di}$ ) ابرهارت و راسل، اکواریانس ریک ( $W_i^2$ )، پایداری ژنوتیپی هانسون ( $Di$ )، واریانس پایداری شوکلا ( $\sigma^2$ ) و ضریب تبیین ( $R^2i$ ) بود.

روش‌های پایداری غیر پارامتری شامل شاخص پایداری و عملکرد کانگ ( $YSi$ )، آماره‌های ناپارامتری  $S_i^{(1)}$ ،  $S_i^{(2)}$ ،  $S_i^{(3)}$  و  $S_i^{(6)}$  معرفی شده توسط نصار و هیون و چهار آماره ناپارامتری  $NPi^{(1)}$ ،  $NPi^{(2)}$ ،  $NPi^{(3)}$  و  $NPi^{(4)}$  معرفی شده توسط تنارزو و شاخص برتری فاکس بودند.

با توجه به کاربرد گسترده روش‌های پارامتری و ناپارامتری در ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌ها، در اینجا از ذکر فرمول‌های مربوطه پرهیز می‌شود و تنها به نحوه محاسبه شاخص جدیدتر SIIG پرداخته می‌شود. به‌منظور ادغام روش‌های ناپارامتری، از شاخص SIIG (Zali et al., 2015) استفاده شد. نحوه محاسبه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) به شرح زیر بود:

۱- تشکیل ماتریس داده‌ها

با توجه به تعداد ژنوتیپ‌ها و تعداد شاخص‌ها یا صفات مورد بررسی، ماتریس داده‌ها به‌صورت رابطه یک تشکیل شد (ماتریس D):

این، چهار آماره جایگزین شامل  $NPi^{(1)}$ ،  $NPi^{(2)}$ ،  $NPi^{(3)}$  و  $NPi^{(4)}$  نیز بر پایه رتبه‌بندی اصلاح شده ژنوتیپ‌ها پیشنهاد شده‌اند؛ بر این اساس که ژنوتیپ‌هایی که جایگاه‌شان در رتبه‌بندی در مقایسه با سایرین کمتر تغییر یافته است، پایدارتر معرفی می‌شوند (Tiennarasu, 1995). در آماره مجموع رتبه کانگ، از مجموع رتبه عملکرد و واریانس شوکلا به‌منظور شناسایی لاین‌های پایدارتر استفاده می‌شود (Kang, 1993). همچنین بر مبنای آماره ناپارامتری فاکس، ژنوتیپ‌ها براساس رتبه دریافتی در سه رده بالا، پایین و میانه در محیط‌های آزمایشی رتبه‌بندی می‌شوند و بر مبنای درصد قرارگیری ژنوتیپ‌ها در سه بخش، پایدارترین ژنوتیپ شناسایی می‌گردد (Fox et al., 1990).

در آزمایش‌های یکنواخت سراسری، هدف پایانی، معرفی رقم (هایی) با میانگین عملکرد بالاتر از رقم-های موجود است که همزمان از پایداری مناسبی نیز در زمینه عملکرد برخوردار باشد. نتایج روش‌های گوناگون تجزیه پایداری، متفاوت و گاهی در تضاد با یکدیگر هستند که موجب پیچیده شدن فرآیند گزینش ژنوتیپ برتر می‌شود. در این راستا، شاخص گزینش ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) معرفی شده است که از تجمیع نتایج سایر آماره‌ها به‌دست می‌آید. مقدار SIIG در محدوده صفر و یک متغیر است و بر این اساس، ژنوتیپ‌هایی با عدد SIIG نزدیک به یک، برتر در نظر گرفته می‌شوند (Zali et al., 2015). با در نظر گرفتن این‌که شناسایی رقم‌های اصلاح شده با پتانسیل عملکرد و پایداری مناسب، نیازمند صرف زمان و بودجه زیادی می‌باشد، باید دقت و وسواس زیادی در گزینش ژنوتیپ‌های برتر به خرج داد. هدف اصلی پژوهش حاضر، غربالگری ژنوتیپ‌های امیدبخش عدس به‌منظور شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا و همزمان با پایداری مناسب عملکرد در مناطقی با اقلیم‌های نیمه‌گرمسیری و معتدل بود. در این راستا، از روش‌های گوناگون تک‌متغیره تجزیه پایداری شامل روش‌های پارامتری و ناپارامتری جهت شناسایی ژنوتیپ‌های برتر، استفاده شد.

## ژنوتیپ‌های ضعیف (di-)

در این مرحله برای هر آماره یا شاخص، فاصله از ژنوتیپ‌های ایده‌آل (di+) و ژنوتیپ‌های ضعیف (di-) به ترتیب با استفاده از روابط چهار و پنج محاسبه شد.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - r_j^+)^2} \quad i = 1, \dots, n \quad (۴)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - r_j^-)^2} \quad i = 1, \dots, n \quad (۵)$$

که در آن‌ها،  $r_{ij}$ : مقدار نرمال شده شاخص (صفت)  $i$ م ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) در رابطه با ژنوتیپ  $j$ ام ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) و  $r_j^+$  و  $r_j^-$ : به ترتیب مقدار نرمال شده ژنوتیپ‌های ایده‌آل و ژنوتیپ‌های ضعیف برای هر شاخص (صفت)  $j$ ام ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) بودند.

۵- محاسبه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG). شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل از رابطه شش محاسبه شد:

$$SIIG_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad i = 1, 2, \dots, n, 0 \leq SIIG_i \leq 1 \quad (۶)$$

$$D = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1m} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{nm} \end{bmatrix} \quad (۱)$$

که در آن،  $X_{ij}$  مقدار شاخص (صفت)  $i$ ام ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) در رابطه با ژنوتیپ  $j$ ام ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) می‌باشد.

۲- تبدیل ماتریس داده به یک ماتریس نرمال (رابطه دو):

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}} \quad (۲)$$

ماتریس R به صورت زیر تعریف شد:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (۳)$$

۳- شناسایی ژنوتیپ ایده‌آل و ژنوتیپ غیرایده‌آل (ضعیف).

در این مرحله برای هر شاخص یا صفت، بهترین ژنوتیپ (ایده‌آل) و ضعیف‌ترین (غیرایده‌آل) به طور جداگانه انتخاب شد.

۴- محاسبه فاصله از ژنوتیپ‌های ایده‌آل (di+) و

جدول ۱- فهرست و نام/شجره لاین‌ها و رقم‌های مورد استفاده در آزمایش

Table 1. List and name/pedigree of lines and cultivars used in the experiment

Number	Name/Pedigree	Number	Name/Pedigree
1	FLIP2012-2L(ILL10977)-ILL7985/ILL6037	9	FLIP2012-240L(ILL11215)-ILL7711XILL8176
2	PRECOZ(ILL4605)-ILL 5888 / ILL 5782	10	FLIP2012-244L(ILL11219)-ILL7711XILL5480
3	FLIP2011-43L(ILL10947)-ILL 7537 X ILL 590	11	FLIP2014-103L(ILL11513)-ILL9892 x ILL7978
4	FLIP2014-021L(ILL11431)-ILL9977 x ILL 1005	12	ICARDA 3 111 139 45 4.0 732 98 C
5	FLIP2014-032L(ILL11442)-ILL5883 x ILL6458	13	ILL8006
6	FLIP2014-031L(ILL11441)-ILL5883 x ILL6458	14	FLIP2010-95L(ILL10825)-ILL 7620 X 91517
7	FLIP2014-029L(ILL11439)-ILL6037 x ILL7012	15	FLIP 86-16L(ILL6002)-ILL 4349 x ILL 4605
8	FLIP2012-77L(ILL11052)-ILL6129XILL7980	16	Gachsaran (Check 1)
			Sepehr (Check 2)

های هشت‌گانه متفاوت باشد؛ از جمله ژنوتیپ ۱۱ که در منطقه گچساران (دو محیط یک و دو) از بالاترین عملکرد برخوردار بود، درحالی‌که در سایر مناطق این چنین نبود. همچنین مشابه این موضوع در مورد ژنوتیپ پنج (دو محیط سه و چهار) در منطقه خرم‌آباد مشاهده شد. بر این اساس، برهمکنش ژنوتیپ و محیط با روش‌های پایداری پارامتری و ناپارامتری تجزیه شد تا امکان شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد مناسب فراهم شود. میانگین عملکرد هر یک از ژنوتیپ‌ها در هر مکان طی دو سال و نیز میانگین کل مربوط به هر ژنوتیپ در هشت محیط (مکان و

## نتایج و بحث

تجزیه واریانس ساده برای هر یک از هشت محیط (جدول ۲) جداگانه انجام شد و پس از اطمینان از همگنی واریانس‌های آزمایشی به وسیله آزمون بارتلت، تجزیه مرکب برای هشت محیط انجام شد. فهرست و شماره محیط‌های اجرای آزمایش در جدول دو و میانگین مربعات و نتایج آزمون F تجزیه واریانس مرکب در جدول ۳ ارائه شده است. همان‌گونه که اشاره شد، برهمکنش ژنوتیپ و محیط در آزمایش اخیر بسیار معنی‌دار بود. وجود برهمکنش بین ژنوتیپ و محیط موجب شد که واکنش ژنوتیپ‌ها در محیط-

سال) در جدول چهار آمده است.

جدول ۲- فهرست و شماره محیط‌های اجرای آزمایش  
Table 2. List and the number of environments

Number	Environment	Number	Environment
E5	Moghan year 1	E1	Gachsaran year 1
E6	Moghan year 2	E2	Gachsaran year 2
E7	Ilam year 1	E3	Koram Abad year 1
E8	Ilam year 2	E4	Koram Abad year 2

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد ژنوتیپ‌های عدس در چهار منطقه طی دو سال  
Table 3. Combined variance analysis of lentil genotypes yield in eight environment (2 years in 4 locations)

	df	MS
Location (L)	3	15725786 ns
Year (Y)	1	4730015 ns
Y*L	3	7154884 **
E1	16	251479
Genotype (G)	15	173731 ns
G*Y	15	70478 ns
G*L	45	208191 **
G*L*Y	45	95528 *
E2	240	65265
CV: 21.5 %		

ns, \* and \*\*: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.  
ns, \* and \*\*: non significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

جدول ۴- میانگین دو ساله عملکرد ژنوتیپ‌های عدس در مناطق چهارگانه  
Table 4. Two-year yield average of lentil genotypes in four regions

Genotype	Gachsaran	Khoram Abad	Moghan	Ilam	Average	Genotype	Gachsaran	Khoram Abad	Moghan	Ilam	Average
1	1599	1463	529	1295	1222	9	1528	1611	663	1474	1319
2	1617	1130	589	1574	1228	10	1523	1544	611	1384	1266
3	1499	1213	506	1290	1127	11	1796	1577	621	1127	1280
4	1398	1327	609	1131	1116	12	1392	1376	571	1332	1168
5	1484	1742	453	1237	1229	13	1481	1153	664	1444	1185
6	1121	1398	580	1805	1226	14	1545	1156	575	1562	1209
7	1259	1493	608	1325	1171	15	1233	1026	497	1414	1043
8	856	1238	642	1228	991	16	1461	1133	599	1695	1222

داشتند؛ گروه دوم متشکل از ژنوتیپ‌های شماره 8، G13، G12 و G16 (رقم سپهر) بود که عملکرد دانه و ضریب تغییرات کمتر از میانگین داشتند و گروه سوم از ژنوتیپ‌های G15، G1، G3، G4، G7، G14 تشکیل شده بود که عملکرد دانه کمتر از میانگین و ضریب تغییرات بیشتر از میانگین داشتند. به طور کلی، ژنوتیپ‌های دارای بیشترین عملکرد، ضریب تغییرات بیشتری نیز داشتند (جدول ۵). در این پژوهش، میان رتبه عملکرد دانه و رتبه ضریب تغییرات محیطی، همبستگی منفی (غیر معنی‌دار) وجود داشت (جدول

## آماره‌های پارامتری ضریب تغییرات

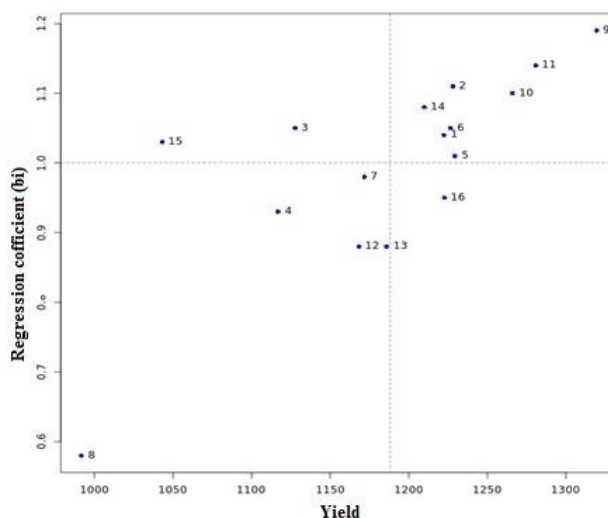
فرانسیس و کانببرگ (Francis & Kannenberg, 1978) بیان داشتند که ژنوتیپی پایدار است که عملکرد دانه آن بیش از میانگین و ضریب تغییرات آن کمتر از میانگین باشد. در پژوهش اخیر، ژنوتیپ‌ها از نظر رتبه‌بندی عملکرد و ضریب تغییرات در سه گروه قرار گرفتند؛ گروه نخست متشکل از ژنوتیپ‌های شماره G2، G5، G6، G9، G10، G11 بود که که عملکرد دانه و ضریب تغییرات بالاتر از میانگین

میانگین عملکرد بالا، به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار در نظر گرفته می‌شوند. ضریب رگرسیون ژنوتیپ‌های هشت، نه و ۱۱ با یک تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ۵). ضریب رگرسیون ژنوتیپ ۱۰ با یک تفاوت معنی‌داری نداشت و در عین حال عملکرد بالاتری نیز از میانگین و شاهد برتر (۱۶) داشت. همچنین انحراف از رگرسیون این ژنوتیپ غیر معنی‌دار بود و در رتبه مناسبی نیز قرار گرفت (جدول ۵). ژنوتیپ پنج با وجود ضریب رگرسیون کمتر و عملکرد نسبتاً مناسب، انحراف از رگرسیون بالایی داشت. ژنوتیپ نه با عملکرد بالا، ضریب رگرسیون با تفاوت معنی‌دار با یک و انحراف از رگرسیون کم نیز دارای سازگاری خصوصی به محیط‌های مناسب بود. همبستگی میان رتبه ژنوتیپ‌ها در هر دو پارامتر ضریب رگرسیون و انحراف از رگرسیون با میانگین عملکرد دانه منفی (و غیر معنی‌دار) بود که نشان می‌دهد مطلوبیت رتبه پایداری ژنوتیپ‌ها بر مبنای این دو پارامتر، لزوماً با مطلوبیت عملکرد دانه همراه نیست (جدول ۷).

۷). کمترین ضریب تغییرات به ژنوتیپ‌های هشت، ۱۲ و ۱۳ تعلق داشت که همگی عملکردی کمتر از میانگین داشتند. گزارش شده است که ژنوتیپ‌های پایدار در روش ضریب تغییرات محیطی، عموماً دارای عملکرد پایینی هستند (Kilic *et al.*, 2010)؛ در این باره باید اشاره نمود که همیشه ژنوتیپ‌هایی با ضریب تغییرات محیطی کمتر، واجد عملکرد پایینتر نیستند (Akcura *et al.*, 2006).

### ضریب رگرسیون و انحراف از رگرسیون

پراکنش ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد دانه و ضریب رگرسیون در شکل یک نشان داده شده است. در این شکل، خط عمودی بر میانگین عملکرد کل آزمایش و خط افقی بر ضریب رگرسیون یک ترسیم شده‌اند. Eberhart & Russell (1966)، سه معیار ضریب رگرسیون ( $b_i$ )، انحراف از رگرسیون ( $S_2d_i$ ) و میانگین هر ژنوتیپ را به‌عنوان معیار ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌ها به‌کار گرفتند. بر این اساس، ژنوتیپ‌های با ضریب رگرسیون برابر یک، کمترین انحراف از رگرسیون و



شکل ۱- پراکنش ژنوتیپ‌های عدس بر اساس عملکرد دانه و ضریب رگرسیون

Figure 1. Lentil genotype distributions based on the grain yield and regression coefficient

رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس این دو پارامتر کاملاً یکسان بود. ژنوتیپ‌هایی با کمترین مقدار واریانس شوکلا و اکووالانس ریک، به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار در نظر گرفته می‌شوند. پژوهش‌های دیگری نیز گزارش نموده‌اند که رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس این دو پارامتر یکسان است (Vaezi & Ahmadi, 2010)؛

### پارامترهای اکووالانس ریک ( $W_i^2$ ) و واریانس شوکلا ( $\sigma^2$ )

دو پارامتر یاد شده، ژنوتیپ‌های ۱۲، یک و ۱۰ را به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار، معرفی نمودند و ژنوتیپ‌های شش، هشت و ۱۱ نیز ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه بودند (جدول ۵). نتایج

(Abate et al., 2015).

**آماره هانسون**

بر اساس پارامتر  $D_i$  معرفی شده توسط Hanson (1970) ژنوتیپی پایدار است که  $D_i$  آن کوچک باشد. بر این اساس و در بین ژنوتیپ‌های آزمایشی، کمترین مقدار این پارامتر مربوط به ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۳ بود. دو ژنوتیپ پر عملکرد نه و ۱۰ نیز از نظر شاخص در رتبه های سوم و چهارم پایداری قرار داشتند. بر این اساس و با در نظر گرفتن عملکرد و شاخص  $D_i$ ، ژنوتیپ‌های نه و ۱۰ پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۵).

**ضریب تبیین ( $R^2_i$ )**

ضریب تبیین ( $R^2_i$ ) را می‌توان برای شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار در آزمایش‌های چند مکانی مورد استفاده قرار داد (Pinthus, 1977). این پارامتر، فاقد واحد اندازه‌گیری است و مطابق آن، ژنوتیپ‌هایی با بیشینه ضریب تبیین به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار در نظر گرفته می‌شوند. در آزمایش اخیر، بالاترین ضریب تبیین مربوط به ژنوتیپ نه بود و پس از آن ژنوتیپ‌های ۱۲، ۱۰، ۱۴ و هفت قرار داشتند (جدول ۵). تنها آماره پارامتری که رتبه‌بندی بر مبنای آن، همبستگی منفی با عملکرد دانه نداشت، ضریب تبیین بود (۰/۱۴)؛ هر چند، این همبستگی نیز معنی‌دار نبود.

**آماره‌های ناپارامتری****شاخص پایداری و عملکرد کانگ (YSi)**

مجموع رتبه حاصل از میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها و رتبه حاصل از واریانس پایداری شوکلا، عدد مربوط به آماره مجموع رتبه کانگ (Kang, 1993) را به‌دست می‌دهد. بر اساس شاخص عملکرد پایداری (YSi)، ژنوتیپ‌های با YSi بالاتر از میانگین، به‌عنوان ژنوتیپ پایدار شناخته می‌شوند. بر این اساس، ژنوتیپ‌های نه، دو، یک، ۱۰، ۱۴ و ۱۱ با دارا بودن شاخص YSi بالاتر از میانگین به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناسایی شدند (جدول ۶). در این رابطه، Sabaghnia et al. (2006) گزارش نمودند که آماره مجموع رتبه کانگ، بهترین آماره برای شناسایی

ژنوتیپ‌های پایدار است. محاسبه آماره مجموع رتبه در ژنوتیپ‌های گندم دوروم نشان داد که ژنوتیپ‌های برتر و برگزیده، دارای بهترین مجموع رتبه در سال‌ها و مکان‌های گوناگون بودند و همچنین کمترین مقدار انحراف معیار رتبه را نیز داشتند (Mohammadi et al., 2012). در پژوهش حاضر، آماره YSi همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه داشت (جدول ۶) و به‌طور کلی ژنوتیپ‌های با رتبه بالا از این نظر، عملکرد بالاتری نیز داشتند. در همین زمینه، پژوهش‌های دیگری نیز به مفهوم پویای پایداری در آماره YSi اشاره نموده اند (Zali et al., 2011; Farshadfar et al., 2012).

**آماره‌های نصار و هیون (Nassar & Huehn, 1987)**

دو آماره  $Si^{(1)}$  (میانگین تفاوت قدر مطلق ژنوتیپ در محیط‌ها) و  $Si^{(2)}$  (واریانس مشترک انحراف از رتبه‌ها) بر پایه رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها در محیط‌ها هستند و برای هر کدام از محیط‌ها، وزن یکسانی را در نظر می‌گیرند. ژنوتیپ‌هایی که تغییرات کمتری در رتبه‌بندی محیط‌ها دارند، به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدارتر در نظر گرفته می‌شوند. این دو آماره عموماً ژنوتیپ‌ها را به صورت یکسانی رتبه‌بندی می‌کنند. مقدار مجموع (sum) برای هر یک از دو آماره  $Z_i^{(1)}$  و  $Z_i^{(2)}$  (واریانس  $Si^{(1)}$  و  $Si^{(2)}$ ) کمتر از کای اسکوار مجموع جدول ( $\chi^2$  Sum) بود که بیانگر آن است که تفاوت رتبه پایداری ژنوتیپ‌ها معنی‌دار نبوده است (جدول ۶). در بین همه ژنوتیپ‌ها در مورد دو آماره  $Si^{(1)}$  و  $Si^{(2)}$ ، تنها مقدار  $Z_i^{(2)}$  ژنوتیپ پنج از مقدار کای اسکوار جدول ( $\chi^2$   $Z_i^{(1)}$ ,  $Z_i^{(2)}$ ) بیشتر بود؛ بنابراین اختلاف پایداری بین این ژنوتیپ و سایر ژنوتیپ‌ها بر اساس آماره  $Si^{(2)}$  وجود داشت. ژنوتیپ یادشده از لحاظ پایداری بر اساس آماره  $Si^{(2)}$  در پایینترین رتبه قرار داشت (جدول ۵). همانگونه که در جدول ۵ نشان داده شده است و بر اساس این دو آماره، ژنوتیپ‌های هفت، نه، ۱۰، ۱۲، ۱۳، ۱۴ پایدارترین و ژنوتیپ‌های پنج، هشت و ۱۱ نیز ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. دو آماره  $Si^{(3)}$  (واریانس بین رتبه‌ها در محیط‌ها) و  $Si^{(6)}$  (برایند انحراف مطلق-

بر پایه رتبه تصحیح شده میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها می‌باشند، به شکلی که ژنوتیپ‌هایی که رتبه آن‌ها در محیط‌های گوناگون، کمترین تغییر را داشته باشند، رتبه بالاتری خواهند داشت. بر این اساس، ژنوتیپ‌هایی با مقادیر کم  $NPi^{(1)}$ ،  $NPi^{(2)}$ ،  $NPi^{(3)}$  و  $NPi^{(4)}$ ، ژنوتیپ‌های پایدارتر در نظر گرفته می‌شوند. بر اساس آماره  $NPi^{(1)}$  ژنوتیپ‌های یک، دو، هفت، ۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۰ و بر اساس شاخص  $NPi^{(2)}$ ، ژنوتیپ‌های سه، چهار، ۱۲، ۱۳ و ۱۵، پایدارترین بودند (جدول ۶). ژنوتیپ‌های سه، چهار، ۱۲، ۱۴ و ۱۵ بر اساس آماره  $NPi^{(3)}$  به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند و در مورد آماره  $NPi^{(4)}$  نیز نتایجی مشابه به‌دست آمد. چنان که گزارش شد، ژنوتیپ‌های پایدار بر اساس آماره‌های تنارازو، عمدتاً از نظر عملکرد در رتبه‌های برتر قرار ندارند. ژنوتیپ ۱۲ از نظر هر چهار آماره تنارازو، پایدارترین ژنوتیپ بود، اما در عین حال عملکرد این ژنوتیپ در رتبه ۱۲ قرار داشت و از شاهد برتر (رقم سپهر با شماره ۱۶) نیز کمتر بود. در مورد ژنوتیپ‌های چهار، سه، هفت و ۱۴ نیز وضعیت مشابهی وجود داشت.

همانگونه که در جدول همبستگی (جدول ۷) نشان داده شده است، هر چهار آماره تنارازو با عملکرد دانه همبستگی منفی داشتند که در مورد  $NPi^{(2)}$ ،  $NPi^{(3)}$  و  $NPi^{(4)}$  این همبستگی منفی بسیار معنی‌دار بود. تنها در مورد آماره  $NPi^{(1)}$  این همبستگی منفی معنی‌دار نبود و این آماره یکی از ژنوتیپ‌های پرمحصول (ژنوتیپ ۱۰) را نیز به‌عنوان ژنوتیپ پایدار معرفی نمود. در اینباره گزارش شده است که ژنوتیپ‌های پایدار بر اساس آماره‌های ناپارامتری تنارازو و هیون، عموماً از عملکرد بالایی برخوردار نیستند (Jamshidmoghaddam & Pourdad, 2013).

در شکل ۲، پراکنش ژنوتیپ‌ها بر اساس آماره‌های پایداری به فرم نمودار گرمایی به نمایش گذاشته شده است. در این نمودار، وضعیت پایداری هر ژنوتیپ بر پایه هر آماره، بر اساس رنگ از آبی تیره (بیشترین پایداری) تا سفید (کمترین پایداری) بد می‌شود. همان‌گونه که از این شکل می‌توان تشخیص داد، در

ها) در واقع ترکیبی از عملکرد و پایداری بر اساس رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها در هر مکان می‌باشند و پایداری را بر اساس میانگین رتبه‌بندی هر ژنوتیپ اندازه‌گیری می‌کنند. ژنوتیپ‌هایی با پایین‌ترین مقدار این آماره‌ها، به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار در نظر گرفته می‌شوند. بر اساس این دو آماره، ژنوتیپ‌های هفت، ۱۲، ۱۵، ۱۴، پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. ژنوتیپ ۱۰ مطابق آماره  $Si^{(3)}$  از لحاظ پایداری در رتبه پنجم قرار داشت، در حالی که بر اساس  $Si^{(6)}$  در رتبه هشتم قرار گرفت. در رابطه با نتایج چهار آماره ناپارامتری گفته شده (آماره‌های نصار و هیون)، ژنوتیپ‌های هفت، ۱۲، ۱۳ و ۱۴ که مطابق این آماره‌ها در رتبه‌های برتر پایداری بودند، از لحاظ عملکرد در رتبه‌های ضعیف جدول قرار داشتند و تنها ژنوتیپ ۱۰ بود که همزمان با عملکرد بالا (رتبه ۳)، از لحاظ این آماره‌ها نیز حائز رتبه مناسب بود. در مورد هر چهار آماره ناپارامتری ذکرشده، ژنوتیپی از نظر عملکرد دانه پایدار محسوب می‌شود که کم‌ترین مقدار این آماره‌ها را داشته باشد.

#### آماره فاکس و همکاران (Fox et al., 1990)

ژنوتیپ‌ها را بر اساس عملکرد و پایداری در سه دسته بالا (TOP)، متوسط و پایین قرار می‌دهد. بالاتر بودن مقدار آماره TOP یک ژنوتیپ، به معنای پایدارتر بودن آن ژنوتیپ می‌باشد. بر این اساس، ژنوتیپ‌های یک، پنج، هشت، ۹، ۱۱، ۱۶ به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها بر اساس آماره TOP شناسایی شدند. همان‌گونه که در جدول ۶ نشان داده شده است، در میان روش‌های ناپارامتری، آماره‌های TOP و  $YSi$  تنها مواردی بودند که همبستگی مثبت با عملکرد معنی‌دار داشتند و ژنوتیپ‌های پرمحصول با عملکرد پایدار را بهتر شناسایی نمودند؛ به موثر بودن آماره TOP در شناسایی ژنوتیپ‌های پرمحصول پایدار در سایر پژوهش‌ها نیز اشاره شده است (Ebadi et al., 2008). در بسیاری از موارد، ژنوتیپ‌های پایدار از نظر آماره TOP، از نظر عملکرد نیز در رتبه‌های بالایی قرار می‌گیرند (Abdulahi et al., 2007).

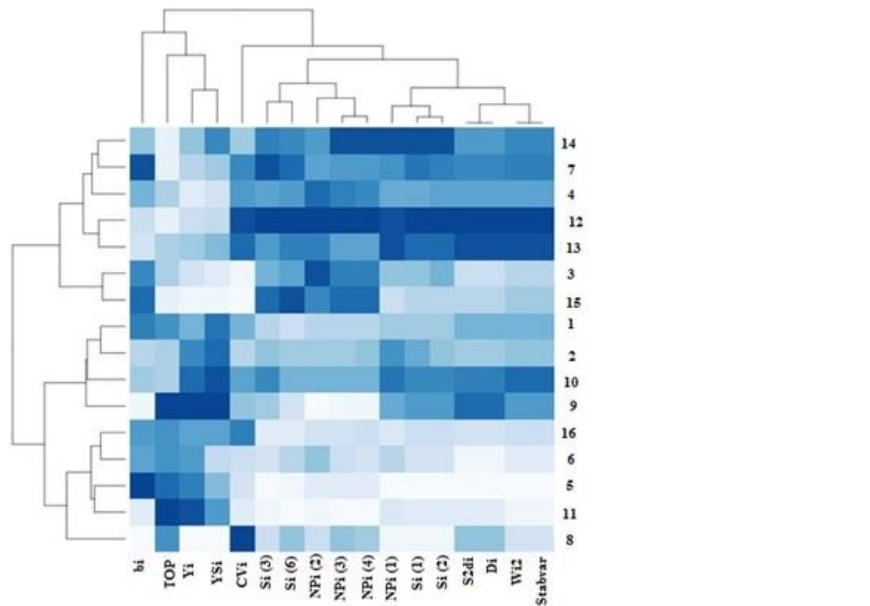
#### آماره‌های تنارازو

چهار آماره پیشنهاد شده توسط Tiiennarasu (1995)

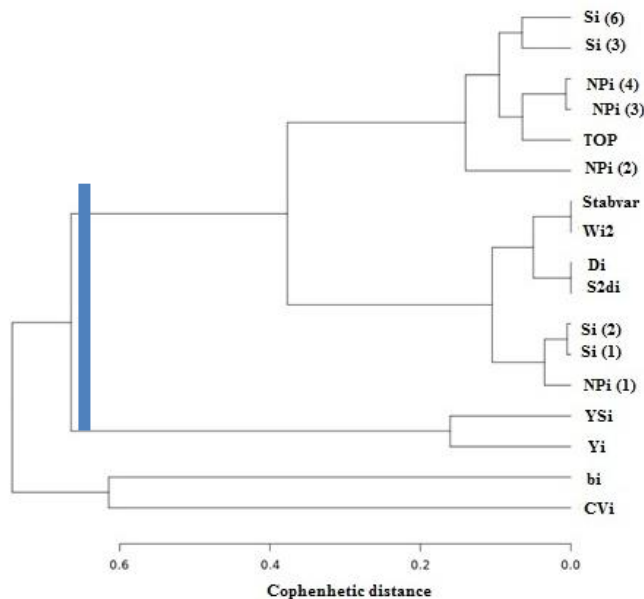


خوشه اصلی قرار می‌گیرند که در شکل با خط برش آبی نمایش داده شده‌اند. همان‌گونه که در شکل مشخص است، عملکرد دانه و آماره پایداری کانگ YSi در یک خوشه قرار گرفته‌اند و ضریب تغییرات محیطی و ضریب رگرسیون نیز هر یک خوشه‌ای منفرد و جداگانه را تشکیل داده‌اند (شکل ۳).

مجموع آماره‌های پایداری، دو ژنوتیپ ۱۲ و ۱۳، بیشترین پایداری عملکرد را نشان دادند و پس از آن می‌توان به ژنوتیپ‌های ۱۰ و ۱۴ اشاره نمود. ژنوتیپ ۱۱ با میانگین عملکرد بالا، از پایداری مناسبی برخوردار نبود. بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای، آماره‌های پایداری در زمینه عملکرد دانه در چهار



شکل ۲- نمودار گرمایی پراکنش ژنوتیپ‌ها بر مبنای آماره‌های پارامتری و ناپارامتری پایداری  
Figure 2. Thermal diagram of of genotype distributions based on the parametric and non parametric stability



شکل ۳- تجزیه خوشه‌ای میانگین عملکرد و آماره‌های پایداری  
Figure 3. Cluster analysis of yield average and stability statistics

جدول ۵- برآورد مقدار و رتبه آماره‌های پارامتری پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های عدس  
 Table 5. Quantity and rank of stability parametric statistics of lentil genotypes

Genotype	Yi	Rank	CVi	Rank	bi	Rank	S <sup>2</sup> di	Rank	Wi <sup>2</sup>	Rank	Di	Rank	StabVar	Rank	R <sup>2</sup> i	Rank
1	1222	8	42	8	1.04 ns	5	12637 ns	6	208908	8	1317	8	30819	8	0.889	7
2	1228	5	44	11	1.1 ns	11	19725 ns	10	267163	9	1333	10	40330	9	0.883	8
3	1128	13	46	15	1.04 ns	6	26190 *	12	290969	11	1347	12	44217	11	0.853	10
4	1117	14	41	6	0.93 ns	8	11555 ns	7	206750	7	1314	7	30466	7	0.869	9
5	1230	4	46	13	1.00 ns	1	100882 ***	16	735916	16	1504	16	116861	16	0.678	16
6	1227	6	45	12	1.05 ns	7	67169 ***	15	537791	14	1436	15	84514	14	0.760	14
7	1171	11	41	5	0.98 ns	3	2996 ns	5	149027	4	1295	5	21042	4	0.908	5
8	992	16	32	1	0.57 ***	16	16774 ns	9	506248	13	1326	9	79364	13	0.686	15
9	1320	1	43	9	1.18 **	15	-1320 ns	3	177441	6	1284	3	25681	6	0.946	1
10	1266	3	41	7	1.09 ns	10	-35 ns	4	144545	3	1287	4	20310	3	0.933	3
11	1281	2	46	14	1.13 *	14	66070 ***	14	556786	15	1433	14	87615	15	0.790	12
12	1168	12	36	2	0.88 ns	12	-10305 ns	1	89245	1	1263	1	11282	1	0.945	2
13	1186	10	36	3	0.88 ns	13	-1567 ns	2	141909	2	1284	2	19880	2	0.907	6
14	1210	9	43	10	1.07 ns	9	3506 ns	6	158187	5	1293	6	22538	5	0.922	4
15	1043	15	50	16	1.013 ns	2	26150 *	11	276321	10	1335	11	41825	10	0.850	11
16	1222	7	40	4	0.96 ns	4	36935 *	13	386537	12	1389	13	59819	12	0.785	13

جدول ۶- برآورد مقدار و رتبه آماره‌های ناپارامتری پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های عدس

Table 6. Quantity and rank of nonparametric statistics of lentil genotypes

Genotype	Si (1)	Rank	Zi (1)	Si (2)	Rank	Zi (2)	Si (3)	Rank	Si (6)	Rank	YSi	Rank	TOP	Rank	NPi (1)	Rank	NPi (2)	Rank	NPi (3)	Rank	NPi (4)	Rank								
1	5.96	10	0.38	24.3	10	0.15	11	11	4.07	12	10+	4	2	5.5	3.88	10	0.52	11	0.6	11	0.78	11								
2	5.36	4.5	0.00	20.8	9	0.00	9	9	3.76	10	11+	3	1	10	3.25	5.5	0.48	10	0.58	10	0.73	9								
3	5.39	9	0.01	20.4	8	0.01	8	8	3.14	7	1	14	1	10	3.62	9	0.28	2	0.4	4.5	0.51	4								
4	5.36	7.5	0.00	199	7	0.03	7	7	3	6	2	13	1	10	3.5	7.5	0.29	3	0.4	4.5	0.52	5								
5	7.82	16	5.66	45.5	16	9.72	16	16	5.71	15	6+	8.5	3	3	6.12	16	0.77	14	0.72	14	0.89	14								
6	6.64	13	1.59	30.3	13	1.34	13	13	3.82	11	4	11.5	2	5.5	4.25	11	0.47	9	0.62	12	0.81	13								
7	4.64	4	0.4	15.1	4	0.61	2	2	2.19	3	5	10	0	14.5	3.25	5.5	0.39	7	0.43	6	0.55	6								
8	7.43	15	4.03	39.4	15	5.44	12	12	3.65	9	-9	16	2	5.5	5.5	15	0.52	12	0.58	9	0.73	10								
9	5.07	6	0.05	17.4	6	0.24	10	10	4.53	13	18+	1	4	1.5	3.5	7.5	1	16	0.82	15	1.07	15								
10	4.89	5	0.16	16.7	5	0.34	5	5	3.39	8	15+	2	1	10	3.12	4	0.45	8	0.52	8	0.66	8								
11	7.04	14	2.67	38.8	14	5.09	15	15	6.08	16	8+	6	4	1.5	4.88	13.5	0.97	15	0.93	16	1.13	16								
12	3.79	1	2.10	10.3	1	1.98	1	1	1.52	1	4	11.5	0	14.5	2.5	2	0.25	1	0.32	1	0.4	1								
13	4.29	3	0.95	13.9	3	0.88	6	6	2.65	4	6+	8.5	1	10	2.5	2	0.31	4	0.45	7	0.55	7								
14	3.86	2	1.91	11.1	2	1.71	4	4	2.73	5	9+	5	0	14.5	2.5	2	0.37	6	0.38	2	0.47	2								
15	6.29	11	1.85	27.4	11	0.61	3	3	1.65	2	-2	15	0	14.5	4.5	12	0.32	5	0.38	3	0.49	3								
16	6.54	12	1.35	30	12	1.26	14	14	4.55	14	7+	7	2	5.5	4.88	13.5	0.61	13	0.63	13	0.8	12								
Sum Zi (1)	22.1		Sum Zi (2)		29.42		E (Si <sup>(1)</sup> )		5.31		E (Si <sup>(2)</sup> )		21.25		V(Si <sup>(1)</sup> )		1.11		V(Si <sup>(2)</sup> )		60.75		$\chi^2$ Zi <sup>1</sup> , Zi <sup>2</sup>		8.73		$\chi^2$ Sum		26.3	

جدول ۷- ضرایب همبستگی اسپیرمن میان رتبه آماره‌های پارامتری و ناپارامتری پایداری

Table 7. Spearman correlation coefficients between the rank of parametric and non-parametric stability statistics

	Yi	CVi	bi	S2di	Wi2	Di	Stabvar	Ysi	Si(1)	Si(2)	Si (3)	Si (6)	TOP	NPi (1)	NPi (2)	NPi(3)
CVi	-0.27															
bi	-0.16	-0.39														
S2di	-0.15	0.61*	-0.41													
Wi2	-0.15	0.59*	-0.2	0.95**												
Di	-0.15	0.61*	-0.41	1**	0.95**											
Stabvar	-0.15	0.51*	-0.2	0.95**	1**	0.95**										
Ysi	0.84**	-0.04	-0.2	0.24	0.24	0.23	0.24									
Si(1)	-0.1	0.37	-0.19	0.87**	0.95**	0.87**	0.95**	0.27								
Si(2)	-0.13	0.36	-0.16	0.87**	0.95**	0.87**	0.95**	0.22	0.99**							
Si (3)	-0.47	0.23	0.04	0.73**	0.83**	0.73**	0.83**	-0.14	0.83**	0.84**						
Si (6)	-0.7**	0.27	0.07	0.6**	0.69**	0.6*	0.69**	-0.44	0.68**	0.7**	0.94**					
TOP	0.59*	-0.14	-0.25	-0.46	-0.63**	-0.46	-0.63**	0.3	-0.67**	-0.67**	-0.91**	-0.93**				
NPi (1)	-0.04	0.32	-0.24	0.82**	0.92**	0.82**	0.92**	0.3	0.97**	0.96**	0.78**	0.64**	-0.65**			
NPi (2)	-0.67	0.13	0.16	0.41	0.56*	0.41	0.56*	-0.49	0.59*	0.62**	0.77**	0.87**	-0.83**	0.6*		
NPi(3)	-0.74**	0.18	0.14	0.48	0.59*	0.48	0.59*	-0.46	0.62*	0.65**	0.87**	0.93**	-0.93**	0.59*	0.91**	
NPi(4)	-0.74**	0.16	0.16	0.47	0.6*	0.47	0.6*	-0.41	0.64**	0.66**	0.87**	0.92**	-0.94	0.61*	0.91**	0.99*

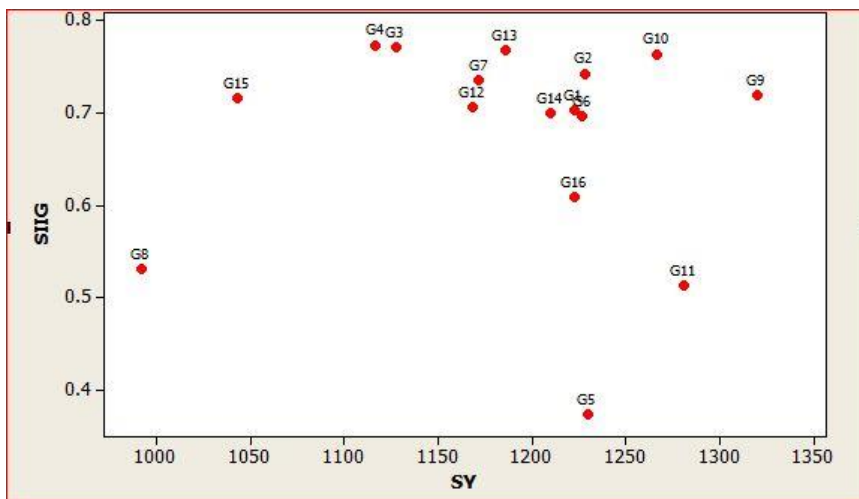
ns، \* و \*\*: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, \* and \*\*: non significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

**آماره SIIG**

همانگونه که اشاره شد، نتایج تجربه پایداری با آماره- های ناپارامتری، بعضا با نتایج متفاوت و حتی متناقض همراه است؛ بر این اساس در این پژوهش و برای برگزیدن بهترین ژنوتیپها از نظر پایداری عملکرد، افزون بر آماره های ناپارامتری، از شاخص SIIG که حاصل ادغام این روش هاست نیز به طور جداگانه استفاده شد. در شکل ۴، پراکنش ژنوتیپها بر اساس عملکرد و شاخص SIIG نشان داده شده است؛ بر این اساس، ژنوتیپهای چهار، سه، ۱۳ و ۱۰ با دارا بودن بالاترین مقدار شاخص SIIG، به عنوان پایدارترین ژنوتیپها شناسایی شدند. از میان این ژنوتیپها، ژنوتیپ ۱۰ بالاترین عملکرد را داشت. ژنوتیپ نه، با وجود دارا بودن بالاترین عملکرد از نظر پایداری بر

اساس آماره SIIG در رتبه متوسطی قرار گرفت و ژنوتیپ ۱۱ با عملکرد بالا از نظر پایداری، در رتبه ضعیفی قرار گرفت (جدول ۷). ضعیف ترین پایداری در میان ژنوتیپها به ژنوتیپ پنج اختصاص داشت که با فاصله در انتهای جدول رتبه بندی قرار داشت. رقم شاهد گچساران (ژنوتیپ ۱۵) از نظر عملکرد در کل محیطها در وضعیت ضعیفی بود و از نظر پایداری، شرایط متوسطی را نشان داد و در مورد رقم سپهر (ژنوتیپ ۱۶)، با وجود عملکرد متوسط، پایداری وضعیت ضعیفی نشان داد (رتبه ۱۳). همان گونه که بیان شد، چندین ژنوتیپ از نظر عملکرد و پایداری بر رقم های شاهد برتری داشتند. مقدار و رتبه شاخص SIIG در مورد هریک از ژنوتیپها و فاصله با ژنوتیپ مطلوب و نامطلوب در جدول ۸ ارائه شده است.



شکل ۴ - نمودار دو بعدی پراکنش ۱۶ ژنوتیپ عدس بر اساس عملکرد دانه و روش SIIG

Figure 4. Two-dimensional distribution diagram of 16 lentil genotypes based on the grain yield and SIIG index

جدول ۸ - شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده آل عدس بر مبنای روش های تجزیه پایداری ناپارامتری و فواصل از ژنوتیپ مطلوب (d+) و ژنوتیپ نامطلوب (d-)

Table 8. SIIG index based on the non-parametric stability statistics and distances from favorable genotype (d+) and unfavorable genotype (d-)

Genotype	d+	d-	SIIG	rank	Genotype	d+	d-	SIIG	rank
G1	0.222	1.250	0.703	8	G9	0.305	1.977	0.718	7
G2	0.253	2.107	0.742	5	G10	0.206	2.137	0.763	4
G3	0.205	2.332	0.771	2	G11	0.876	0.973	0.513	15
G4	0.200	2.331	0.773	1	G12	0.346	2.00	0.706	10
G5	1.637	0.579	0.373	16	G13	0.191	2.087	0.767	3
G6	0.308	1.622	0.696	12	G14	0.343	1.859	0.699	11
G7	0.283	2.183	0.735	6	G15	0.334	2.11	0.715	9
G8	0.732	0.940	0.531	14	G16	0.342	0.833	0.609	13

## نتیجه‌گیری کلی

در پژوهش حاضر دیده شد که برهم‌کنش ژنوتیپ و محیط موجب شد که واکنش ژنوتیپ‌ها در محیط‌های هشت‌گانه متفاوت باشد؛ از جمله ژنوتیپ ۱۱ در منطقه گچساران (دو محیط یک و دو) از بالاترین عملکرد برخوردار بود، در حالی که در سایر مناطق، این چنین نبود و همچنین مشابه این موضوع در مورد ژنوتیپ پنج (دو محیط سه و چهار) در منطقه خرم‌آباد مشاهده شد. نتایج روش‌های گوناگون تجزیه پایداری در مورد شناسایی ژنوتیپ پایدار متنوع بود. به‌طور کلی در بیشتر روش‌ها، ژنوتیپ‌های پایدارتر، رتبه مناسبی از نظر عملکرد نداشتند. با توجه به این که هدف نهایی، معرفی رقم (هایی) با پایداری مناسب و در عین حال

عملکرد بالاتر نسبت به رقم‌های پیشین بود، با در نظر گرفتن مجموع آماره‌های پایداری ارزیابی شده و نیز میانگین عملکرد، ژنوتیپ ۱۰ از پایداری مناسبی به‌ویژه در مقایسه با رقم‌های شاهد برخوردار بود و میانگین عملکرد بالایی نیز داشت. در مورد ژنوتیپ نه نیز مشاهده شد که این ژنوتیپ با میانگین عملکرد بالا، از رتبه پایداری متوسط و بالاتر از رقم‌های شاهد برخوردار بود. ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۳ با وجود پایداری عملکرد بالا، در رتبه‌های پایینی از نظر میانگین عملکرد قرار داشتند. در پایان و با در نظر گرفتن همه شرایط، ژنوتیپ ۱۰ به‌عنوان ژنوتیپ مطلوب جهت اجرای آزمایش تحقیقی ترویجی در مزرعه بهره‌برداران و مناسب جهت کشت در مناطق یادشده برگزیده شد.

## REFERENCES

1. Abate, F., Mekbib, F. & Dessalegn, Y. (2015). GGE biplot analysis of multi-environment yield trials of durum wheat (*Triticum turgidum desf.*) genotypes in north western Ethiopia. *American Journal of Experimental Agriculture*, 8(2), 120-129.
2. Abdulahi, A., Mohammadi, R. & Pourdad, S. S. (2007). Evaluation of safflower (*Carthamus spp.*) genotypes in multi-environment trials by nonparametric methods. *Asia Journal of Plant Sciences*, 6(5), 827-832.
3. Akcura, M., Kaya, Y., Taner, S. & R. Ayranci, R. (2006). Parametric stability analyses for grain yield of durum wheat. *Plant Soil and Environment*, 52(6), 254-261.
4. Ebadi Segherloo, A., Sabaghpour, S. H., Dehghani, H. & Kamrani, M. (2008). Non-parametric measures of phenotypic stability in chickpea genotypes (*Cicer arietinum L.*). *Euphytica*. 162, 221-229.
5. Eberhart, S. A. & Russell, W.A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6, 36-40.
6. Elias, A. A., Robbins, K. R., Doerge, R. W. & Tuinstra, M. R. (2016). Half a century of studying genotype  $\times$  environment interactions in plant breeding experiments. *Crop Science*, 58, 2090-2105.
7. Farshadfar, E., Mahmudi, N. & Sheibanirad, A. (2014). Nonparametric methods for interpreting genotype  $\times$  environment interaction in bread wheat genotypes. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 4, 55-62.
8. Farshadfar, E., Sabaghpour, S. H. & Zali, H. (2012). Comparison of parametric and non-parametric stability statistics for selecting stable chickpea (*Cicer arietinum L.*) genotypes under diverse environments. *Australian Journal of Crop Science*, 6(3), 514-524.
9. Fox, P., Skovmand, B., Thompson, B., Braun, H. J. & Cormier, R. (1990). Yield and adaptation of hexaploid spring triticale. *Euphytica*, 47, 57-64.
10. Francis, T.R. & Kannenberg, L. W. (1978). Yield stability studies in short-season maize. 1. A descriptive method for grouping genotypes. *Canadian Journal of Plant Science*, 58, 1029-1034.
11. Hanson, W. D. (1970). Genotypic stability. *Theoretical and Applied Genetics*, 40, 226-231.
12. Jamshidmoghaddam, M. & Pourdad, S..S. (2013). Genotype  $\times$  environment interactions for seed yield in rainfed winter safflower (*Carthamus tinctorius L.*) multi-environment trials in Iran. *Euphytica*, 190(3), 357-369.
13. Kang, M. S. (1993). Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for growers. *Agronomy Journal*, 85(3), 754-757.
14. Kilic, H., Akcura, M. & Aktas, H. (2010). Assessment of parametric and non-parametric methods for selecting stable and adapted durum wheat genotypes in multi-environments. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(3), 271-279.

15. Meng, Y., Ren, P., Ma, X., Li, B., Bao, Q., Zhang, H., Wang, J., Bai, J. & Wang, H. (2016). GGE Biplot-based evaluation of yield performance of barley genotypes across different environments in China. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18 533-543.
16. Mohammadi, M., karimizadeh, R., Hosseinpour, T., Falahi, H. A., Khanzadeh, H., Sabaghnia, N., Mohammadi, P., Armion, M. & Hosni, M. H. (2012). Genotype  $\times$  Environment Interaction and Stability Analysis of Seed Yield of Durum Wheat Genotypes in Dryland Conditions. *Notulae Scientia Biologicae*, 4 (3), 57-64.
17. Mohammadi, R. (2016). Efficiency of yield-based drought tolerance indices to identify tolerant genotypes in durum wheat. *Euphytica*, 211, 71-89.
18. Nassar, R. & Huehn, M. (1987). Studies on estimation of phenotypic stability: Tests of significance for nonparametric measures of phenotypic stability. *Biometrics*, 45-53.
19. Pawar, I. S. & Singh, S. (2010). *Theory and Application of Biometrical Genetics*. CBS Publisher & Distributors Pvt. Ltd., (2010). Softcover, 1st edition. New Delhi, IND.
20. Pinthus, J. M. (1973). Estimate of genotype value: a proposed method. *Euphytica*, 22, 121-123.
21. Sabaghnia, N., Dehghani, H. & Sabaghpour, S. H. (2006). Nonparametric methods for interpreting genotype  $\times$  environment interaction of lentil genotypes. *Crop Science*, 46, 1100-1106.
22. Tiennarasu, K. (1995). On Certain Non-Parametric Procedures For Studying Genotype-Environment interactions and Yield Stability. IARI, Division of Agricultural Statistics: New Delhi.
23. Vaezi, B. & Ahmadi, J. (2010). Assessment of genotype  $\times$  environment interaction and stability of yield in advanced barley lines in rainfed conditions. *Iranian Journal of Agricultural*, 41, 395-402. (In Persian)
24. Verma, A., Singh, J., Kumar, V., Kharab, A. S. & Singh, G. P. (2017). Nonparametric analysis in multi environmental trials of feed barley genotypes. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(6), 1201-1210.
25. Zali, H., Sofalian, O., Hasanloo, T., Asghari, A. & Hoseini, S. M. (2015). Appraising of drought tolerance relying on stability analysis indices in canola genotypes simultaneously, using selection index of ideal genotype (SIIG) technique: Introduction of new method. *Biological Forum, An International Journal*. 7(2), 703-711.
26. Zali, H., Farshadfar, E. & Sabaghpour, S. H. (2011). Non-parametric analysis of phenotypic stability in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in Iran. *Crop Breeding Journal*, 1, 89- 100.