

Non-Parametric Stability Analysis of Yield in Lentil Genotypes

Seyedeh Soudabeh Shobeiri^{1*}, Payam Pezeshkpour², Davood Sadeghzadeh Ahari³

¹Assistant Professor, Dryland Agricultural Research Institute, Zanjan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zanjan, Iran, Email: s.shobeiri@yahoo.com

²Assistant Professor, Dryland Agricultural Research Institute, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Khoramabad, Iran, Email: papezeshkpour@yahoo.com

³Associate Professor, Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran. Email: dsadeghzade@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:

Received: 2023-1-24
Revised:
Accepted: 2023-4-10

Keywords:

Cluster analysis
Lentil
Principal component
analysis
Stability analysis

ABSTRACT

Background and objectives: Lentil is an important source of protein, minerals and vitamins in the human diet. In addition, it is rich in minerals and carbohydrates, and its straw provides valuable fodder for animals. Lentil is cool season food legumes that are generally cultivated in semi-arid temperate regions. The introduction of grain legumes such as lentils in agricultural systems and rotation with other crops can contribute to the stability of the nitrogen cycle and increase soil fertility through the biological fixation of atmospheric nitrogen in the soil, disrupt disease cycles and generally help create a better production environment for other crops. Lentil seed yield is strongly influenced by environments and breeders often determine the stability of high yield genotypes across environments before recommending a stable cultivar for release. Identification of high-yield genotypes with adaptation to a wide range of environments is one of the major goals in crop breeding programs. The challenge of the interaction of genotype \times environment is one of the main issues in plant breeding. Various statistical methods to estimate the interaction of genotype \times environment and choose the stable and productive genotype(s) have been introduced. One of the applications of Non-Parametric methods is determination of genotypes rank in different environments, which is also used as a measuring stability. A stable genotype shows similar ranks across different environments and has minimum rank variance in different environments. And the genotype that has the minimum average rank in all environments is considered as a stable genotype. Non-Parametric Stability Statistics require no statistical assumptions about the distribution of the phenotypic values and are easy to use.

Materials and methods: This study was conducted during two years (2019-2020 and 2020-2021) in two stations in the cold dry areas of the country (Qeydar Zanjan, Maragheh). The experiment consisted of 17 advanced lentil genotypes along with three control cultivars Kimia, Bilesvar and Senna (20 genotypes in total) which was performed in a randomized complete block design with three replications. Each experimental plot consisted of four planting rows of four meters length with a density of 200 Plants m^{-2} , the distance between the lines was 25 cm. Combined analysis of data was done based on four environments. Comparison of means and analysis of combined variance were performed with SAS software assuming that

the effect of genotype was fixed and the effect of environment was random. Different non-parametric methods for estimating the stability of genotypes include Si(1), Si(5), Si(4), Si(3), Si(2) and Si(6) non-parametric statistics. Tenarazo NPi(3), NPi(2), NPi(1) and NPi(4), average rank statistic (R), Katata stability statistics σ_{μ}, σ_r , Kang stability statistic (Ysi) and Fox stability statistics (TOP, MID and LOW) and genotype stability index (GSI) were used.

Results: The combined analysis of variance indicated that the main effects of genotype (G), environment (E) and their interactions genotype and environment (G×E) were highly significant ($p < 0.05$). The principal component analysis (PCA) based on rank correlation matrix indicated that the first two PCAs explained the variance of original variables. Based on bi-plot analysis, the stability parameters were classified into four groups. Clustering of the genotypes according to the mean yield and nonparametric stability statistics showed that there were two main clusters. Overall, according to mean rank of nonparametric stability parameters, G17 , G3 , G9 and G2 had the lowest variations and were recognized as the most stable genotypes. Genotypes G7 , G11 and G13 had the highest values of mean rank of parameters and could be considered as most unstable. According to the present study, the stability measures Ysi, and TOP were associated with mean yield (MY) and the dynamic concept of stability. Therefore, these procedures were suitable for selecting stable and high yielding genotypes. Average seed yield had a positive and significant correlation with TOP, Ysi and SR statistics.

Conclusion: Based on these parameters, genotypes G13 (340 t ha⁻¹) and G11 (305 t ha⁻¹) were identified as high yield stable genotypes. Therefore, these procedures were suitable for selecting stable and high yielding genotypes.

Cite this article: Shobeiri, S.S., Pezeshkpour, P., Sadeghzadeh Ahari, D. 2023. Non-Parametric Stability Analysis of Yield in Lentil Genotypes. *Crop Production Journal*, 16 (3), 49-68.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/ejcp.2024.20804.2551

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources



تولید گیاهان زراعی

شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۷۳۹۴
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷۴۰۳



ارزیابی پایداری عملکرد عدس با استفاده از روش ناپارامتری

سیده سودابه شبیری^{۱*}، پیام پزشکپور^۲، داود صادق زاده اهری^۳

^۱ استادیار پژوهش موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران. رایانامه: s.shobeiri@yahoo.com

^۲ استادیار پژوهش موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران. رایانامه: papezeshkpour@yahoo.com

^۳ دانشیار موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران. رایانامه: dsadeghzade@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله:	سابقه و هدف: عدس منبع مهم پروتئین، مواد معدنی و ویتامین‌ها در رژیم غذایی انسان است. علاوه بر این، غنی از مواد معدنی و کربوهیدرات است که گاه آن علوفه با ارزشی برای حیوانات را فراهم می‌کند (عدس از بقولات دانه‌ای سرمدوست است که عموماً در مناطق معتدل نیمه‌خشک کشت می‌گردد. ورود بقولات دانه‌ای مانند عدس در سیستم‌های زراعی و تناوب با سایر محصولات، می‌تواند از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن اتمسفر به خاک، به پایداری چرخه نیتروژن و افزایش حاصلخیزی خاک کمک کند، چرخه‌های بیماری را مختل کرده و به‌طور کلی به ایجاد محیط تولید بهتر برای سایر محصولات، کمک کند. عملکرد دانه عدس به شدت تحت تاثیر محیط قرار می‌گیرد و به‌نژادگران اغلب پایداری ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا را در محیط‌ها پیش از معرفی به عنوان یک رقم می‌سنجند. شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا و سازگاری به دامنه گسترده‌ای از محیط‌ها یکی از هدف‌های عمده برنامه‌های به‌نژادی گیاهان زراعی می‌باشد. یکی از مباحث مهم در به‌نژادی گیاهان زراعی مبحث اثر متقابل ژنوتیپ در محیط می‌باشد. روش‌های متعدد آماری برای برآورد اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار و پر محصول معرفی شده است. یکی از کاربردهای روش‌های ناپارامتری در اصلاح نباتات تعیین رتبه ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌باشد که به عنوان روشی برای تعیین پایداری به کار برده می‌شود. ژنوتیپ پایدار رتبه‌های مشابهی را در محیط‌های مختلف نشان می‌دهد و دارای واریانس نمره‌ی حداقل در محیط‌های مختلف است و ژنوتیپی که در تمام محیط‌ها دارای حداقل میانگین رتبه باشد، به عنوان ژنوتیپ پایدار در نظر گرفته می‌شود. در آماره‌های ناپارامتری پایداری برقراری فرض‌های آماری توزیع ارزش‌های فنوتیپی ضروری نیست و استفاده از آنها آسان است.
مقاله کامل علمی - پژوهشی	
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۴	
تاریخ ویرایش:	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱/۲۱	
واژه‌های کلیدی:	
تجزیه پایداری	
تجزیه به مولفه‌های اصلی	
تجزیه کلاستر	
عدس	
مواد و روش‌ها: این مطالعه طی دو سال (۱۳۹۸-۱۳۹۹ و ۱۳۹۸-۱۳۹۷) در دو ایستگاه از مناطق سردسیر دیم کشور (قیدار زنجان، مراغه) اجرا شد. آزمایش شامل ۱۷ ژنوتیپ پیشرفته‌ی عدس به همراه سه رقم شاهد کیمیا، بیله سوار و سنا (جمعاً ۲۰ ژنوتیپ) بود که در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. هر کرت آزمایش شامل ۴ ردیف کاشت به طول	

۴ متر با تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع، فاصله خطوط ۲۵ سانتیمتر بود. تجزیه مرکب داده‌ها بر اساس چهار محیط انجام شد. مقایسه میانگین‌ها و تجزیه واریانس مرکب با فرض ثابت بودن اثر ژنوتیپ و تصادفی بودن اثر محیط با نرم‌افزار SAS انجام شد. روش‌های ناپارامتری مختلف جهت برآورد پایداری ژنوتیپ‌ها شامل آماره‌های ناپارامتری هان $Si^{(1)}, Si^{(5)}, Si^{(4)}, Si^{(3)}, Si^{(2)}$ و $Si^{(6)}$ ، آماره‌ای تنارازو $NPi^{(1)}, NPi^{(2)}, NPi^{(3)}, NPi^{(4)}$ ، آماره میانگین رتبه (R)، آماره‌های پایداری کتاتا (σ_{my}, σ_r) ، آماره پایداری کانگ (Ysi) و آماره‌های پایداری فوکس (TOP, MID) و LOW) و شاخص پایداری ژنوتیپ (GSI) استفاده شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب اثرات ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ× محیط معنی‌دار شد. نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد که دو مولفه اصلی اول ۶۵/۱ درصد واریانس متغیرهای اولیه را توجیه می‌کنند. بای‌پلات مولفه اصلی اول (PC1) در مقابل مولفه اصلی دوم (PC2)، آماره‌های پایداری ناپارامتری مورد مطالعه در چهار گروه طبقه‌بندی کرد. تجزیه کلاستر میانگین عملکرد و آماره‌های ناپارامتری، ژنوتیپ‌های عدس مورد مطالعه را در دو گروه اصلی قرار داد. بر اساس میانگین رتبه همه آماره‌های ناپارامتری مورد مطالعه، ژنوتیپ‌های شماره ۱۷، ۳، ۹ و ۲ با داشتن کمترین میانگین رتبه، پایدارترین و ژنوتیپ‌های ۷، ۱۱ و ۱۳ با داشتن بیشترین میانگین رتبه، ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. با توجه به اینکه معیارهای پایداری TOP و YSi با میانگین عملکرد دانه (MY) و مفهوم دینامیک پایداری رابطه داشتند، بنابراین روش‌ها برای گزینش ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا در عدس مناسب هستند. میانگین عملکرد همبستگی مثبت و معنی‌داری با آماره‌های Ysi, TOP و SR داشت.

نتیجه‌گیری: بر اساس این پارامترها ژنوتیپ‌های ۱۳ و ۱۱ با عملکرد به ترتیب ۳۴۰ و ۳۰۵ کیلوگرم در هکتار به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا شناسایی شدند. از این رو، این ژنوتیپ‌ها به دلیل داشتن عملکرد دانه بیش‌تر نسبت به همه ژنوتیپ‌ها، به عنوان ارقام زراعی، می‌تواند کاندیدای معرفی رقم گردند.

استناد: شبیری، س.س.، پزشکپور، پ.، صادق‌زاده اهری، د. (۱۴۰۲). ارزیابی پایداری عملکرد عدس با استفاده از روش ناپارامتری. مجله تولید

گیاهان زراعی، ۱۶ (۳)، ۶۸-۴۹.

DOI: 10.22069/ejcp.2024.20804.2551

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



© نویسندگان.

مقدمه

عدس پس از نخود دومین گیاه از حبوبات غذایی در کشور محسوب شده و نقش مهمی در تأمین نیازهای پروتئینی مورد نیاز کشور ایفا می‌کند. دانه این گیاه به طور متوسط دارای ۲۶ درصد پروتئین بوده و به عنوان مکمل غذایی در الگوی تغذیه‌ای انسان جایگاه ویژه‌ای دارد. همچنین کاه و بقایای عدس در تغذیه دام ارزشمند است (۱). سطح زیر کشت عدس در جهان در حدود ۴/۸ میلیون هکتار با متوسط عملکرد ۱۱۹۶ کیلوگرم در هکتار است. در حال حاضر در سطح جهانی، کشور کانادا بزرگترین تولیدکننده عدس و بزرگترین صادرکننده این محصول در جهان به شمار می‌رود و کشور ایران از لحاظ رتبه‌ی تولید در رده‌ی چهاردهم قرار دارد. سطح زیر کشت عدس در ایران ۱۱۲۴۱۱ هکتار بوده و میزان تولید آن بالغ بر ۶۱۵۵۸ تن گزارش شده است. ایران به لحاظ سطح زیر کشت این محصول رتبه هشتم در جهان را بعد از کانادا، هند، استرالیا، ترکیه، نپال، آمریکا و بنگلادش به خود اختصاص داده است (۲). حدود ۹۵ درصد سطح زیرکشت عدس در کشور به صورت دیم می‌باشد که عملکرد آن تابعی از میزان و پراکنش بارش‌های آسمانی می‌باشد. بروز تغییرات اقلیمی طی سال‌های اخیر و تغییر در میزان و پراکنش بارش‌های جوی، عوامل مهم محدودکننده‌ی عملکرد عدس در شرایط دیم می‌باشند و در این راستا دست‌یابی به رقم‌هایی که سازگاری مناسبی با این شرایط داشته باشند، حائز اهمیت می‌باشد. یکی از دلایل اصلی کاهش کشت عدس فقدان ارقام اصلاح شده و پایداری ضعیف آنها در شرایط مختلف محیطی است (۳). بنابراین به کارگیری ژنوتیپ‌های سازگار به شرایط نامساعد محیطی، می‌تواند نقش مهمی در افزایش عملکرد در چنین شرایطی داشته باشد (۴).

از آنجایی که وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط موجب تفاوت در عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌گردد (۵). لذا شناسایی و انتخاب ژنوتیپ‌هایی که دارای پایداری عملکرد در محیط‌های مختلف باشند از اهداف به‌نژادگران است. دو روش عمده جهت تجزیه پایداری به منظور گزینش ژنوتیپ‌های پایدار شامل روش‌های پارامتری و روش‌های ناپارامتری است (۶). در این میان، روش‌های آماری ناپارامتری به دلیل عدم نیاز به نرمال بودن داده‌ها یا یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی و همچنین حساس نبودن به خطا و داده‌های پرت، اطلاعات مفیدی را در مورد تغییرپذیری فنوتیپی و برهمکنش محیط در اختیار متخصصین اصلاح نباتات قرار می‌دهند (۷، ۸، ۹، ۱۰). در یک برنامه اصلاحی هنگامی که برهمکنش ژنوتیپ × محیط از نوع غیرمقاطع (Non-crossover) باشد، می‌توان از آن چشم‌پوشی کرد و تنها بر پایه عملکرد تصمیم گرفت. اما اگر برهمکنش از نوع مقاطع Crossover interaction باشد، باید اثر ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ × محیط را به‌طور همزمان در نظر گرفت و نباید فقط اثر ژنوتیپ را در نظر گرفت (۱۱، ۱۲). روش‌های ناپارامتری قابلیت بالایی در تشخیص برهمکنش غیرمقاطع از مقاطع دارند. همچنین روش‌های ناپارامتری نسبت به روش‌های دیگر مزایای دیگری دارند که از آن جمله می‌توان به تجزیه و تحلیل و تفسیر آسان و همچنین عدم حساسیت به حذف یا اضافه نمودن تعداد کمی از ژنوتیپ‌ها بر این معیارها، اشاره نمود. همچنین تجزیه و تحلیل و تفسیر معیارهای ناپارامتری راحت‌تر از معیارهای پارامتری می‌باشد (۱۳، ۱۴). از روش‌های ناپارامتری در عدس (۱۵)، نخود (۱۶)، یونجه (۸)، کلزا (۷، ۱۷)، فستوکا (۱۸)، جو (۱۹، ۲۰، ۲۱) و سیب‌زمینی (۹) برای مطالعه برهمکنش ژنوتیپ × محیط و شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار استفاده شده است. بسیاری از به‌نژادگران

ناپارامتری در این امر انجام پذیرفت. به منظور تعیین واریانس متغیر های اصلی و روابط بین میانگین عملکرد و پارامترهای پایداری از تجزیه به مؤلفه های اصلی استفاده شد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش ۲۰ ژنوتیپ عدس شامل لاین‌های پیشرفته عدس (۱۷ لاین انتخابی) که از بین آزمایشات پیشرفته سال قبل انتخاب شده بودند و ۳ شاهد کیمیا، بیله سوار و سنا، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار تحت شرایط دیم در دو ایستگاه دیم خدابنده زنجان و مراغه در هفته آخر اسفند ماه کشت شدند. هر کرت آزمایش شامل ۴ ردیف کاشت به طول ۴ متر با تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع، فاصله خطوط ۲۵ سانتیمتر بود. عملیات کاشت به صورت دستی انجام گرفت. محل اجرای آزمایش در زنجان در ایستگاه دیم خدابنده زنجان در طول ۴۸ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی و عرض ۳۶ درجه و ۹ دقیقه شمالی واقع شده است. ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه با طول جغرافیایی ۶۷/۱۵ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷/۱۵ درجه شمالی در ارتفاع ۱۷۲۰ متری از سطح دریا قرار دارد. در طول فصل رشد و نمو، عملیات زراعی شامل وجین علف‌های هرز انجام شد. با توجه به اینکه آزمایش‌های بررسی عملکرد ژنوتیپ‌های عدس برای داده‌های دو ساله در دو مکان مختلف اجرا شده، لذا داده‌های مربوط به مکان و سال‌ها در قالب محیط ادغام و تجزیه مرکب داده‌ها بر اساس چهار محیط انجام شد. مقایسه میانگین‌ها و تجزیه واریانس مرکب با فرض ثابت بودن اثر ژنوتیپ و تصادفی بودن اثر محیط با نرم‌افزار SAS انجام شد. روش‌های ناپارامتری مختلف جهت برآورد پایداری ژنوتیپ‌ها شامل آماره های ناپارامتری هان $S_i^{(1)}, S_i^{(2)}, S_i^{(3)}, S_i^{(4)}, S_i^{(5)}, S_i^{(6)}$ و $NP_i^{(1)}, NP_i^{(2)}, NP_i^{(3)}$ (۲۲، ۲۳) آماره‌ای تنارازو (R) (۲۴)، آماره‌های پایداری کاتانا σ_{my} (۲۵)، آماره پایداری کانگ (Ysi) (۲۶) و آماره‌های پایداری فوکس (TOP، MID و LOW) (۲۷) اشاره کرد. تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط بر عملکرد ۲۰ ژنوتیپ عدس و نیز مقایسه کارایی روش‌های

مفهوم دینامیک پایداری را جهت گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و پایدار در شرایط محیطی مختلف ترجیح می‌دهند. بر طبق این مفهوم پایداری، ژنوتیپ‌های گزینش شده دارای پتانسیل پاسخ به بهبود شرایط محیطی می‌باشند. در حالیکه در مفهوم ایستا (بیولوژیکی) پایداری، ژنوتیپ پایدار عملکرد غیرقابل تغییری در میان محیط‌ها دارد (۱، ۲) در مجموع بر اساس نتایج مطالعه حاضر، آماره‌های ناپارامتری هان (۲۲) و نصار و هان (۲۳) و تنارازو (۲۸) مفهوم استاتیک پایداری رابطه داشته و قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و پایدار نیستند در صورتیکه معیارهای پایداری TOP, R, Ysi و LOW با میانگین عملکرد MY و مفهوم دینامیک پایداری رابطه داشته و استفاده از این روشها جهت گزینش ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا در عدس مناسب می‌باشند. نتایج بدست آمده از پژوهش‌های کایا و تورکوز (۴۱)، صباغ‌نیا و همکاران (۱۵)، یانگ جیان و همکاران (۳۸)، نوروزی و عبادی (۳۶)، سوقی و همکاران (۴۵)، خلیلی و ابوقداره (۲۱) و فرشادفر و همکاران (۳۰) نیز قرار گرفتن آماره‌های TOP و Ysi در زمره آماره‌های دارای مفهوم دینامیکی و آماره‌های ناپارامتری هان (۲۲) و نصار و هان (۲۳) و تنارازو (۲۸) در زمره آماره‌های دارای مفهوم ایستا (بیولوژیکی) را مورد تأیید قرار داده‌اند.

از روش‌های ناپارامتری که عمدتاً جهت برآورد پایداری ژنوتیپ‌ها استفاده می‌شود می‌توان به آماره‌های ناپارامتری هان $S_i^{(1)}, S_i^{(2)}, S_i^{(3)}, S_i^{(4)}, S_i^{(5)}, S_i^{(6)}$ (۲۲، ۲۳) آماره‌ای تنارازو (1995) $NP_i^{(1)}, NP_i^{(2)}, NP_i^{(3)}$ و $NP_i^{(4)}$ آماره میانگین رتبه (R) (۲۴)، آماره‌های پایداری کاتانا σ_{my} (۲۵)، آماره پایداری کانگ (Ysi) (۲۶) و آماره‌های پایداری فوکس (TOP، MID و LOW) (۲۷) اشاره کرد. تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط بر عملکرد ۲۰ ژنوتیپ عدس و نیز مقایسه کارایی روش‌های

پایداری، ژنوتیپ‌های با بیشترین ارزش به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار در نظر گرفته می‌شوند. آماره‌های پایداری فوکس و همکاران: فوکس و همکاران (۲۷) سه آماره ناپارامتری MID، TOP و LOW را بر اساس درصد قرارگیری ژنوتیپ‌ها در سه بخش بیشینه (یک‌سوم ابتدایی)، متوسط (یک‌سوم میانی) و کمینه (یک‌سوم انتهایی) معرفی کردند. بر این اساس هرچه مقدار پارامتر TOP ژنوتیپ بیش‌تر باشد آن ژنوتیپ به‌عنوان پایدارترین و مطلوب‌ترین ژنوتیپ گزینش می‌شود.

آماره پایداری میانگین رتبه کتاتا (R): در روش ناپارامتری رتبه‌بندی، ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد در همه محیط‌ها رتبه‌بندی می‌شوند به‌طوری که به بهترین ژنوتیپ کم‌ترین رتبه و به بدترین ژنوتیپ بیش‌ترین رتبه تعلق می‌گیرد و سپس میانگین رتبه و انحراف معیار رتبه‌ها برای هر ژنوتیپ محاسبه می‌شوند. ژنوتیپ‌هایی که میانگین و انحراف معیار رتبه کمی دارند، به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر محسوب می‌شوند (۲۴).

و NP_i⁽⁴⁾، آماره میانگین رتبه (R)(۲۴)، آماره‌های پایداری کتاتا σ_{my}, σ_r (۲۵)، آماره پایداری کانگ (Ysi)(۲۶) و آماره‌های پایداری فوکس (۲۷) (TOP, MID و LOW) و شاخص پایداری ژنوتیپ (GSI) استفاده شد (جدول ۳)(۲۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲).

همچنین ضرایب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن جهت ارزیابی روابط بین روش‌های پایداری مختلف محاسبه شد. به منظور شناخت بهتر روابط بین آماره‌های مختلف، از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. بای پلات مؤلفه اصلی اول در مقابل مؤلفه اصلی دوم و نیز بای پلات‌های میانگین عملکرد در مقابل آماره‌های ناپارامتری مورد مطالعه رسم گردید. همچنین از تجزیه کلاستر به روش Ward بر اساس فاصله اقلیدوسی به منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از لحاظ رتبه میانگین عملکرد و آماره‌های پایداری ناپارامتری استفاده شد. جهت انجام تجزیه‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SAS، Minitab و Excel استفاده شد. آماره عملکرد - پایداری کانگ (Ysi): کانگ (1988) استفاده از میانگین عملکرد (جدول ۴) و واریانس پایداری شوکلا (۳۳) را جهت گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا و پایدار پیشنهاد کردند. بر طبق این آماره

جدول ۳- فرمول‌های مربوط به آماره‌های ناپارامتری

Table 3. Equations of nonparametric stability procedures

$$S_i^{(1)} = 2 \sum_j^{e-1} \sum_{j'=j+1}^e |r_{ij} - r_{ij'}| / [e(e-1)] \quad \text{هان (۱۳) و نصار و هان (۲۳)}$$

$$S_i^{(2)} = \sum_{j=1}^e (r_{ij} - \bar{r}_i)^2 / (e-1)$$

$$S_i^{(1)} = 2 \sum_j^{m-1} \sum_{j'=j+1}^m |r_{ij} - r_{ij'}| / [m(m-1)]$$

$$S_i^{(2)} = \sum_{j=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_i)^2 / (m-1)$$

$$S_i^{(3)} = \sum_{j=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_i)^2 / \bar{r}_i$$

$$S_i^{(6)} = \sum_{j=1}^m |r_{ij} - \bar{r}_i| / \bar{r}_i$$

تصحیح شده x_{ij}^* است ($x_{ij}^* = x_{ij} - x_i + \bar{x}$) به بالاترین مقدار، رتبه یک داده می‌شود. M_{di}^* و \bar{r}_i^* به ترتیب میانگین و میانه رتبه‌ها برای ارزش‌های تصحیح می‌باشند. M_{di} و \bar{r}_i نیز به ترتیب میانگین و میانه رتبه‌ها که از داده‌های تصحیح نشده به دست آمده است. تنارازو (۲۸) این معیارها را ابزاری مفید برای انتخاب هم‌زمان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا دانست که عبارت‌اند از:

$$NP_i^{(1)} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m |r_{ij}^* - M_{di}^*|$$

$$NP_i^{(2)} = \frac{1}{m} \left(\sum_{j=1}^m |r_{ij}^* - M_{ij}^*| / M_{di} \right)$$

$$NP_i^{(3)} = \frac{\sqrt{\sum (r_{ij}^* - \bar{r}_i^*)^2 / m}}{\bar{r}_i}$$

$$NP_i^{(4)} = \frac{2}{m(m-1)} \left[\sum_{j=1}^{m-1} \sum_{j'=j-1}^m |r_{ij}^* - r_{ij'}^*| / \bar{r}_i \right]$$

کاتاتا و همکاران (۲۵) $\sigma r = \sum_{j=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_i)^2 / (m-1)$

در روابط فوق: $\sigma my = \sum_{j=1}^m (r_{ij} - \bar{x}_i)^2 / (m-1)$

r_{ij} و $r_{ij}^* =$ به ترتیب رتبه تصحیح نشده و تصحیح شده ژنوتیپ i ام در محیط j ام

\bar{r}_i و $\bar{r}_i^* =$ به ترتیب میانگین رتبه تصحیح نشده و تصحیح شده ژنوتیپ i ام

M_{di} و $M_{di}^* =$ به ترتیب میانه رتبه تصحیح نشده و تصحیح شده ژنوتیپ i ام

جدول ۱- آمار هواشناسی سال زراعی ۹۸-۹۷ و ۹۹-۹۸ ایستگاه تحقیقات خدابنده زنجان و مراغه

Table 1. Meteorological statistics of the agricultural year 97-98 and 99-98 of Khodabande Research Station, Zanjan and Maragheh

ماه	Month	میانگین دما (درجه سانتیگراد)				بارندگی (میلیمتر)			
		Average Temperature(°C)		Precipitation(mm)		Average Temperature(°C)		Precipitation(mm)	
		Maragheh مراغه 98-99	Maragheh مراغه 97-98	Khodabande خدابنده 98-99	Khodabande خدابنده 97-98	Maragheh مراغه 98-99	Maragheh مراغه 97-98	Khodabande خدابنده 98-99	Khodabande خدابنده 97-98
مهر	Oct	13.4	13.76	17.2	15.5	21.6	9.7	32.5	4.9
آبان	Nov	4.4	5.57	6.4	7.1	4	47	55.6	48.1
آذر	Dec	1	2.3	1.9	4.3	27.8	91.4	48.1	78
دی	Jan	-3.2	-2.5	-1.2	-0.7	67.6	40.8	29.7	46.1
بهمن	Feb	-6.19	-1.2	-2.9	0.8	24.9	96.4	33	52.7
اسفند	Mar	2.7	0.27	5.6	2.6	58.6	55.6	78.7	12.4
فروردین	Apr	5.08	5.22	6.6	6.8	80.1	116.1	92.3	137.4
اردیبهشت	May	11.4	9.6	12.8	12.2	42	43.4	54.6	38.9
خرداد	Jun	18.35	18.14	21.4	20	0.2	4.2	1.8	11.5

ارزیابی پایداری عملکرد عدس با استفاده از روش ناپارامتری / سبده سودابه شبیری و همکاران

جدول ۲- کد ژنوتیپ‌ها و والدین ۲۰ ژنوتیپ عدس در ۴ محیط

Table 2. Genotypes code and parents of 20 lentil genotypes in 4 environments

کد Code	ژنوتیپ Genotype	شجره Pedigree	منشا Origin
1	FLIP2012-2L	ILL7985XILL6037	ICARDA
2	FLIP2012-8L	ILL4605XILL1005	ICARDA
3	FLIP2012-9L	ILL4605XILL1005	ICARDA
4	FLIP2013-2L	ILL6434XILL8072	ICARDA
5	FLIP2013-15L	ILL8066XILL6024	ICARDA
6	FLIP2013-25L	ILL7938XILL1005	ICARDA
7	FLIP2013-29L	ILL6129XILL1005	ICARDA
8	FLIP2014-021L	ILL9977 x ILL 1005	ICARDA
9	FLIP2012-3L	ILL6434XILL8072	ICARDA
10	FLIP2012-196L	ILL590XILL8113	ICARDA
11	FLIP2012-207L	ILL7620XILL590	ICARDA
12	FLIP2012-245L	ILL7547XILL9892	ICARDA
13	FLIP2012-262L	ILL7934XILL6994	ICARDA
14	FLIP2013-13L	ILL9894 X ILL8072	ICARDA
15	FLIP2013-24L	ILL7938 X ILL1005	ICARDA
16	FLIP2013-45L	ILL6037 X ILL 7981	ICARDA
17	Percoz	ILL7620XILL590	Argentina
18	Kimia	-	IRAN
19	Bilehsevar	-	IRAN
20	Sana(Check) L(Sana)	-	IRAN

جدول ۳- مشخصات خاک محل آزمایش

Table 3. Characteristics of the soil of the experimental site

رس Clay %	سیلت Silt %	شن Sand %	فسفر P ppm	پتاسیم K ppm	کربن آلی Oc %	واکنش گل اشباع pH	هدایت الکتریکی EC (Ds/m)	منطقه
38	42	20	17	420	0.7	7.7	0.69	زنجان
32	47	21	17	700	0.8	7.5	0.85	مراغه

نتایج و بحث

ایستگاه‌ها در معرض تنش خشکی قرار داشتند. با توجه به اینکه یکی از حساس‌ترین مراحل رشد و نمو به تنش خشکی در حبوبات مرحله گل‌دهی و پر شدن غلاف‌هاست، لذا شرایط محیطی حاکم بر ایستگاه‌ها در خردادماه این فرصت را برای ارزیابی وضعیت و عکس‌العمل لاین‌های آزمایشی در برابر تنش خشکی در موقع گلدهی و پر شدن غلاف‌ها پدید آورد (جدول ۱).

ابتدا تجزیه واریانس ساده (داده‌ها نشان داده نشده است) برای هر محیط انجام و آزمون پارتلت برای

داده‌های هواشناسی دو سال اجرای پروژه نشان داد پراکنش بارندگی در بهار در دو منطقه خدابنده زنجان و مراغه در سال اول آزمایش به ترتیب ۱۸۷/۸، ۱۶۳/۷ و در سال دوم آزمایش ۱۴۸/۷، ۱۲۲/۳ میلیمتر بوده است. بیشترین میزان بارندگی در سال اول آزمایش (۹۸) در منطقه قیدار زنجان در ماه فروردین با ۱۳۷/۴ میلیمتر بارندگی بوده است. همچنین با توجه به بارندگی ناچیز در طول خرداد ماه در دو ایستگاه زنجان و مراغه ارقام و لاین‌های آزمایشی در همه

بررسی همگن بودن واریانس‌های خطای آزمایش‌ها نیز انجام شد. با انجام آزمون بارتلت روی داده‌های ۴ محیط، فرض همگنی واریانس خط‌های آزمایش مورد تأیید قرار گرفت. بر اساس آزمون کولموگروف-اسمیرنوف توزیع داده‌ها نرمال بود. بر اساس نتایج جدول تجزیه مرکب اثرات اصلی ژنوتیپ، سال و مکان و نیز اثرات متقابل ژنوتیپ در سال و در مکان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴) اثرات ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به ترتیب ۲/۳، ۸۳/۵ و ۵/۱۶ درصد از مجموع مربعات کل را به خود اختصاص دادند. همچنین اثرات متقابل ژنوتیپ × سال، ژنوتیپ × مکان و ژنوتیپ × سال × مکان به ترتیب ۲۰/۶، ۴۷/۹۱ و ۳۱/۳۴ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). به منظور مقایسه کارایی روش‌های ناپارامتری مختلف در گزینش ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا و انتخاب مناسب‌ترین روش‌ها در این راستا، معیارهای مختلف ناپارامتری برای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و رتبه‌بندی آنها در جداول ۵ و ۶ آمده است. مقادیر $Z_i^{(1)}$ و $Z_i^{(2)}$ بر اساس رتبه داده‌های تصحیح شده برای هر ژنوتیپ به صورت انفرادی محاسبه گردید. سپس این مقادیر برای آزمون χ^2 روی تمام ژنوتیپ‌ها جمع زده شدند. مقادیر انفرادی $Z_i^{(1)}$ برای ژنوتیپ G13 بیشتر از مقدار χ^2 جدول (۳/۸۴) $(df=1, \alpha=0.05)$ بدست آمد و معنی‌دار گردید ولی مقادیر انفرادی $Z_i^{(2)}$ برای ژنوتیپ G10 معنی‌دار شد. با توجه به اینکه مقادیر مجموع Z ها $(\sum Z_i^{(2)} = 25/69)$ و $(\sum Z_i^{(1)} = 19/94)$ کمتر از مقدار بحرانی کای اسکوار جدول با درجه آزادی ۲۰ بود که این نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین سطوح پایداری ژنوتیپ‌های عدس است (جدول ۵).

بر اساس آماره‌های پایداری ناپارامتری‌هان (۲۲) و نزار و هان (۲۳) ژنوتیپ‌های با کمترین مقادیر به

عنوان ژنوتیپ‌های پایدار در نظر گرفته می‌شوند. بر اساس آماره‌های $S_i^{(1)}$ ، $S_i^{(2)}$ ، $S_i^{(4)}$ ، $S_i^{(5)}$ ژنوتیپ‌های G13، G19 و G18 با کمترین مقادیر به عنوان پایدارترین و ژنوتیپ‌های G10، G5 و G3 با بیشترین مقادیر آماره‌های مذکور به عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (جدول ۵ و ۶). بر اساس آماره $S_i^{(3)}$ ژنوتیپ‌های G7، G9، G13، G18، G19، G2 و G10 پایدارترین و ژنوتیپ‌های G11، G12، G7، G13، G18، G17 و G10 ناپایدارترین بودند. همچنین بر اساس آماره $S_i^{(6)}$ ژنوتیپ‌های G13، G7، G12، G11 و G18 به عنوان پایدارترین و ژنوتیپ‌های G10، G17 و G2 به عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (جدول ۵ و ۶). بر اساس آماره‌های ناپارامتری $NP_i^{(1)}$ ، $NP_i^{(2)}$ ، $NP_i^{(3)}$ و $NP_i^{(4)}$ پیشنهاد شده توسط تنرازو (۲۸) ژنوتیپ‌های با کمترین مقادیر به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار در نظر گرفته می‌شوند. بر اساس آماره $NP_i^{(1)}$ ، ژنوتیپ‌های G7، G8، G16 و G14 به عنوان پایدارترین و ژنوتیپ‌های G5، G10 و G17 به عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (جدول ۵ و ۶). بر اساس پارامترهای $NP_i^{(2)}$ ژنوتیپ‌های G8، G15، G12 و G18 پایدارترین و ژنوتیپ‌های G2، G17 و G9 ناپایدارترین بودند. بر اساس پارامتر $NP_i^{(4)}$ ژنوتیپ‌های G13، G7، G11 و G18 پایدارترین و G17، G10 و G2 ناپایدارترین بودند. بر اساس آماره $NP_i^{(3)}$ ژنوتیپ‌های G7، G13، G8، G10 و G12 به عنوان پایدارترین و ژنوتیپ‌های G2، G17، G9 و G10 ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (جدول ۵ و ۶).

بر اساس آماره پایداری کانگ (YS_i) ژنوتیپ‌های با بیشترین ارزش به عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و پایدار شناخته می‌شوند (۱۲). بنابراین، بر اساس این آماره ژنوتیپ‌های G13، G7 و G11 دارای عملکرد بالا و پایدار و ژنوتیپ‌های G9، G3 و G17 دارای

نوروزی و عبادی (۳۶) با ارزیابی پایداری ۱۵ لاین اینبرد آفتابگردان، آماره TOP را جهت گزینش ژنوتیپ-های پایدار با عملکرد بالا مناسب ارزیابی کردند. صباغ‌نیا و همکاران (۱۵)، سولومون و همکاران (۳۷)، یانگ جیان و همکاران (۳۸)، خلیلی و ابوقدره (۲۱)، موت و همکاران (۳۹) و محمدی و امری (۴۰) طی مطالعات خود آماره TOP را دارای مفهوم دینامیک پایداری تشخیص دادند. بر اساس آماره σ^2 معرفی شده توسط کتاتا و همکاران (۲۵) ژنوتیپ‌های با مقادیر کمتر به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین، بر اساس آماره‌ی مذکور ژنوتیپ‌های G5، G19 و G15 پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند و بر اساس آماره‌ی دیگر معرفی شده توسط کتاتا و همکاران (۲۵) σ_{my} ژنوتیپ-های با مقادیر بالای این آماره به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار در نظر گرفته می‌شوند. بر این اساس ژنوتیپ‌های G5، G19 و G15 پایدارترین بودند (جدول ۵). به‌طور کلی بر اساس میانگین رتبه همه آماره‌های ناپارامتری مورد مطالعه، ژنوتیپ‌های ۱۷، ۳، ۹ و ۲ با داشتن کمترین میانگین رتبه پایدارترین و ژنوتیپ‌های ۷، ۱۱ و ۱۳ با داشتن بیشترین میانگین رتبه ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۶).

عملکرد پایین و ناپایدار بودند. با توجه به اینکه براساس آماره پایداری کانگ (Y_{Si}) عملکرد و پایداری در یک معیار مشخص می‌شوند، لذا در این روش انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا با اطمینان بیشتری، انجام می‌شود. کایا و تورکوز (۴۱)، فرشادفر و همکاران (۳۰)، زالی و همکاران (۳۴) و روستایی و همکاران (۳۵) طی مطالعات خود به رابطه مثبت بین عملکرد و Y_{Si} و مفهوم دینامیک پایداری برای این آماره اشاره کرده‌اند. کتاتا (۲۴) استفاده از میانگین رتبه (R) را به عنوان معیاری به منظور تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها ارائه کرد. بر این اساس ژنوتیپ‌های با کمترین مقدار R به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته می‌شوند. بر این اساس ژنوتیپ‌های G18، G7، G10 و G13 پایدارترین و ژنوتیپ‌های G3، G17 و G10 ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۵ و ۶). بر اساس آماره فوکس و همکاران (۲۷) ژنوتیپ‌های G13، G20 و G8 با داشتن ۱۰۰، ۷۵ و ۷۵ درصد به‌عنوان مطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها در پژوهش حاضر شناخته شدند و ژنوتیپ‌های G6، G2 و G9 بر اساس آماره‌های مذکور به عنوان نامطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (جدول ۵ و ۶).

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب عملکرد ۲۰ ژنوتیپ عدس در چهار محیط

Table 4. Combined variance analysis of yield 20 lentil genotypes in 4 environments

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS	مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ در محیط %GE SS	درصد نسبت به مجموع مربعات کل %T SS
سال Year(Y)	1	2.21**	2.206	83.5
مکان Location(L)	1	3.52**	3.52	2.31
سال × مکان (L× Y)	1	1.49**	1.491	5.16
خطای 1 (E1)	8	0.003	0.024	
ژنوتیپ Genotype(G)	19	0.010**	0.2001	
ژنوتیپ × سال Y×G	19	0.011**	0.092	20.6
ژنوتیپ × مکان L×G	19	0.004 ^{ns}	0.214	47.91
ژنوتیپ × مکان × سال Y× L× G	19	0.007 ^{ns}	0.14	31.34
خطای ۲ (E2)	152	0.004	0.755	
درصد ضریب تغییرات CV%		26.05		

همبستگی بین آماره‌های پایداری ناپارامتری: همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن به منظور بررسی رابطه بین میانگین عملکرد دانه و آماره‌های ناپارامتری محاسبه شد (شکل ۵). بر اساس نتایج بدست آمده، میانگین عملکرد MY همبستگی مثبت و معنی‌داری با آماره‌های Y_{Si} ، TOP و SR داشت. فرشادفر و همکاران (۳۰، ۳۱)، کایا و تورکوز (۴۱)، تدگه و همکاران (۴۲) یانگ جیان و همکاران (۳۸)، صباغ‌نیا و همکاران (۱۵)، محمدی و همکاران (۴۳)، عبادی سقرلو و همکاران (۱۶) و محمدی و امری (۴۰) نیز طی مطالعات خود، بین میانگین عملکرد MY با TOP و Y_{Si} ضرایب همبستگی رتبه‌ای مثبت و معنی‌داری مشاهده کردند. بر اساس نتایج مطالعه حاضر، همبستگی MY با آماره‌های پایداری، $S_i^{(3)}$ ، $S_i^{(6)}$ ، $NP_i^{(2)}$ ، $NP_i^{(3)}$ و $NP_i^{(4)}$ منفی و معنی‌دار بدست آمد (جدول ۷). محققان دیگری نیز همبستگی منفی و معنی‌داری بین MY و آماره‌های $S_i^{(3)}$ ، $S_i^{(6)}$ ، $NP_i^{(2)}$ ، $NP_i^{(3)}$ ، $NP_i^{(4)}$ مشاهده کردند (۴۱، ۴۴). ضرایب همبستگی رتبه‌ای مثبت و معنی‌داری بین همه جفت پارامترهای ممکن $S_i^{(1)}$ ، $S_i^{(2)}$ ، $S_i^{(4)}$ و $S_i^{(6)}$ مشاهده شد. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین $S_i^{(3)}$ ، $S_i^{(6)}$ ، $NP_i^{(2)}$ ، $NP_i^{(3)}$ و $NP_i^{(4)}$ به دست آمد (شکل ۵). براساس نتایج این مطالعه TOP همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه و Y_{Si} دارد. این نتیجه در توافق با نتایج سایر محققین است (۱۶، ۲۱، ۴۱). از این نتایج می‌توان چنین برداشت کرد که برای تجزیه پایداری استفاده از تعداد زیادی از شاخص‌ها چندان نیاز نیست و برخی از شاخص‌ها که همبستگی بالایی با یکدیگر دارند، را می‌توان از تجزیه‌ها حذف کرد (شکل ۵).

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر اساس میانگین عملکرد دانه و آماره‌های پایداری ناپارامتری: تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر اساس ماتریس همبستگی رتبه‌ای بین معیارهای پایداری ناپارامتری انجام گرفت. براساس نتایج حاصله، دو مؤلفه اصلی اول درصد به ترتیب ۴۴/۱ و ۲۱ درصد به وسیله مؤلفه اصلی اول

و دوم از واریانس متغیرهای اصلی را توجیه کردند. بای پلات PC1 در مقابل PC2 روابط بین میانگین عملکرد و پارامترهای پایداری را نشان می‌دهد (شکل ۱). زاویه بین بردارهایی که پارامترهای پایداری را به مرکز بای پلات متصل می‌کند، همبستگی تقریبی بین آنها را نشان می‌دهد. زاویه‌ی حاده نشانگر همبستگی مثبت و زاویه منفرجه نشانگر استقلال، همبستگی بسیار ضعیف یا همبستگی منفی بین پارامترهای پایداری است. براساس این بای پلات، پارامترهای پایداری مورد مطالعه می‌توانند در چهار گروه تقسیم‌بندی شوند. گروه اول (GI) شامل میانگین عملکرد MY، Y_{Si} و TOP بودند. با توجه به اینکه پارامترهای پایداری مذکور عملکرد R، TOP، KR و σ_{my} ارتباط و همبستگی مثبتی با میانگین عملکرد داشتند، بنابراین این پارامترها دارای مفهوم دینامیک (زراعی) پایداری هستند. گروه دوم GII شامل معیارهای σ_{my} ، σ_r و MID بودند. این معیارها همبستگی مثبتی با یکدیگر داشتند ولی همبستگی معنی‌داری با عملکرد نشان ندادند. گروه سوم GIII شامل آماره AR، GSI، NP(2)، LOW، NP(3)، R، NP(4)، S3، ASR بودند. آماره‌های پایداری NP(1)، S(1) و S(2) در گروه چهارم IV جای گرفتند. این آماره‌ها رابطه مثبتی با یکدیگر و رابطه منفی با عملکرد داشتند. بنابراین، این پارامترها دارای مفهوم ایستا بیولوژیکی از پایداری هستند (شکل ۵). نتایج بدست آمده از پژوهش‌های سایر محققین نیز آماره‌های Y_{Si} و TOP را دارای مفهوم دینامیکی و آماره‌های ناپارامتری هان (۲۲) و نصار و هان (۲۳) و تنارازو (۲۸) را دارای مفهوم ایستا بیولوژیکی می‌دانند (۳۸، ۳۶، ۱۵، ۲۱، ۳۰). بر اساس دو مؤلفه اصلی اول، کلیه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه می‌توانند در سه گروه اصلی قرار بگیرند. گروه اول شامل ژنوتیپ‌های G19، G10، G5 و G1 گروه دوم شامل ژنوتیپ‌های G3، G17، G2، G9، G6 و G16 و گروه سوم شامل G4، G14، G18، G12، G7، G8، G13 و G20 و G11 بودند (شکل ۲).

جدول 5- برآورد آماره های پایداری ناپارامتری و آزمون معنی داری (Z₁⁽¹⁾ و Z₁⁽²⁾) برای 20 ژنوتیپ عدس در چهار محیط

Table 5. Non-parametric stability parameters for yield and tests of non-parametric stability preceuders (Z_i⁽¹⁾ and Z_i⁽²⁾) for 20 lentil genotypes in 4 environments

Genoty pe	Yield(t on/ha)	S ⁽¹⁾	Z ₁	S ⁽²⁾	Z ₂	S ⁽³⁾	S ⁽⁶⁾	NP ⁽¹⁾	NP ⁽²⁾	NP ⁽³⁾	NP ⁽⁴⁾	AR	LOW	MID	TOP	GSI	YSi	σ	σmy	KR	SR	AY	SD
G1	0.275	7.167	0.052	34.250	0.002	9.558	1.767	4.500	0.500	0.481	0.667	10.000	50.000	25.000	25.000	29.000	12.000	26.274	29.735	19.00	168.00	10.500	2.422
G2	0.244	7.167	0.052	34.250	0.002	17.870	3.304	3.750	1.222	0.873	1.246	17.000	50.000	50.000	0.000	34.000	3.000	42.379	34.141	28.00	239.00	14.938	3.890
G3	0.227	8.500	0.661	44.250	0.300	15.171	2.171	6.000	0.941	0.865	0.971	19.000	25.000	50.000	25.000	21.000	1.000	36.300	28.141	39.00	250.00	15.625	5.898
G4	0.259	5.167	0.425	16.250	0.716	5.270	1.405	4.750	0.361	0.526	0.559	14.000	25.000	50.000	25.000	32.000	17.000	33.337	30.423	20.00	144.00	9.000	3.286
G5	0.289	8.833	0.921	50.250	0.716	12.830	1.957	7.250	0.462	0.638	0.752	5.000	25.000	50.000	50.000	9.000	17.000	20.664	27.090	23.00	232.00	14.500	4.872
G6	0.247	5.667	0.187	19.667	0.457	9.077	2.154	3.500	0.708	0.639	0.872	16.000	50.000	50.000	0.000	23.000	4.000	39.196	32.612	21.00	177.00	11.063	4.419
G7	0.301	5.500	0.256	19.583	0.463	3.730	0.952	2.250	0.359	0.170	0.349	3.000	0.000	50.000	50.000	13.000	19.000	27.803	31.908	4.000	66.000	4.125	4.815
G8	0.279	6.000	0.082	29.333	0.038	7.333	1.333	3.000	0.268	0.366	0.500	9.000	25.000	0.000	75.000	15.000	13.000	37.242	35.668	21.00	150.00	9.375	4.288
G9	0.229	3.000	2.574	6.000	1.839	3.600	1.600	4.500	1.889	1.063	0.600	18.000	75.000	25.000	0.000	31.000	2.000	47.269	37.564	28.00	167.00	10.438	6.088
G10	0.269	10.66	3.117	76.667	4.669	23.000	3.000	7.250	0.714	0.736	1.067	11.000	50.000	0.000	50.000	25.000	9.000	35.114	32.750	26.00	264.00	16.500	3.812
G11	0.305	6.500	0.004	26.250	0.121	5.727	1.091	3.500	0.466	0.388	0.473	2.000	0.000	50.000	50.000	3.000	20.000	28.804	31.345	16.00	131.00	8.188	5.205
G12	0.286	6.000	0.082	24.333	0.197	5.840	1.040	4.250	0.313	0.409	0.480	6.000	0.000	75.000	25.000	22.000	16.000	35.842	36.381	13.00	116.00	7.250	3.454
G13	0.340	1.667	4.798	1.667	2.471	0.270	0.216	4.000	0.730	0.360	0.090	1.000	0.000	0.000	100.00	4.000	21.000	49.706	44.715	18.00	109.00	6.813	6.784
G14	0.266	5.833	0.129	20.917	0.377	6.436	1.333	3.250	0.350	0.419	0.598	12.000	25.000	50.000	25.000	23.000	8.000	29.252	28.752	16.00	124.00	7.750	3.924
G15	0.279	5.333	0.335	18.000	0.576	4.909	1.273	5.500	0.304	0.520	0.485	8.000	25.000	25.000	50.000	17.000	14.000	22.708	28.023	16.00	127.00	7.938	3.696
G16	0.251	4.833	0.638	15.583	0.773	6.926	1.926	3.000	0.433	0.502	0.716	15.000	50.000	50.000	0.000	30.000	5.000	39.581	33.811	17.00	135.00	8.438	5.703
G17	0.221	7.333	0.090	36.000	0.019	15.429	2.857	6.750	1.250	1.047	1.048	20.000	50.000	25.000	25.000	25.000	0.000	38.188	28.697	39.00	252.00	15.750	5.745
G18	0.262	4.167	1.191	10.917	1.235	3.743	1.257	3.500	0.333	0.461	0.476	13.000	25.000	75.000	0.000	21.000	7.000	41.605	36.268	16.00	91.000	5.688	4.207
G19	0.286	9.667	1.758	56.667	1.358	14.167	2.000	6.500	0.500	0.602	0.806	7.000	25.000	25.000	50.000	19.000	15.000	21.917	28.007	23.00	223.00	13.938	4.959
G20	0.299	7.667	0.200	40.667	0.136	8.714	1.286	5.500	0.355	0.445	0.548	4.000	25.000	0.000	75.000	24.000	18.000	34.919	36.582	17.00	172.00	10.750	4.171

Mean Yield=0.27 SUM(Z₁)=19.94 SUM(Z₂)=25.6 E(S₁)=6.65 E(S₂)=3.25 Var(S₁)=5.19 Var(S₂)=403.71 Chi-sq table for Sum(Z₁), Sum(Z₂)=31.41

میانگین رتبه آماره ها (AR) میانگین عملکرد (تن/هکتار)، آماره های ناپارامتری هان، S₁⁽¹⁾، S₁⁽²⁾، S₁⁽³⁾، S₁⁽⁴⁾، S₁⁽⁵⁾ و S₁⁽⁶⁾ (هان، 1979؛ نصار و هان، 1987) آماره ای تناز و NP₁⁽¹⁾، NP₁⁽²⁾، NP₁⁽³⁾ و NP₁⁽⁴⁾ (تناز، 1995)، همکاران، 1990)، شاخص پایداری ژنوتیپ، SR مجموع رتبه، KR مجموع رتبه کانگ، ARY میانگین رتبه عملکرد، SD انحراف معیار

جدول ۶- رتبه ۲۰ ژنوتیپ عدس برای آماره های پایداری ناپارامتری

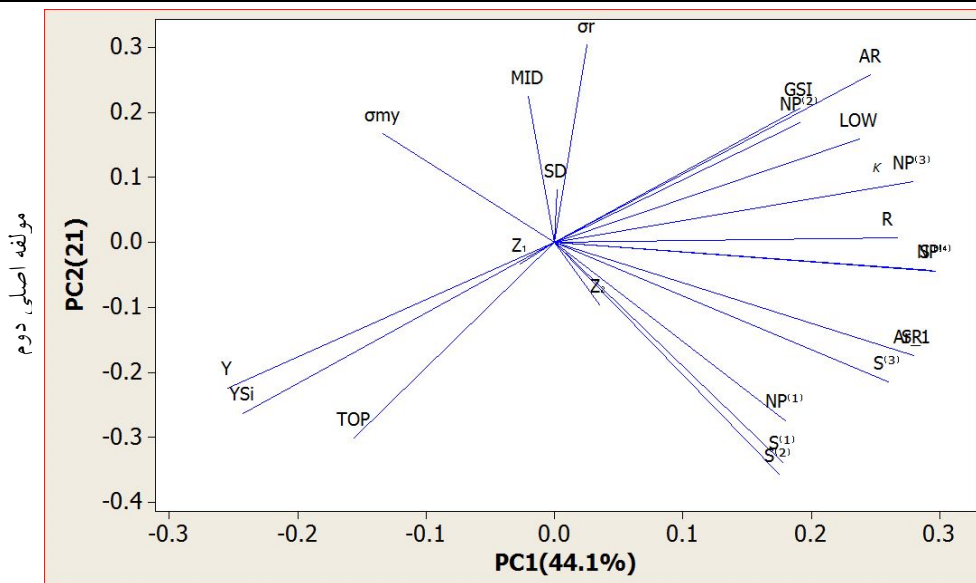
Table 6. Ranks of 20 lentil genotypes for non-parametric stability parameters

Genotype	Y si	S ^(۱)	S ^(۲)	S ^(۳)	S ^(۴)	S ^(۵)	S ^(۶)	NP ^(۱)	NP ^(۲)	NP ^(۳)	NP ^(۴)	W _i ²	σ _i ²	S ² d _i	CV _i	KR	θ ₍₀₎	θ _i	R
1	10	13	13	14	12	11	12	9	12	9	9	9	9	9	4	10	9	12	11
2	17	13	13	19	20	8	18	18	20	11	11	11	11	17	16	17	11	10	4
3	19	17	17	17	17	16	17	17	17	20	20	20	20	15	1	19	20	1	2
4	14	5	5	6	10	13	8	12	9	6	6	6	6	10	8	11	6	15	7
5	5	18	18	15	14	19	10	14	14	18	18	18	18	14	20	14	18	3	16
6	16	8	8	13	16	5	14	15	16	5	5	5	5	11	12	12	5	16	5
7	3	7	7	3	2	1	7	1	2	1	2	1	1	4	5	1	1	20	18
8	9	10	12	11	8	2	1	3	7	12	12	12	12	16	14	12	12	9	12
9	18	2	2	2	11	11	20	20	11	10	10	10	10	3	9	17	10	11	3
10	11	20	20	20	19	19	15	16	19	15	15	15	15	19	19	16	15	6	10
11	2	12	11	7	4	5	11	4	3	14	14	14	14	2	18	3	14	7	19
12	6	10	10	8	3	10	3	5	5	7	7	7	7	13	6	2	7	14	15
13	1	1	1	1	1	9	16	2	1	17	17	17	17	1	11	9	17	4	20
14	12	9	9	9	8	4	5	6	10	4	4	4	4	7	13	3	4	17	9
15	8	6	6	5	6	14	2	11	6	8	8	8	8	8	15	3	8	13	13
16	15	4	4	10	13	2	9	10	13	2	2	2	2	6	17	7	2	19	6
17	20	15	15	18	18	18	19	19	18	19	19	19	19	12	2	19	19	2	1
18	13	3	3	4	5	5	4	8	4	3	3	3	3	5	7	3	3	18	8
19	7	19	19	16	15	17	12	13	15	16	16	16	16	20	3	14	16	5	14
20	4	16	16	12	7	14	6	7	8	13	13	13	13	18	10	7	13	8	17

آماره های ناپارامتری هان، S_i^(۱)، S_i^(۲)، S_i^(۳)، S_i^(۴) و S_i^(۵) (هان، ۱۹۷۹؛ نصار و هان، ۱۹۸۷) آماره ای تنازازو NP^(۱)، NP^(۲)، NP^(۳) و NP^(۴) (تنازاسو، ۱۹۹۵)، آماره میانگین رتبه (R) (کاتا، ۱۹۸۸)،

آماره های پایداری کساتا σmy، or (کاتا و همکاران، ۱۹۸۹)، آماره پایداری کانگ (Ysi) (کانگ، ۱۹۸۸) و آماره های پایداری فرکس (LOW، TOP، MID) (فاکس و همکاران، ۱۹۹۰)، σ²_i واریانس

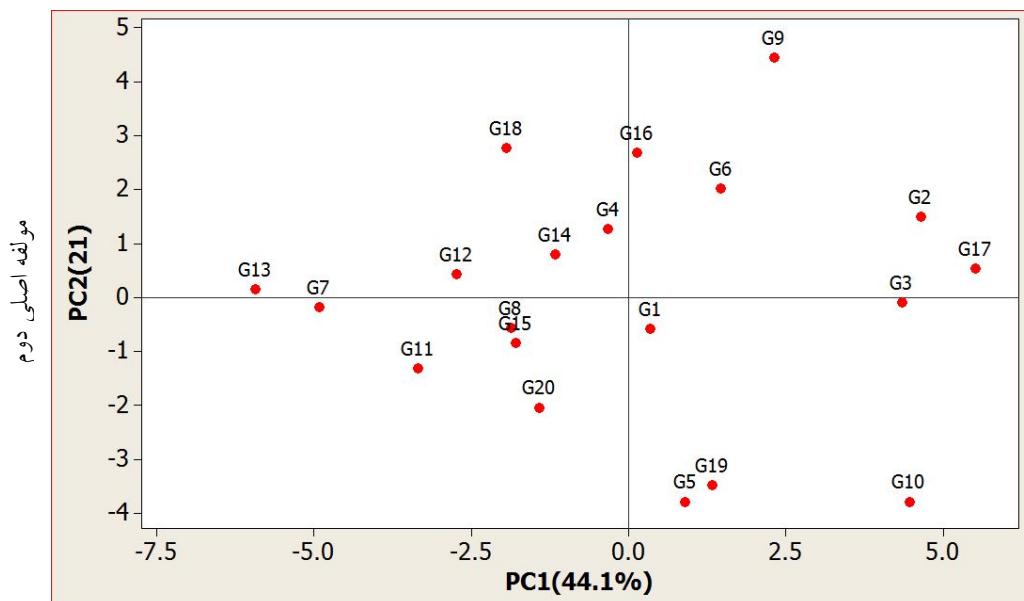
پایداری شوکتا، مجموع رتبه کانگ KR، σ²_d، واریانس محیطی، CV_i ضریب تغییرات محیطی، θ_۱ و θ_(۰) آماره پلاستدو پترسون



مولفه اصلی اول

شکل ۱- بای پلات مولفه اصلی اول در مقابل مولفه اصلی دوم بر اساس میانگین عملکرد و آماره‌های پایداری ناپارامتری ۲۰ ژنوتیپ عدس در چهار محیط

Figure 1. Biplot (PC1 vs. PC2) of non-parametric stability procedures based on the rank correlation matrix with yield in 20 lentil genotypes in 4 environments



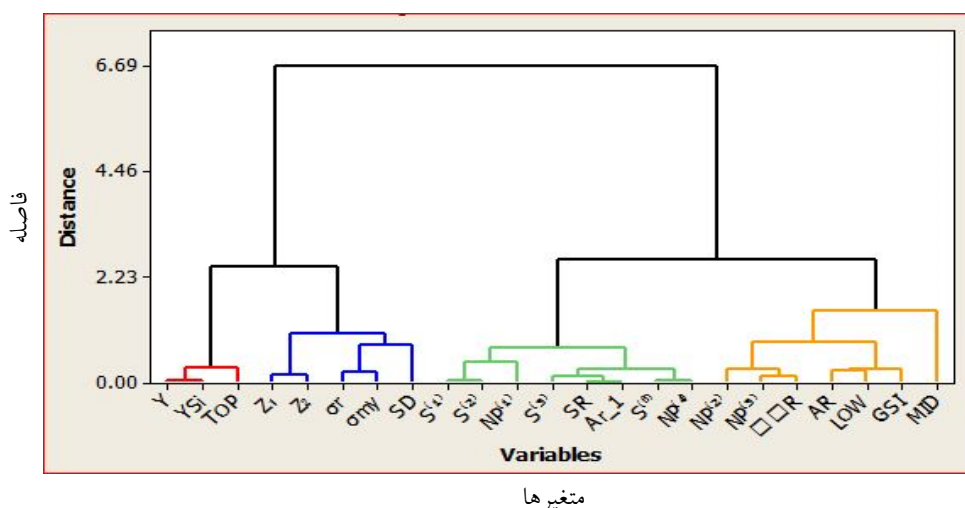
مولفه اصلی اول

شکل ۲- بای پلات مولفه اصلی اول در مقابل مولفه اصلی دوم برای ۲۰ ژنوتیپ عدس در ۴ محیط بر اساس میانگین عملکرد و آماره‌های پایداری ناپارامتری

Figure 2. Biplot of PC1 vs. PC2 for 20 lentil genotypes in 4 environments based on mean yield and non-parametric stability procedures

AR، S6 و NP₁(4) در زیرکلاستر دوم و پارامتر NP(2)، NP(3)، AR، KR، LOW، GSI و MID در زیرکلاستر سوم (Sub III) جای گرفت. نتایج حاصل از تجزیه کلاستر آماره‌های پایداری با نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی منطبق است. علاوه بر آن نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای نشان داد که آماره‌های مورد مطالعه بر اساس ضرایب همبستگی معنی دار تشکیل گروه و زیر گروه‌های مجزا را دادند، لذا انطباق نتایج موید صحیح بودن قطع دندروگرام است.

تجزیه کلاستر آماره‌های پایداری ناپارامتری و میانگین عملکرد دانه: همچنین به منظور درک بهتر از روابط بین آماره‌های پایداری ناپارامتری، تجزیه کلاستر بر اساس روش Ward و فاصله اقلیدوسی انجام گرفت (شکل ۳). بر این اساس پارامترها در دو کلاستر اصلی قرار گرفتند. کلاستر اول شامل میانگین عملکرد MY، TOP، Z1، Z2، LOW، SD، σ_r و σ_{my} بودند. کلاستر دوم شامل سه زیرکلاستر بود که پارامترهای $S_1(1)$ ، $S_1(3)$ ، NP(1)، $S_1(2)$ ، AR، SR و $S_1(6)$ و NP(4) در زیرکلاستر اول (SUB I) و پارامترهای $S_1(3)$ ، SR،



شکل ۳- تجزیه کلاستر آماره‌های پایداری ناپارامتری و میانگین عملکرد ۲۰ ژنوتیپ عدس در ۴ محیط

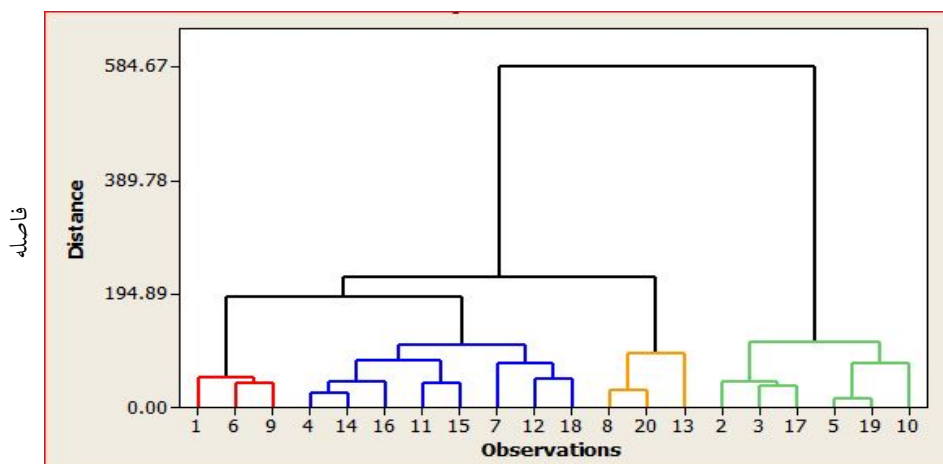
Figure 3. Cluster analysis of non-parametric stability procedures and mean yield of 20 lentil genotypes in 4 environments

G16، G11، G15، G7، G12 و G18 قرار داشتند که ژنوتیپ‌های G7، G18، G11 و G12 براساس آماره σ_r پایدار بودند. ژنوتیپ‌های G8، G20، G13 در زیر گروه سوم قرار گرفتند که ژنوتیپ G13 و G7 براساس آماره‌های S(1)، S(2)، S(3)، S(6)، NP(3) و NP(4) پایدار بودند و دارای بالاترین عملکرد دانه به ترتیب ۳۴۰ و ۳۰۱ کیلوگرم در هکتار بودند. نتایج حاصله از تجزیه کلاستر گروه دوم نیز شامل دو زیرگروه بود به طوری که در زیرگروه اول ژنوتیپ‌های با عملکرد

تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌های عدس براساس میانگین عملکرد دانه و آماره‌های پایداری ناپارامتری: براساس نتایج حاصل از تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌ها به روش Ward و فاصله اقلیدوسی، ژنوتیپ‌ها می‌توانند در دو گروه اصلی جای گیرند (شکل ۴). گروه اول شامل سه زیرگروه است که در زیر گروه اول ژنوتیپ‌های G11، G6 و G9 قرار گرفته‌اند، ژنوتیپ G9 بر اساس آماره‌های S1، S2 و S3 ژنوتیپ پایدار مورد شناسایی قرار گرفت. در زیرگروه دوم ژنوتیپ‌های G4، G14،

عملکرد دانه به ترتیب ۳۴۰، ۳۱۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا شناسایی شدند. با توجه به وجود شرایط محیطی متنوع در ایران، می‌توان از این ژنوتیپ‌های عدس که دارای عملکرد بالا و سازگاری مطلوب به انواع شرایط محیطی بودند بهره جست.

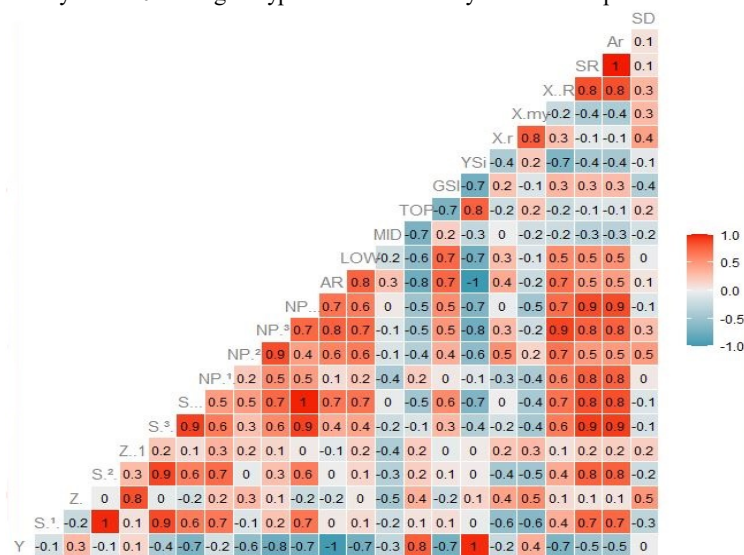
پایین به نام‌های G2، G3 و G17 جای گرفتند. در بین این ژنوتیپ‌های زیرگروه اول ژنوتیپ G3 به عنوان پایدارترین ژنوتیپ براساس S(1) و S(2) بودند. در زیر گروه دوم ژنوتیپ‌های G5، G19 و G10 قرار گرفتند. در این پژوهش براساس پارامترهای دارای مفهوم دینامیک پایداری، ژنوتیپ‌های G13، G11 و G7 با



مشاهدات

شکل ۴- تجزیه کلاستر ۲۰ ژنوتیپ عدس بر اساس میانگین عملکرد و آماره های پایداری ناپارامتری

Figure 4. Cluster analysis of 20 lentil genotypes based on mean yield and non-parametric measures of stability



شکل ۵- نقشه دمایی به دست آمده بین میانگین عملکرد دانه و آماره‌های پایداری ناپارامتری بر اساس ضرایب همبستگی پیرسون

Figure 5. Temperature map obtained between average grain yield and non-parametric stability statistics based on pearson correlation coefficients

آماره‌های ناپارامتری هان: $S_1^{(1)}$, $S_2^{(2)}$, $S_3^{(3)}$ و $S_4^{(4)}$ = آماره‌های تنازوز؛ AR = آماره پایداری میانگین رتبه؛ σ_r

آماره‌های پایداری کاتا و همکاران: σ_{my} = آماره پایداری کانگ؛ TOP, MID و LOW = آماره‌های پایداری فوکس؛

MY = میانگین عملکرد دانه

Reference

1. Singh, B., Padhy, A. K., Ambreen, H., Yadav, M., Bhardwaj, S., Singh, G. & Bhatia, S. (2022). Understanding Abiotic Stress Responses in Lentil under Changing Climate Regimes. In *Developing Climate Resilient Grain and Forage Legumes* (pp. 179-204). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-9848-4_9
2. FAO. (2019). Agricultural Data: agriculture and food trade. In Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division (<http://faostat.fao.org>).
3. Zaccardelli, M., Sonnante, G., Lupo, F., Branca, F., & de Falco, E. (2010). Leguminose minori (cece, lenticchia, cicerchia, fava); Consiglio per Ricerca Sperimentazione Agricoltura: Rome, Italy, 73 P.
4. Karimizadeh, R., Safikhani Nasimi, M., Mohammadi, M., Seyyedi, F., Mahmoodi, A. A., & Rostami, B. (2008). Determining rank and stability of lentil genotypes in rainfed condition by nonparametric statistics. *JWSS-Isfahan University of Technology*, 12(43), 93-102. [In Persian].
5. Sohrabi, S. S., Dehghani, H., & Alizadeh, B. (2014). Grouping of promising winter rapeseed (*Brassica napus* L.) lines based on genotype × environment interaction. *Seed and Plant Improvement Journal*, 30(4), (8), 152-158 [In Persian].
6. Safavi, S. M., & Bahraminejad, S. (2017). The evaluation of genotype × environment interactions for grain yield of oat genotypes using AMMI model. *Journal of Crop Breeding*, 922, 125-132. [In Persian].
7. Pourdad, S. S., Moghaddam, M. J., Faraji, A., & Naraki, H. (2014). Study on different non-parametric stability methods on seed yield of spring rapeseed varieties and hybrids. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 44(4). [In Persian].
8. Movahhedi, Z., Dehghani, H. A. M. I. D., & Mofidian, M. (2010). A study of yield stability in cold region ecotypes of alfalfa (*Medicago sativa* L.) through non-parametric measures. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 40(4), 103-111. [In Persian].
9. Moghaddaszadeh, M., Asghari Zakaria, R., Hassanpanah, D., & Zare, N. (2019). Nonparametric stability analysis of tuber yield in potato (*Solanum tuberosum* L.) genotype. *Journal of Crop Breeding*, (28): 50-63 [In Persian].
10. Yan, W., & Kang, M. S. (2002). *GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists*. CRC press. Boca Raton, FL, USA.
11. Akbarpour, O., & Pezeshkpour, P. (2022). Evaluation of Grain Yield Stability of Lentil Genotypes using Parametric Methods in Rainfed Conditions of Khorramabad. *Journal of Crop Breeding*, 14(44), 227-238.
12. Pezeshkpour, P., Karimizadeh, R., Mirzaei, A., & Barzali, M. (2021). Analysis of Yield Stability of lentil Genotypes using AMMI Method. *Journal of Crop Breeding*, 13(37), 132-145. [In Persian].
13. Huehn, M. (1990). Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: Theory. *Euphytica*, 47, 189-194.
14. Hühn, M. (1996). Nonparametric analysis of genotype × environment interactions by ranks. *Genotype-by-environment interaction*, 235-271.
15. Sabaghnia, N., Dehghani, H., & Sabaghpour, S. H. (2006). Nonparametric methods for interpreting genotype × environment interaction of lentil genotypes. *Crop science*, 46(3), 1100-1106.
16. Segherloo, A. E., Sabaghpour, S. H., Dehghani, H., & Kamrani, M. (2008). Non-parametric measures of phenotypic stability in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). *Euphytica*, 162, 221-229.
17. Mortazavian, S. M., & Azizi-Nia, S. (2014). Nonparametric stability analysis in multi-environment trial of canola. *Turkish Journal of Field Crops*, 19(1), 108-117.
18. Dehghani, M. R., Majidi, M. M., Mirlohi, A., & Saeidi, G. (2016).

- Integrating parametric and non-parametric measures to investigate genotype× environment interactions in tall fescue. *Euphytica*, 208, 583-596.
19. Vaezi, B., Pour-Aboughadareh, A., Mehraban, A., Hossein-Pour, T., Mohammadi, R., Armion, M., & Dorri, M. (2018). The use of parametric and non-parametric measures for selecting stable and adapted barley lines. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(5), 597-611.
 20. Vaezi, B., Pour-Aboughadareh, A., Mohammadi, R., Mehraban, A., Hossein-Pour, T., Koohkan, E. & Siddique, K. H. (2019). Integrating different stability models to investigate genotype× environment interactions and identify stable and high-yielding barley genotypes. *Euphytica*, 215, 1-18.
 21. Khalili, M., & POUR, A. A. (2016). Parametric and non-parametric measures for evaluating yield stability and adaptability in barley doubled haploid lines. *Journal of Agricultural Science*. (18), 789-803.
 22. Huehn, M. 1979. Beitrage zur Erfassung der phänotypischen Stabilität. I. Vorschlag einiger auf Ranginformationen beruhenden Stabilitätsparameter. *EDV in Medizin und Biologie*, (10), 112-117.
 23. Nassar, R., & Huhn, M. (1987). Studies on estimation of phenotypic stability: Tests of significance for non-parametric measures of phenotypic stability. *Biometrics*, (43), 45-53.
 24. Ketata, H. (1988). Genotype× environment interaction. *Proceedings of Biometrical Techniques for Cereal Breeders. ICARDA, Aleppo, Syria*, 16-32.
 25. Ketata, H., Yau, S. K., & Nachit, M. (1989). Relative consistency performance across environments. In *International symposium on physiology and breeding of winter cereals for stressed mediterranean environments. Montpellier*. July, 3-6.
 26. Kang, M. S. (1988). A rank-sum method for selecting high-yielding, stable corn genotypes. *Cereal Research Communications*, 16(1/2), 113-115.
 27. Fox, P. N., Skovmand, B., Thompson, B. K., Braun, H. J., & Cormier, R. (1990). Yield and adaptation of hexaploid spring triticales. *Euphytica*, 47, 57-64.
 28. Thennarasu, K. (1995). On Certain Non-parametric Procedures for Studying Genotype-Environment Interactions and Yield Stability (Doctoral dissertation, IARI, Division of Agricultural Statistics, New Delhi). 255 pp. diverse environments. *Australian Journal of Crop Science*, (6), 514-524.
 29. Bose, L. K., Jambhulkar, N. N., Pande, K., & Singh, O. N. (2014). Use of AMMI and other stability statistics in the simultaneous selection of rice genotypes for yield and stability under direct-seeded conditions. *Chilean journal of agricultural research*, 74(1), 3-9.
 30. 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.
 31. Farshadfar, E. (2008). Incorporation of AMMI stability value and grain yield in a single non-parametric index (GSI) in bread wheat. *Pakistan Journal of biological sciences*, 11(14), 1791.
 32. Tumuhimbise, R., Melis, R., Shanahan, P., & Kawuki, R. (2014). Genotype× environment interaction effects on early fresh storage root yield and related traits in cassava. *The Crop Journal*, 2(5), 329-337.
 33. Shukla, G. K. (1972). Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity*, 29(2), 237-245.
 34. Zali, H., Farshadfar, E., & Sabaghpour, S. H. (2011). Non-parametric analysis of phenotypic stability in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in Iran. *Crop Breed. J.*, (1), 89-100.
 35. Roostaee, M., Mohammadi, R., & Amri, A. (2014). Rank correlation among different statistical models in ranking of winter wheat genotypes. *The crop journal*, 2(2-3), 154-163.

36. Noruzi, E., & Ebadi, A. (2015). Comparison of parametric and non-parametric methods for analysing genotype× environment interactions in sunflower (*Helianthus annuus* L.) inbred lines. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 11(4), 959-979.
37. Solomon, K. F., Smit, H. A., Malan, E., & Du Toit, W. J. (2007). Comparison study using rank based nonparametric stability statistics of durum wheat. *World J. Agric. Sci*, 3(4), 444-450.
38. LIU, Y. J., Chuan, D. U. A. N., TIAN, M. L., HU, E. L., & HUANG, Y. B. (2010). Yield stability of maize hybrids evaluated in maize regional trials in southwestern china using nonparametric methods. *Agricultural Sciences in China*, 9(10), 1413-1422.
39. Mut, Z., Gülümser, A., & Sirat, A. (2010). Comparison of stability statistics for yield in barley (*Hordeum vulgare* L.). *African Journal of Biotechnology*, 9(11), 1610-1618.
40. Mohammadi, R., & Amri, A. (2008). Comparison of parametric and non-parametric methods for selecting stable and adapted durum wheat genotypes in variable environments. *Euphytica*, 159, 419-432.
41. Kaya, Y., & Turkoz, M. (2016). Evaluation of genotype by environment interaction for grain yield in durum wheat using non-parametric stability statistics. *Turk. Journal of Field Crops.*, (21), 51-59.
42. Tadege, M. B., Utta, H. Z., & Aga, A. A. (2014). Association of statistical methods used to explore genotype environment interaction (GEI) and cultivar stability. *African journal of agricultural research*, 9(29), 2231-2237.
43. Mohammadi, R., Abdulahi, A., Haghparast, R., & Armion, M. (2007). Interpreting genotype× environment interactions for durum wheat grain yields using nonparametric methods. *Euphytica*, 157(1-2), 239-251.
44. Syukur, M., Sujiprihati, S., Yuniarti, R., & Kusumah, D. A. (2014). Non parametric stability analysis for yield of hybrid chili pepper (*Capsicum annum* L.) across six different environments. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 42(1), 32-38.
45. Soughi, H. A., Jelodar, N. B., Ranjbar, G. A., & Pahlevani, M. H. (2016). Simultaneous selection based on yield and yield stability in bread wheat genotypes. *Journal of Crop Breeding*, 8(18), 119-125. [In Persian].