Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Crop Production Journal

Print ISSN: 2008- 739x
Online ISSN: 2008- 7403

Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences

Seed Yield Stability of Autumn Sowing Chickpea Genotypes Using Nonparametric Methods

Payam Pezeshkpour[1*] | Ali Minapour[2] | Mansour Raeisvand[3]

[1] Assistant Professor, Department of Crop and Horticultural Science Research, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Khorramabad, Iran, Email: papezeshkpour@yahoo.com
[2] MSc. Agricultural Jihad Management of Kuhdasht, Kuhdasht, Iran
[3] MSc. Agricultural Jihad Management of Khorramabad, Khorramabad, Iran

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2021/04/13
Revised: 2021/05/22
Accepted: 2021/07/27

Keywords:
Adaptation
Chickpea
Cluster analysis
Genotype by environment interaction

ABSTRACT

Background and objectives: Chickpea is one of the most important legumes in Iran and accounts for almost 84% of dietary legumes. Chickpea seed yield is strongly influenced by environments, and breeders often determine the stability of high-yielding genotypes across different environments before being introduced as a cultivar. Accurate study of the nature of genotype × environment allows breeders to identify stable and compatible genotypes and has always been one of the important issues in the production and release of new stable and high-yielding cultivars in breeding programs. Adaptation of chickpea genotypes to environmental conditions is important for crop production stability in different years and places. Existence of the interaction of genotype and environment affects the value of genotypes in different places. The present study was conducted to investigate the effect of genotype by environment interaction on grain yield of chickpea genotypes and cultivars in four environments and to identify stable and high-yielding genotypes under rainfed conditions as autumn planting.

Materials and Methods: In this study, twelve cultivars and advanced genotypes of chickpea were planted during two cropping years (2016-2018) in a randomized complete block design with three replications in semi-warm (Kuhdasht) and temperate (Khorramabad) areas of Lorestan province. Various nonparametric methods such as non-parametric statistics of Si $^{(1)}$, Si $^{(2)}$, Si $^{(3)}$ and Si $^{(6)}$, Thennarasus statistics of NPi $^{(1)}$, NPi $^{(2)}$, NPi $^{(3)}$ and NPi $^{(4)}$, mean rank stability statistics (R), stability statistics of Ketata *et al* (σr, σmy), Kang stability statistics (Ysi), Fox stability statistics (TOP, MID and LOW) and Genotype Stability Index (GSI) were used for estimating the stability of genotypes. The principal component analysis method was used to better understand the relationships between different statistics.

Results: The results of combined analysis of variance showed that the main effects of environment (including location, year and location ×year) and genotype ×environment were significant at the 1% probability level and the main effects of genotype, location × genotype and year × genotype were significant at the 5% probability level. The effects of genotype, environment and the genotype by environment interaction accounted for 6.48, 77.4 and 13.03% of the total squares, respectively. The biplot of the first principal component (PC_1) versus the second principal component (PC_2) classified the studied nonparametric stability statistics into three

groups. Based on the statistics of NPi $^{(1)}$, NPi $^{(2)}$, NPi $^{(3)}$ and NPi $^{(4)}$, the genotypes with the lowest values are considered as stable genotypes. According to NPi $^{(1)}$ statistics, G_1, G_6 and G_9 genotypes were identified as the most stable and G_3 and G_5 genotypes as the most unstable genotypes. Based on NPi $^{(2)}$ and NPi $^{(4)}$ parameters, G_1, G_{10} and G_9 genotypes were the most stable and G_5, G_{12} and G_4 genotypes were the most unstable. Based on the results, the first two principal components explained 68% (42% and 26%, respectively), of the variance of the main variables). Cluster analysis using mean seed yield and non-parametric statistics, placed chickpea genotypes in two main groups. The first cluster included mean seed yield, TOP, MID, σr and σmy. The second cluster consisted of four sub-clusters.

Conclusion: Based on Si $^{(1)}$, Si $^{(2)}$, Si $^{(3)}$ and Si $^{(6)}$ statistics, G1, G10 and G9 genotypes with the lowest values were identified as the most stable genotypes. G1 and G9 genotypes with the lowest GSI were recognized as the best genotypes in terms of grain yield and stability. Based on the parameters with the dynamics concept of stability, genotypes G1, G10 and G9 were identified as stable genotypes with high yield.

Cite this article: Habibpour, P., Ansari, S., Vazirizadeh, A. 2022. Seed Yield Stability of Autumn Sowing Chickpea Genotypes Using Nonparametric Methods. *Crop Production Journal*, 14 (4), 1-20.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/EJCP.2022.18882.2408
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تولید گیاهان زراعی
شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۷۳۹x
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷۴۰۳
انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های نخود به صورت کاشت پائیزه با استفاده از روش‌های ناپارامتری

پیام پزشکپور[1*] | علی میناپور[2] | منصور رئیسوند[3]

۱.استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران، رایانامه: papezeshkpour@yahoo.com

۲.کارشناس‌ارشد، مدیریت جهاد کشاورزی کوهدشت، کوهدشت، ایران

۳.کارشناس‌ارشد، مدیریت جهاد کشاورزی خرم آباد، خرم‌آباد، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۴
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۳/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۰۵

واژه‌های کلیدی:
برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط
تجزیه کلاستر
سازگاری
نخود

چکیده

سابقه و هدف: نخود یکی مهم‌ترین حبوبات در ایران است و تقریباً ۸۴ درصد از حبوبات غذایی را به خود اختصاص داده است. عملکرد دانه نخود به شدت تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد و به‌نژادگران اغلب پایداری ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا را در محیط‌های مختلف، پیش از معرفی به‌عنوان رقم بررسی می‌کنند. مطالعه دقیق ماهیت برهم‌کنش ژنوتیپ با محیط، امکان شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار و سازگار را برای به‌نژادگران فراهم می‌آورد و همواره یکی از موضوعات مهم در تولید و آزادسازی ارقام جدید پایدار و پر محصول در طرح‌های به‌نژادی بوده است. تطابق و وفق‌پذیری ژنوتیپ‌های نخود نسبت به شرایط محیطی برای سازگاری تولید محصول در سال‌ها و مکان‌های مختلف مهم است. وجود برهم‌کنش ژنوتیپ و محیط ارزش ژنوتیپ‌ها را در مکان‌های مختلف تحت تأثیر قرار می‌دهد. تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها و ارقام نخود در چهار محیط و شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار و پرعملکرد در شرایط کاشت پاییزه دیم انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق دوازده رقم و ژنوتیپ پیشرفته نخود طی دو سال زراعی (۱۳۹۷-۱۳۹۵) در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در مناطق نیمه گرم (کوهدشت) و معتدل (خرم‌آباد) استان لرستان کشت شدند. روش های ناپارامتری مختلف جهت برآورد پایداری ژنوتیپ‌ها شامل آماره‌های ناپارامتری هان $S_i^{(1)}$، $S_i^{(2)}$، $S_i^{(3)}$ و $S_i^{(6)}$، آماره‌های تنارازو $NPi^{(1)}$، $NPi^{(2)}$، $NPi^{(3)}$ و $NPi^{(4)}$، آماره پایداری میانگین رتبه(R)، آماره‌های پایداری کتاتا و همکاران (σr، σmy)، آماره پایداری کانگ (Ys_i)، آماره‌های پایداری فوکس (TOP، MID و LOW) و شاخص پایداری ژنوتیپ (GSI) استفاده شد. به منظور شناخت بهتر روابط بین آماره‌های مختلف، از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثرات اصلی محیط (شامل مکان، سال و مکان × سال) و ژنوتیپ × محیط در سطح احتمال یک درصد و اثرات اصلی ژنوتیپ، مکان × ژنوتیپ و سال × ژنوتیپ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. اثرات ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به ترتیب ۶/۴۸، ۷۷/۴ و ۱۳/۰۳ درصد از مجموع مربعات کل را به خود اختصاص دادند. بای‌پلات مؤلفه اصلی اول (PC_1) در مقابل مؤلفه اصلی دوم (PC_2) آماره‌های پایداری ناپارامتری مورد مطالعه را در سه گروه طبقه‌بندی کرد. بر اساس آماره‌های $NPi^{(1)}$، $NPi^{(2)}$، $NPi^{(3)}$ و $NPi^{(4)}$ ژنوتیپ‌های با کم‌ترین مقادیر

به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار در نظر گرفته می‌شوند. بر اساس آماره $NPi^{(1)}$ ژنوتیپ‌های G1، G6 و G9 به‌عنوان پایدارترین و ژنوتیپ‌های G3 و G5 به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. براساس پارامترهای $NPi^{(2)}$ و $NPi^{(4)}$ ژنوتیپ‌های G1، G10 و G9 پایدارترین و ژنوتیپ‌های G5، G12 و G4 ناپایدارترین بودند. بر اساس نتایج حاصله دو مؤلفه اصلی اول و دوم ۶۸ درصد (به ترتیب ۴۲ و ۲۶ درصد به وسیله مؤلفه اصلی اول و دوم) از واریانس متغیرهای اصلی را توجیه کردند. تجزیه خوشه‌ای میانگین عملکرد دانه و آماره‌های ناپارامتری، ژنوتیپ‌های نخود را در دو گروه اصلی قرار داد. کلاستر اول شامل میانگین عملکرد دانه (MY)، TOP، MID، σr و σmy بودند. کلاستر دوم شامل چهار زیر کلاستر بود.

نتیجه‌گیری: بر اساس آماره‌های $S_i^{(1)}$، $S_i^{(2)}$، $S_i^{(3)}$ و $S_i^{(6)}$ ژنوتیپ‌های G1، G10 و G9 با کم‌ترین مقادیر، به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. ژنوتیپ‌های G1 و G9 با کم‌ترین میزان GSI به عنوان بهترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه و پایداری شناسایی شدند. بر اساس پارامترهای دارای مفهوم دینامیک پایداری، ژنوتیپ‌های G10،G1 و G9 به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا معرفی شدند.

استناد: پزشکپور، پ.، میناپور، ع.، رئیسوند، م. (۱۴۰۰). پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های نخود به صورت کاشت پائیزه با استفاده از روش‌های ناپارامتری. *تولید گیاهان زراعی*، ۱۴ (۴)، ۲۰-۱.

DOI: 10.22069/EJCP.2022.18882.2408

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

نخود یکی از مهم‌ترین حبوبات در ایران است و تقریباً ۸۴ درصد از حبوبات غذایی را به خود اختصاص داده و دارای ۲۴-۱۷ درصد پروتئین، ۵۱-۴۱ درصد کربوهیدرات، میزان بالای مواد مغذی معدنی و اسیدهای لینولئیک و اولئیک اشباع نشده را شامل می‌شود (۲). نخود پس از لوبیا و نخودفرنگی، با تولید سالانه بیش از ۱۰ میلیون تن، رتبه سوم را در میان حبوبات دارد. این سه محصول، مجموعاً ۷۰ درصد از تولید حبوبات را به خود اختصاص می‌دهند که سهم نخود تقریباً ۱۷ درصد است (۳۰).

نخود زراعی در بیش از ۵۰ کشور دنیا و به‌طور عمده در کشورهای در حال توسعه کشت می‌گردد. در حال حاضر متوسط عملکرد جهانی نخود حدود ۹۰۰ کیلوگرم در هکتار است که در مقایسه با پتانسیل تخمینی ۶۰۰۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط رشد مطلوب، بسیار کم است (۲۱). آمار سطح زیر کشت، عملکرد و تولید نخود در سال ۲۰۱۹ در کشورهای دنیا نشان از این دارد که کشورهای هند، پاکستان، ترکیه، ایران و میانمار بالاترین سطح زیر کشت و تولید را در آسیا دارند. بیش‌ترین (۵۲۳۳/۵ کیلوگرم در هکتار) و کم‌ترین (۴۳۹/۷ کیلوگرم در هکتار) میانگین عملکرد در دنیا به‌ترتیب متعلق به چین و ایران است. این در حالی است که رتبه ایران ازنظر سطح زیر کشت، میانگین عملکرد و میزان تولید به‌ترتیب ۱۶، ۱۶ و ۱۷ در بین ۴۹ کشور تولیدکننده نخود زراعی است.

فنوتیپ نخود همانند سایر گیاهان زراعی تحت تأثیر ژن‌ها و محیط قرار می گیرد و برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط همبستگی بین ارزش‌های فنوتیپی و ژنوتیپی را کاهش می‌دهد. به دلیل وجود برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط، برای تعیین ظرفیت ژنتیکی ارقام و ژنوتیپ‌ها باید در محیط‌های متعدد مورد ارزیابی قرار گیرند (۴).

الگوی تغییرات صفات کمی پیوسته بوده و قابل انتساب به کنترل چندژنی و عوامل محیطی هستند (۳۱). از آنجایی که بخشی از بیان ژن در قالب محیط القا تنظیم می‌شود، آزمایش ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌تواند به شناسایی ژنوتیپ‌های برتر کمک کند. برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط، از یک طرف همبستگی بین اثرات ژنوتیپی و فنوتیپی و از طرف دیگر، پیشرفت گزینش ژنوتیپ‌ها را، به‌ویژه در شرایط تنش، کاهش می‌دهد (۱۲). تجزیه پایداری مهم‌ترین روشی است که برای پی بردن به ماهیت برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط مورد استفاده قرار می‌گیرد و با توجه به نتایج آن می‌توان ارقام پایدار و سازگار را شناسایی کرد.

از آنجایی که وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط موجب تفاوت در عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌گردد (۳۰)، لذا شناسایی و انتخاب ژنوتیپ‌هایی که دارای پایداری عملکرد در محیط‌های مختلف باشند از اهداف مهم به‌نژادگران است. دو روش عمده جهت تجزیه پایداری به‌منظور گزینش ژنوتیپ‌های پایدار شامل روش‌های پارامتری و روش‌های ناپارامتری است (۲۳). از روش‌های ناپارامتری که عمدتاً جهت برآورد پایداری ژنوتیپ‌ها استفاده می‌شود، می‌توان به آماره‌های ناپارامتری هان $Si^{(1)}$، $Si^{(2)}$، $Si^{(3)}$ و $Si^{(6)}$ (۲۰،۷)، آماره‌های تنارازو $NPi^{(1)}$، $NPi^{(2)}$، $NPi^{(3)}$ و $NPi^{(4)}$ (۲۸) آماره پایداری میانگین رتبه (R) (۱۳)، آماره‌های پایداری کتاتا و همکاران (σr، σmy) (۱۴)، آماره پایداری کانگ (Ys_i) (۱۰)، آماره‌های پایداری فوکس (TOP، MID و LOW) (۶) و شاخص پایداری ژنوتیپ (GSI) (۱۷) اشاره کرد.

روش‌های ناپارامتری نسبت به روش‌های پارامتری مزایایی دارند که ازجمله می‌توان به عدم نیاز به نرمال بودن داده‌ها یا یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی اشاره کرد. همچنین، روش‌های ناپارامتری در مقایسه

با روش‌های پارامتری نسبت به خطا یا داده‌های پرت حساسیت کم‌تری دارند. اضافه یا حذف نمودن یک یا تعداد کمی از ژنوتیپ‌ها بر این شاخص‌ها اثری ندارد. همچنین، تجزیه وتحلیل و تفسیر معیارهای ناپارامتری راحت‌تر از معیارهای پارامتری می‌باشد (۸، ۹). تعدادی از محققین پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف نخود را نسبت به شرایط محیطی مورد بررسی قرار داده‌اند (۵، ۱۶، ۱۸، ۲۴، ۳۳). به‌منظور افزایش بهره‌وری، ژنوتیپ‌های نخود که عملکرد پایداری در محیط دارند باید شناسایی شوند. عملکرد پایدار یک ژنوتیپ نشان می‌دهد که رتبه آن نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر در یک محیط خاص ثابت است، یعنی حداکثر پایداری با رتبه برابر در محیط‌های مختلف نمایش داده می‌شود. یک ژنوتیپ پایدار موقعی پایدار است که عملکرد متوسط بالایی داشته باشد و در تولید محصول در محیط‌های مختلف نوسان کمی داشته باشد (۲۹). این مفهوم به‌عنوان مفهوم بیولوژیکی یا ثبات ایستایی شناخته می‌شود. اما بسیاری از محققان ژنوتیپ‌هایی را انتخاب می‌کنند که بتوانند از شرایط مطلوب موجود در محیط استفاده کنند وتوانایی بالقوه خود را بیان کنند. یکی از اهداف مهم به‌نژادگران، معرفی ارقام دارای پتانسیل عملکرد بالا می‌باشد، که درواقع مفهوم دینامیک (زراعی) پایداری را جهت گزینش ژنوتیپ های پایدار و با عملکرد بالا در شرایط محیطی مختلف را بیان می‌کنند. بر طبق این مفهوم پایداری، یک پاسخ پیش‌بینی پذیر به عوامل محیطی وجود دارد یا به عبارت دیگر، ژنوتیپ‌های گزینش شده دارای پتانسیل پاسخ به بهبود شرایط محیطی می‌باشند(۱). تحقیق حاضر به‌منظور بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بر عملکرد دانه دوازده ژنوتیپ و رقم نخود در چهار محیط و شناسایی ژنوتیپ‌های نخود پایدار همراه با عملکرد بالا و نیز مقایسه کارایی روش‌های ناپارامتری و ارزیابی پایداری فنوتیپی ژنوتیپ‌های نخود در شرایط دیم به‌صورت کاشت پائیزه انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق به‌منظور بررسی پایداری و الگوی سازگاری ژنوتیپ‌ها و در راستای اجرای پروژه ارتقای امنیت غذایی ایران – ایکاردا و با هدف دسترسی به ارقام دانه درشت، دارای ارتفاع بلندتر و پر محصول، دوازده رقم و ژنوتیپ پیشرفته نخود سفید طی دو سال زراعی (۱۳۹۷-۱۳۹۵) در قالب طرح بلوک‌هایی کامل تصادفی با سه تکرار در مناطق نیمه گرم (کوهدشت) و معتدل (خرم‌آباد) استان لرستان و صورت کاشت پائیزه و در شرایط دیم کشت شدند (جدول ۱). بر اساس داده‌های هواشناسی، میانگین بارندگی محل‌های اجرای آزمایش در دو سال زراعی در جدول ۳ ارائه گردیده است. عملیات تهیه زمین با عمق شخم ۲۵ سانتی‌متری به‌اضافه دو بار دیسک عمود بر هم در پائیز سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ بعد از بارندگی مؤثر انجام گرفت. کاشت بذر به‌صورت دستی در نیمه اول آذرماه انجام گرفت. هر کرت آزمایشی شامل ۶ خط کاشت به طول ۱۲ متر و با فاصله بین خطوط ۳۰ سانتی‌متری، فاصله بذرها بر روی خطوط ۶/۵ سانتی‌متر و عمق کاشت بذر حدود ۷ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. مقدار کود لازم بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۲) تعیین شد و ۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و ۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص به‌طور یکنواخت در کرت‌های آزمایشی مصرف شد. تمامی عملیات زراعی از قبیل مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی و با استفاده از کولتیواتور انجام گرفت. زمانی که حدود ۹۰ درصد بوته‌های کرت‌ها رسیده بودند، پس از حذف اثرات حاشیه‌ایی، نمونه‌برداری از سطح ۱۲

مترمربع از هر کرت آزمایشی انجام و عملکرد دانه بر اساس کیلوگرم در هکتار محاسبه شد.

به‌منظور تشخیص مناسب بودن داده‌ها از آزمون بارتلت استفاده شد. داده‌های مربوط به عملکرد دانه در هر محیط برای بررسی وجود یا نبود داده‌های پرت با شکل جعبه‌ایی، بررسی شدند و سپس نرمال بودن آن‌ها با استفاده از آزمون آندرسون – دارلینگ و با استفاده از نرم‌افزار Minitab 19 بررسی شد.

جدول ۱- نام و منشأ ارقام و ژنوتیپ‌های نخود.

Table 1- Name and origin of chickpea cultivars and genotypes.

کد ژنوتیپ Genotype code	نام ژنوتیپ Genotype name	منشاء Origin	کد ژنوتیپ Genotype code	نام ژنوتیپ Genotype name	منشأ Origin
G1	Aksu	ترکیه Turkey	G7	Flip84-182C	ایکاردا ICARDA
G2	Azkan	ترکیه Turkey	G8	Flip86-6C	ایکاردا ICARDA
G3	Adel	ایران Iran	G9	Flip09-67C	ایکاردا ICARDA
G4	Saral	ایران Iran	G10	Flip09-72C	ایکاردا ICARDA
G5	Azad	ایران Iran	G11	Flip09-289C	ایکاردا ICARDA
G6	Arman	ایران Iran	G12	Large Seed local	ایران ICARDA

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مکان‌های اجرای پژوهش در سال اول و دوم.

Table 2- Soil physical and chemical properties of the research sites in first and second year.

مکان Location	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($ds\ m^{-1}$)	اسیدیته pH	پتاسیم(میلی گرم در کیلوگرم) K ($mg\ kg^{-1}$)	فسفر (قسمت در میلیون) P (ppm)	درصد نیتروژن N (%)
کوهدشت سال اول Kuhdasht first year	0.47	7.59	323	4.7	0.09
کوهدشت سال دوم Kuhdasht second year	0.49	7.77	274	3.5	0.101
خرم آباد سال اول Khorramabad first year	0.44	7.48	298	13.4	0.10
خرم آباد سال دوم Khorramabad second year	0.48	7.56	241	13.67	0.11

جدول ۳- متوسط بارندگی سالیانه و کد محیط‌های محل آزمایش.

Table 3- Average annual rainfall and code of test site environments.

کد محیطی Environment code	محیط Environment	میانگین بارندگی (میلی‌متر) Mean of rainfall (mm)
E1	کوهدشت سال اول Kuhdasht First Year	306.7
E2	خرم‌آباد سال اول Khoramabad First Year	455.9
E3	کوهدشت سال دوم Kuhdasht Second Year	464.9
E4	خرم‌آباد سال دوم horamabad Second Year	473

جدول ٤- میانگین عملکرد دانه ۱۲ ژنوتیپ نخود در چهار محیط (دو مکان در دو سال).

Table 4- The average seed yield of 12 chickpea genotypes in four environments (Two locations in two years).

کد ژنوتیپ Genotype code	میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Mean seed yield (kg/ha^{-1})	E4	E3	E2	E1
G1	965.5	362.5	356	1480.3	1663
G2	859.7	477.1	295	1309.6	1357
G3	922.7	399	305	777.7	2209
G4	780.5	200	322	1431	1169
G5	1191.6	652.1	236	1357.1	2521
G6	1063.8	561.5	504	1403.8	1786
G7	1074.9	486.5	619	1600	1594
G8	1045.6	427.1	261	1633.3	1861
G9	1114.4	415.6	561	1694.8	1786
G10	1294.7	400	371	2535.7	1872
G11	1157.5	278.1	681	1655.7	2015
G12	610.6	62.5	110	453	1817

مقایسه میانگین‌ها و تجزیه واریانس مرکب با فرض ثابت بودن اثر ژنوتیپ و تصادفی بودن اثر محیط با نرم‌افزار SAS انجام شد. روش‌هایی ناپارامتری مختلف جهت برآورد پایداری ژنوتیپ‌های شامل آماره‌های ناپارامتری هان $S_i^{(1)}$، $S_i^{(2)}$، $S_i^{(3)}$ و $S_i^{(6)}$ (۷، ۲۰)، آماره‌هایی تنارازو $NPi^{(1)}$، $NPi^{(2)}$، $NPi^{(3)}$ و $NPi^{(4)}$ (۲۸)، آماره پایداری میانگین رتبه (R) (۱۳)، آماره‌هایی پایداری کتاتا (σmy ،σr)، آماره پایداری کانگ (Ysi)، آماره‌های پایداری فوکس (TOP، MID و LOW) و شاخص پایداری ژنوتیپ (GSI) استفاده شد (۱۴، ۱۰، ۶، ۱۷). همچنین، ضرایب همبستگی رتبه‌ایی اسپیرمن جهت ارزیابی روابط بین روش‌هایی پایداری مختلف محاسبه شد. به‌منظور شناخت بهتر روابط بین آماره‌های مختلف، از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. بای‌پلات مؤلفه اصلی اول در مقابل مؤلفه اصلی دوم و نیز بای‌پلات‌های میانگین عملکرد در مقابل آماره‌های ناپارامتری مورد مطالعه رسم گردید. همچنین، از تجزیه کلاستر به روش Ward بر اساس فاصله اقلیدسی به‌منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از لحاظ رتبه میانگین عملکرد و آماره‌های پایداری ناپارامتری استفاده شد. جهت انجام تجزیه‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهایی SAS، Minitab19 و Excel استفاده شد.

آماره عملکرد - پایداری کانگ (Ys_i) : کانگ (۱۹۸۸) استفاده از میانگین عملکرد(جدول ۴) و واریانس پایداری شوکلا(۲۵) را جهت گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا و پایدار پیشنهاد کردند (۱۰). بر طبق این آماره پایداری، ژنوتیپ‌های با بیشترین ارزش به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار در نظر گرفته می‌شوند.

آماره‌های پایداری فوکس و همکاران: فوکس و همکاران (۱۹۹۰) سه آماره ناپارامتری TOP، MID و LOW را بر اساس درصد قرارگیری ژنوتیپ‌ها در سه بخش بیشینه (یک‌سوم ابتدایی)، متوسط (یک‌سوم میانی) و کمینه (یک‌سوم انتهایی) معرفی کردند (۶). بر این اساس هرچقدر مقدار پارامتر TOP ژنوتیپی بیش‌تر باشد آن ژنوتیپ به‌عنوان پایدارترین و مطلوب‌ترین ژنوتیپ گزینش می‌شود.

آماره پایداری میانگین رتبه کتاتا (R): در روش ناپارامتری رتبه‌بندیی، 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 (۱۳).

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

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

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

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

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

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

در روابط بالا، r_{ij} رتبه ژنوتیپ iام در محیط jام است. به بالاترین مقدار، رتبه‌ی یک داده می‌شود. $\bar{r}_{i.}$ میانگین رتبه‌ها ژنوتیپ iام در تمام محیط‌ها است. e نیز تعداد محیط‌های مورد بررسی است. $S_i^{(1)}$ میانگین اختلاف رتبه‌ها را در تمام محیط‌ها اندازه می‌گیرد و $S_i^{(2)}$ واریانس عمومی رتبه‌ها و m تعداد محیط و i ژنوتیپ است.

در معادله ذیل، r_{ij}^* رتبه تصحیح شده عملکرد تصحیح‌شده x_{ij}^* است ($x_{ij}^* = x_{ij} - x_{i.} + \bar{x}_{..}$). به بالاترین مقدار، رتبه‌ی یک داده می‌شود. $\bar{r}_{i.}^*$ و M_{di}^* به ترتیب میانگین و میانه رتبه‌ها برای ارزش‌های تصحیح می‌باشند. $\bar{r}_{i.}$ و M_{di} نیز به ترتیب میانگین و میانه رتبه‌ها که از داده‌های تصحیح نشده به‌دست آمده است (۱۶). تنارازو (۱۹۹۵) این معیارها را ابزاری مفید برای انتخاب هم‌زمان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا دانست (۲۸) که عبارت‌اند از:

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

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

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

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

$$\sigma r = \sum_{j=1}^{m}(r_{ij} - \bar{r}_{i.})^2/(m-1)$$

$$\sigma my = \sum_{j=1}^{m}(r_{ij} - \bar{x}_{i.})^2/(m-1)$$

در روابط فوق:

rij و r^*ij = به‌ترتیب رتبه تصحیح نشده و تصحیح شده ژنوتیپ iام در محیط jام

$\bar{r}i.$ و $\bar{r}^*i.$ = به‌ترتیب میانگین رتبه تصحیح نشده و تصحیح شده ژنوتیپ iام

M_{di} و M^*_{di} = به‌ترتیب میانه رتبه تصحیح نشده و تصحیح شده ژنوتیپ iام

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب اثرات اصلی محیط، مکان، سال، مکان × سال، ژنوتیپ × محیط در سطح احتمال یک درصد و اثرات ژنوتیپ، مکان × ژنوتیپ و سال × ژنوتیپ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). اثرات ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به‌ترتیب ۶/۴۸، ۷۷/۴ و ۱۳/۰۳ درصد از مجموع مربعات کل را به خود اختصاص دادند. همچنین، اثرات متقابل ژنوتیپ × سال، ژنوتیپ × مکان و ژنوتیپ × سال × مکان به ترتیب ۷/۹۱، ۲۳/۷۴ و ۴/۵ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل را به خود اختصاص دادند (جدول ۵).

به‌منظور مقایسه کارایی روش‌های ناپارامتری مختلف در گزینش ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا و انتخاب مناسب‌ترین روش‌ها در این راستا، معیارهای مختلف ناپارامتری برای ژنوتیپ‌های موردمطالعه و رتبه‌بندی آن‌ها در جداول ۶ و ۷ آمده است.

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ۱۲ ژنوتیپ و رقم نخود در چهار محیط.

Table 5- Combined anaylsis of variance for seed yield of 12 chickpea genotypes in four environments.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS	درصد توجیه نسبت به مجموع مربعات کل Percentage justification for the sum of the total squares	درصد توجیه نسبت به مجموع مربعات ژنوتیپ Percentage of justification for the sum of genotype squares
محیط Environment	3	19079384**	77.4	
مکان Location	1	367943 **		
سال Year	1	3813233 **		
مکان×سال Year × Location	1	370780**		
خطای اول Error 1	8	6793208		
ژنوتیپ Genotype	11	435554 *	6.48	
ژنوتیپ × محیط Environment ×genotype	33	291789**	13.03	
مکان ×ژنوتیپ Genotype ×Location	11	69277*		23.74
سال ×ژنوتیپ Genotype ×Year	11	18712*		7.91
مکان×سال ×ژنوتیپ Genotype ×Year×Location	11	36466		4.5
خطای دوم Error 2	88	100341		
کل Total	143			

* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

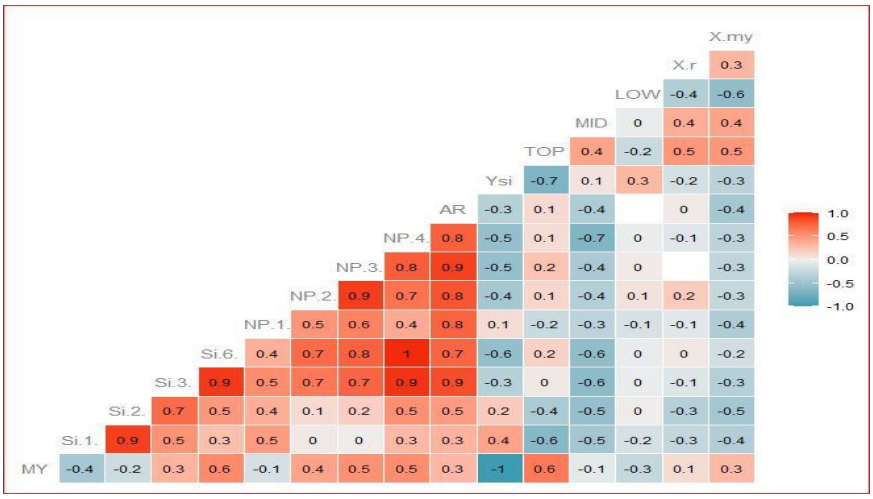
* and ** are Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

مقادیر $Z_i^{(1)}$ و $Z_i^{(2)}$ بر اساس رتبه‌های داده‌های تصحیح شده برای هر ژنوتیپ به‌صورت انفرادی محاسبه گردید. سپس مجموع این مقادیر برای آزمون χ^2 در تمام ژنوتیپ‌ها محاسبه گردید. مقادیر انفرادی $Z_i^{(2)}$ برای ژنوتیپ G5 بیش‌تر از مقدار χ^2 جدول ($\chi^2_{0.05\ df}$ = ۳/۸۴) به‌دست آمد و معنی‌دار گردید، ولی مقادیر انفرادی $Z_i^{(1)}$ برای هیچ‌کدام از ژنوتیپ‌ها معنی‌دار نشد. با توجه به اینکه مقادیر مجموع Zها ($\sum Z_i^{(1)}$= ۷/۴ و $\sum Z_i^{(2)}$= ۹/۱) کم‌تر از مقدار بحرانی کای اسکوئر جدول با درجه آزادی ۱۲ بود که نشان‌دهنده‌ی عدم تفاوت معنی‌دار بین سطوح پایداری ژنوتیپ‌های نخود است (جدول ۶).

بر اساس آماره‌های پایداری ناپارامتری هان (۱۹۷۹) و نصار و هان (۱۹۸۷)، ژنوتیپ‌های با کم‌ترین مقادیر به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار در نظر گرفته می‌شوند (۷، ۲۰). بر اساس آماره‌های $S_i^{(1)}$، $S_i^{(2)}$، $S_i^{(3)}$ و $S_i^{(6)}$ ژنوتیپ‌های G1، G10 و G9 با کم‌ترین مقادیر به‌عنوان پایدارترین و ژنوتیپ‌های G3، G5 و G12 با بیش‌ترین مقادیر آماره‌های مذکور به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (جداول ۶ و ۷).بر اساس آماره $S_i^{(3)}$ ژنوتیپ‌های G1، G10 و G9 پایدارترین و ژنوتیپ‌های G3، G5 و G12 ناپایدارترین بودند. همچنین، بر اساس آماره $S_i^{(6)}$ G1، G10 و G9 به‌عنوان پایدارترین و ژنوتیپ‌های G12 و G5 به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (جداول ۵ و ۶). بر اساس آماره‌های $NPi^{(1)}$، $NPi^{(2)}$، $NPi^{(3)}$ و $NPi^{(4)}$ پیشنهاد شده توسط تنارازو (۱۹۹۵) ژنوتیپ‌های با کم‌ترین مقادیر به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار در نظر گرفته می‌شوند (۲۸). بر اساس آماره $NPi^{(1)}$ ژنوتیپ‌های G1، G6 و G9 به‌عنوان پایدارترین و ژنوتیپ‌های G3 و G5 به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (جداول۶ و ۷). بر اساس پارامترهای $NPi^{(2)}$ و $NPi^{(4)}$ ژنوتیپ‌های G1، G10 و G9 پایدارترین و ژنوتیپ‌های G5، G12 و G4 ناپایدارترین بودند. ژنوتیپ‌های G1 و G9 بر اساس آماره $NPi^{(3)}$ به‌عنوان پایدارترین و ژنوتیپ‌های G12 و G4 به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (جداول۶ و۷). بر اساس آماره عملکرد – پایداری کانگ (Y_{Si}) ژنوتیپ‌های با بیش‌ترین ارزش به‌عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و پایدار معرفی می‌شوند (۱۰). بنابراین، بر اساس این آماره ژنوتیپ‌های G5 و G10 دارای عملکرد بالا و پایدار و ژنوتیپ‌های G12 و G4 دارای عملکرد پایین و ناپایدار بودند. با توجه به اینکه بر اساس 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. فرشادفر و همکاران (۲۰۱۲) و زالی و همکاران (۲۰۱۱) طی مطالعات خود به رابطه مثبت بین عملکرد و YS_i و مفهوم دینامیک پایداری برای این آماره اشاره کرده‌اند (۵، ۳۳). کتاتا (۱۳) استفاده از میانگین رتبه (R) را به‌عنوان معیاری به‌منظور تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها ارائه کرد. بر این اساس ژنوتیپ‌های با کم‌ترین مقدار R به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته می‌شوند. بر این اساس ژنوتیپ‌های G1، G9 و G8 پایدارترین و ژنوتیپ‌های G2، G4 و G12 ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند (جداول ۶ و ۷). بر اساس آماره‌های فوکس و همکاران (۱۹۹۰) ژنوتیپ‌های G7 ، G6 و G11 با داشتن ۵۰ درصد TOP و ۵۰ درصد MID و عدم قرارگیری در ناحیه LOW به‌عنوان مطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها در پژوهش حاضر شناخته شدند (۶). ژنوتیپ‌های G2 و G12 بر اساس آماره‌های مذکور به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (جداول ۶ و۷). صباغ نیا و همکاران (۲۰۱۱) طی مطالعات خود آماره TOP را دارای مفهوم دینامیک پایداری تشخیص دادند (۲۲). به‌طورکلی، بر اساس میانگین رتبه همه آماره‌های ناپارامتری مورد مطالعه ژنوتیپ‌های G1، G9، G8 و G10 با داشتن کم‌ترین میانگین رتبه پایدارترین و ژنوتیپ‌های G3، G12 و G5 با داشتن بیش‌ترین میانگین رتبه ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند (جدول۷). از شاخص پایداری ژنوتیپ (GSI) نیز برای ارزیابی هم‌زمان پایداری و عملکرد بالای ژنوتیپ‌های نخود استفاده شد. بر اساس GSI، ژنوتیپ‌های نخود به‌طور هم‌زمان بر اساس پایداری و عملکرد بالا انتخاب می‌شوند. ژنوتیپ با کم‌ترین مقدار GSI به‌عنوان ژنوتیپی با عملکرد بالا و پایدار شناخته می‌شود. بنابراین، ژنوتیپ‌های G1 و G9 با کم‌ترین میزان GSI

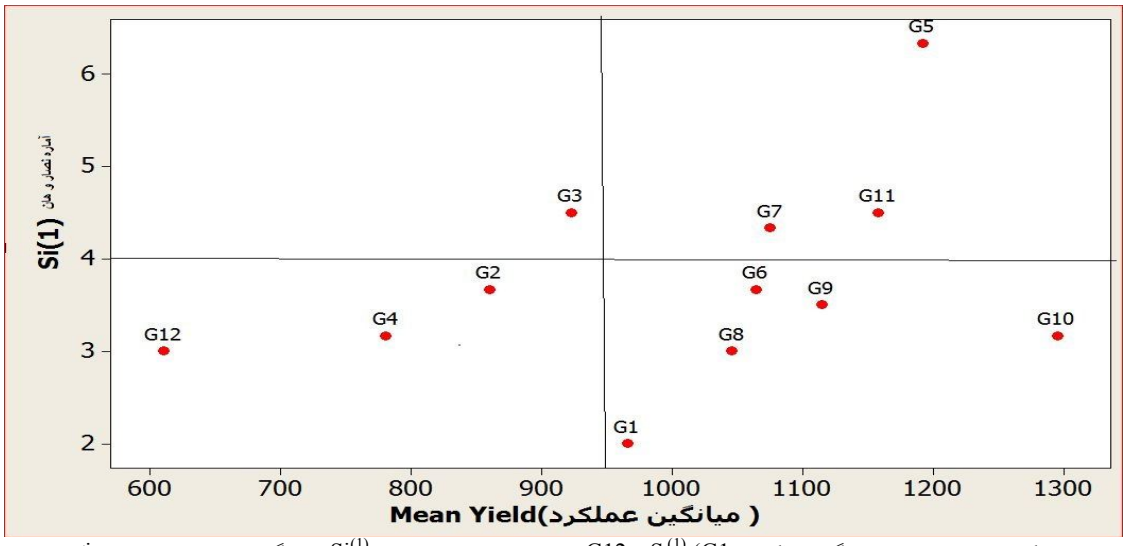
به‌عنوان بهترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه و پایداری شناخته شدند.

همبستگی بین آماره‌های پایداری ناپارامتری: همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن به‌منظور بررسی رابطه بین میانگین عملکرد دانه و آماره‌های ناپارامتری محاسبه شد (شکل ۱). بر اساس نتایج به‌دست آمده، میانگین عملکرد (MY) همبستگی مثبت و معنی‌داری با آماره‌های TOP، $Si^{(6)}$ ، σr، σmy و $NP^{(4)}$ داشت. فرشادفر و همکاران (۲۰۱۲) ، صباغ نیا و همکاران (۲۰۱۱) و عبادی سقرلو و همکاران (۲۰۰۸) طی مطالعات خود، بین عملکرد دانه با TOP ضرایب همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده کردند (۳، ۵، ۲۲). بر اساس نتایج مطالعه حاضر، همبستگی عملکرد دانه با آماره‌های $S_i^{(1)}$، $S_i^{(2)}$، $NP^{(1)}$ و LOW منفی به‌دست آمد (شکل ۱). محققان دیگری نیز همبستگی منفی بین عملکرد دانه و $S_i^{(1)}$، $S_i^{(2)}$ و $NP^{(1)}$ را مشاهده کردند (۱۱، ۲۳). ضرایب همبستگی رتبه‌ای مثبت و معنی‌دار بین همه جفت پارامترهای ممکن $S_i^{(2)}$، $S_i^{(3)}$، $S_i^{(6)}$، $NP^{(2)}$، $NP^{(3)}$ و $NP^{(4)}$ مشاهده شد (شکل ۱). همچنین، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین $S_i^{(3)}$، $S_i^{(6)}$، $NP^{(2)}$، AR و $NP_i^{(4)}$ به‌دست آمد (شکل ۱). بر اساس نتایج این پژوهش آماره TOP همبستگی مثبت و معنی‌داری با $S_i^{(1)}$، Ysi و عملکرد دانه داشت. این نتیجه در توافق با نتایج سایر محققین است (۳، ۴، ۱۱). نمودار میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های و $S_i^{(1)}$ در شکل ۲ آمده است (توزیع پراکنش ژنوتیپ‌ها مشابه با $S_i^{(2)}$ می‌باشد). با توجه به شکل ۱ چهار ناحیه مجزا می‌توان تشخیص داد، در ناحیه اول ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالاتر از میانگین کل و مقادیر پایین $S_i^{(1)}$ و $S_i^{(2)}$ قرار می‌گیرند که در این تحقیق ژنوتیپ‌های شماره G6، G8، G9 و G10 در این ناحیه قرار گرفتند که سازگاری عمومی نسبت به محیط‌های مختلف نشان داده و به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها انتخاب شدند. در ناحیه دوم ژنوتیپ‌های با عملکرد بالاتر از میانگین کل و مقادیر بالای $S_i^{(1)}$ و $S_i^{(2)}$ قرار گرفتند، در این آزمایش ژنوتیپ‌های شماره G5، G7 و G11 در این ناحیه قرار گرفتند که نشان‌دهندهٔ حساسیت بالای این ژنوتیپ‌ها به تغییرات محیطی بوده و در نتیجه عملکرد بسیار بالایی در محیط‌های با شرایط مناسب دارند. در ناحیه سوم ژنوتیپ‌های با عملکرد کم‌تر از میانگین کل و مقادیر بالای $S_i^{(1)}$ و $S_i^{(2)}$ قرار گرفتند، در این آزمایش ژنوتیپ شماره G3 در این ناحیه قرار گرفت. این ژنوتیپ باوجود دارا بودن عملکرد متوسط و نزدیک به میانگین کل به دلیل سازگاری عمومی ضعیف در گروه ارقام ناپایدار قرار می‌گیرد. در ناحیه چهارم، ژنوتیپ‌هایی با عملکرد کم‌تر از میانگین کل و مقادیر پایین $S_i^{(1)}$ و $S_i^{(2)}$ قرار می‌گیرند، ژنوتیپ‌های شماره G2، G4 و G12 این آزمایش در این ناحیه قرار می‌گیرند. این ژنوتیپ‌ها هرچند دارای سازگاری عمومی متوسطی نسبت به محیط‌های مختلف هستند، ولی به دلیل عملکرد پایین‌تر از میانگین، به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناخته نشدند.



شکل ۱- نقشه دمایی به‌دست آمده بین میانگین عملکرد دانه و آماره‌های پایداری ناپارامتری بر اساس ضرایب همبستگی پیرسون ($S_i^{(1)}$،$S_i^{(2)}$،$S_i^{(3)}$ و $S_i^{(6)}$ = آماره‌های ناپارامتری هان؛ $NPi^{(1)}$، $NPi^{(2)}$، $NPi^{(3)}$ و $NPi^{(4)}$ = آماره‌های تنارازو؛ AR = آماره پایداری میانگین رتبه؛ σr، σmy = آماره‌های پایداری کتاتا و همکاران؛ Ysi = آماره پایداری کانگ؛ TOP، MID و LOW = آماره‌های پایداری فوکس؛ MY = میانگین عملکرد دانه).

Figure 1- Heat map plot rendered between mean seed yield and nonparametric stability statistics based on pearsons correlation coefficients. ($S_i^{(1)}$, $S_i^{(2)}$, $S_i^{(3)}$ and $S_i^{(6)}$ = Huhn's non-parametric statistics; $NPi^{(1)}$, $NPi^{(2)}$, $NPi^{(3)}$ and $NPi^{(4)}$ = Thennarasu's non-parametric statistics; AR= Average ranking stability statistic; σr ،σmy = Stability statistics of Katata *et al* ; Ysi = Kangs stability statistic; TOP, MID and LOW = Fox's statistical statistics; MY=Mean Yield).

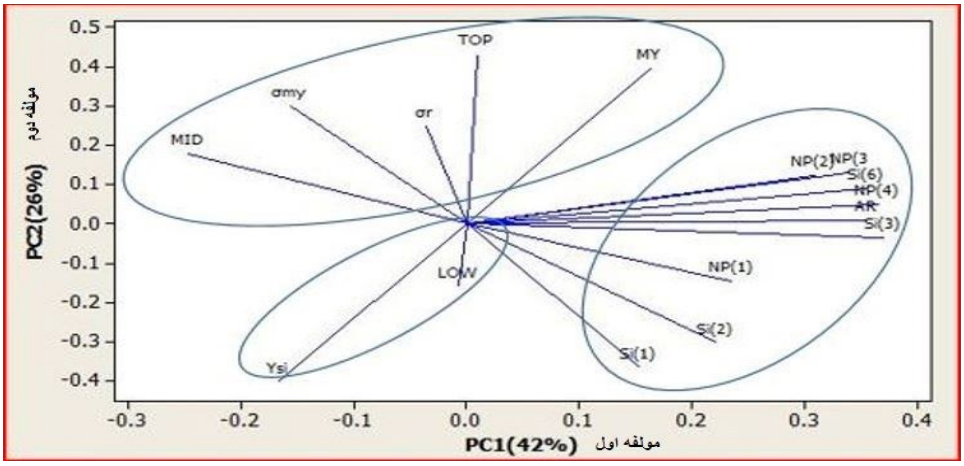


شکل ۲- نمودار پراکنش میانگین عملکرد و $S_i^{(1)}$ (G1 تا G12 = ژنوتیپ ها و ارقام نخود و $Si^{(1)}$ = میانگین اختلاف رتبه ژنوتیپ i).

Figure 2- Average performance distribution diagram and $Si^{(1)}$ (G1 to G12 = genotypes and cultivars of chickpea and $Si^{(1)}$ = mean difference of rank of genotype i).

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر اساس میانگین عملکرد دانه و آماره‌های پایداری ناپارامتری: تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر اساس ماتریس همبستگی رتبه در بین معیارهای پایداری ناپارامتری انجام گرفت. براساس نتایج حاصله دو مؤلفه اصلی اول ۶۸ درصد (به‌ترتیب ۴۲ و ۲۶ درصد به‌وسیله مؤلفه اصلی اول و دوم از واریانس متغیرهای اصلی) را توجیه کردند. بای‌پلات PC_1 در مقابل PC_2 روابط بین میانگین عملکرد دانه و پارامترهای پایداری را نشان می‌دهد (شکل۳). زاویه بین بردارهایی که پارامترهای پایداری را به مرکز بای‌پلات متصل می‌کند، همبستگی تقریبی بین آن‌ها را نشان می‌دهد. زاویه حاده نشان‌گر

همبستگی مثبت و زاویه منفرجه نشان‌گر استقلال، همبستگی بسیار ضعیف یا همبستگی منفی بین پارامترهای پایداری است. بر اساس این بای‌پلات، پارامترهای پایداری مورد مطالعه می‌توانند در سه گروه تقسیم‌بندی شوند. گروه اول (G_1) شامل میانگین عملکرد دانه (MY)، σr، σmy، TOP و MID بودند. با توجه به اینکه پارامترهای پایداری AR، σmy و TOP همبستگی مثبتی با میانگین عملکرد داشتند، بنابراین، این پارامترها دارای مفهوم دینامیک (زراعی) پایداری هستند. گروه دو شامل معیارهای $NP^{(2)}$، $NP^{(3)}$، $Si^{(6)}$، $NP^{(4)}$، AR، $Si^{(3)}$، $NP^{(1)}$، $Si^{(2)}$ و $Si^{(1)}$ بودند. این معیارها همبستگی مثبتی با یکدیگر داشتند ولی همبستگی معنی‌داری با عملکرد نشان ندادند. گروه سوم شامل آماره‌های MID و Ys_i بود. این آماره‌ها رابطه مثبتی با همدیگر و رابطه منفی با عملکرد داشتند. بنابراین، این پارامترها دارای مفهوم ایستا (بیولوژیکی) از پایداری هستند (شکل ۳). نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش‌های سایر محققین نیز آماره TOP را دارای مفهوم دینامیکی و آماره‌های ناپارامتری هان و نصار و هان و تنارازو را دارای مفهوم ایستا (بیولوژیکی) می‌دانند (۱۹، ۵).

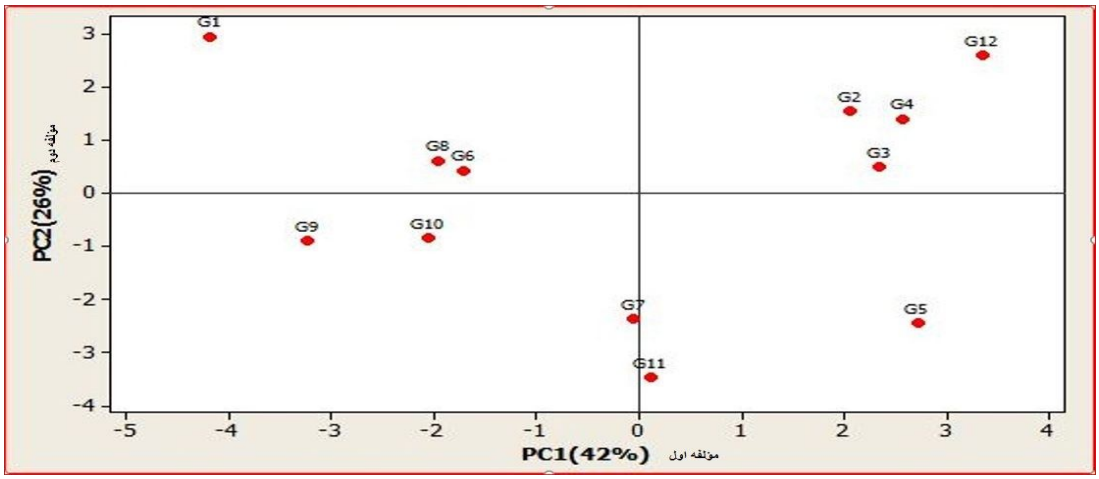


شکل ۳- بای‌پلات مؤلفه اصلی اول در مقابل مؤلفه اصلی دوم بر اساس میانگین عملکرد و آماره‌های پایداری ناپارامتری ۱۲ ژنوتیپ نخود در چهار محیط ($S_i^{(1)}$،$S_i^{(2)}$،$S_i^{(3)}$ و $S_i^{(6)}$ = آماره‌های ناپارامتری هان؛ $NPi^{(1)}$، $NPi^{(2)}$، $NPi^{(3)}$ و $NPi^{(4)}$ = آماره‌های تنارازو؛ AR = آماره پایداری میانگین رتبه؛ σr، σmy = آماره‌های پایداری کتاتا و همکاران؛ Ysi = آماره پایداری کانگ؛ TOP، MID و LOW = آماره‌های پایداری فوکس؛ MY = میانگین عملکرد دانه).

Figure 3- Biplot of the first main component versus the second main component based on the average yield and non-parametric stability statistics of 12 chickpea genotypes in four environments ($S_i^{(1)}$, $S_i^{(2)}$, $S_i^{(3)}$ and $S_i^{(6)}$ = Huhn's non-parametric statistics; $NPi^{(1)}$, $NPi^{(2)}$, $NPi^{(3)}$ and $NPi^{(4)}$ = Thennarasu's non-parametric statistics; AR= Average ranking stability statistic; σr ،σmy = Stability statistics of Katata *et al* ; Ysi = Kangs stability statistic; TOP. MID and LOW = Fox's statistical statistics; MY=Mean Yield)

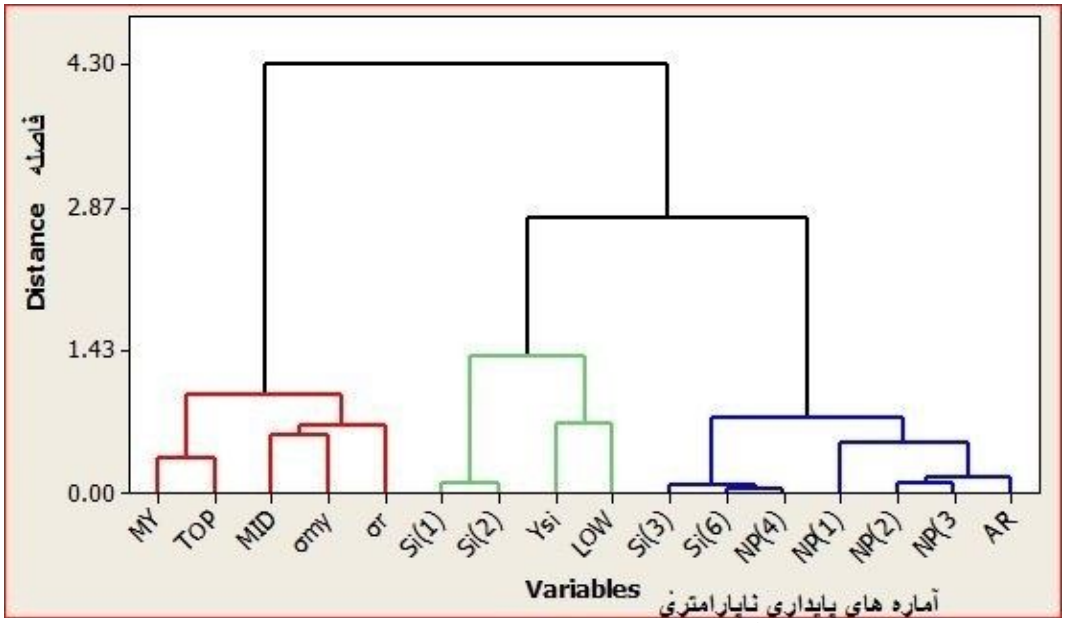
بر اساس دو مؤلفه اصلی اول، کلیه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه می‌توانند در چهار گروه اصلی قرار بگیرند. گروه اول شامل ژنوتیپ‌های G5، G11 و G7، گروه دوم شامل ژنوتیپ‌های G2، G3، G4 و G12 و گروه سوم شامل ژنوتیپ‌های G1، G6 و G8 بودند. گروه چهارم شامل ژنوتیپ‌های G9 و G10 بودند. ژنوتیپ‌های گروه چهارم بر اساس آماره های $S_i^{(2)}$، $S_i^{(3)}$، $S_i^{(6)}$، $NPi^{(1)}$، $NPi^{(2)}$، $NPi^{(3)}$، $NPi^{(4)}$، YS_i، میانگین رتبه (R) ، شاخص پایداری ژنوتیپ (GSI) به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار مورد شناسایی قرار گرفتند.

تجزیه کلاستر آماره‌های پایداری ناپارامتری و میانگین عملکرد دانه: همچنین، به‌منظور درک بهتر از روابط بین آماره‌های پایداری ناپارامتری، تجزیه کلاستر بر اساس روش Ward و فاصله اقلیدسی انجام گرفت (شکل ۵). بر این اساس پارامترها در دو کلاستر اصلی قرار گرفتند. کلاستر اول شامل میانگین عملکرد دانه (MY)، TOP، MID، σr، σmy بودند. کلاستر دوم شامل چهار زیر کلاستر بود که پارامترهای $Si^{(1)}$ و $Si^{(2)}$ در زیر کلاستر اول، پارامترهای Ysi و LOW در زیر کلاستر دوم و پارامترهای $Si^{(3)}$، $Si^{(6)}$ و $NP^{(4)}$ در زیر کلاستر سوم و پارامترهای $NP^{(1)}$، $NP^{(2)}$، $NP^{(3)}$ و AR در زیر کلاستر چهارم جای گرفت.



شکل ۴- بای‌پلات مؤلفه اصلی اول در مقابل مؤلفه اصلی دوم برای ۱۲ ژنوتیپ نخود در چهار محیط بر اساس میانگین عملکرد و آماره‌های پایداری ناپارامتری، PC_1 = اولین مولفه اصلی، PC_2 = دومین مولفه اصلی.

Figure 4 - Biplot of the first major component versus the second major component for 12 chickpea genotypes in four environments based on average yield and nonparametric stability statistics, PC_1: first principal component, PC_2: second principal component.



شکل ۵- تجزیه کلاستر آماره‌های پایداری ناپارامتری و میانگین عملکرد دانه ۱۲ ژنوتیپ نخود در چهار محیط.

Figure 5- Cluster analysis of nonparametric stability statistics and mean seed yield of 12 chickpea genotypes in four environments

جدول ۶- برآورد آماره‌های پایداری ناپارامتری و آزمون معنی‌داری $Zi^{(1)}$ و $Zi^{(2)}$ برای ۱۲ ژنوتیپ نخود در چهار محیط.

Table 6- Non-parametric stability parameters and tests of non-parametric stability preceduers ($Zi^{(1)}$ and $Zi^{(2)}$) for 12 chickpea genotypes in four environments.

ژنوتیپ Genotype		$Si^{(1)}$	$Z_i^{(1)}$	$S^{(2)}$	$Z_i^{(2)}$	$S_i^{(3)}$	$S_i^{(6)}$	$NP_i^{(1)}$	$NP_i^{(2)}$	$NP_i^{(3)}$	$NP_i^{(4)}$	AR	LOW	MID	TOP	GSI	YSi	σr	σmy	KR
G1	965.45	2.00	2.09	3.00	1.54	1.64	1.09	0.75	0.27	0.15	0.36	2.81	50.00	50.00	0.00	4.00	8.00	34.68	31.44	9.00
G2	859.68	3.67	0.05	9.67	0.10	6.44	2.00	2.75	0.79	0.81	0.81	3.69	0.00	50.00	50.00	15.00	9.00	34.05	31.75	11.00
G3	922.68	4.50	0.15	14.25	0.11	7.43	1.83	3.75	0.65	0.67	0.78	4.31	0.00	50.00	50.00	8.00	10.00	33.19	31.30	20.00
G4	780.50	3.17	0.35	6.92	0.49	5.53	2.40	3.50	1.31	1.09	0.84	4.69	25.00	50.00	25.00	12.00	11.00	25.26	27.23	8.00
G5	1191.55	6.33	3.00	27.67	4.82	11.07	2.40	4.25	0.56	0.59	0.84	5.75	25.00	0.00	75.00	14.00	12.00	37.80	35.37	11.00
G6	1063.83	3.67	0.05	9.00	0.17	3.60	1.33	1.75	0.36	0.33	0.49	5.88	25.00	0.00	75.00	12.00	15.00	36.21	35.46	17.00
G7	1074.88	4.33	0.07	12.67	0.01	4.75	1.25	2.75	0.33	0.41	0.54	6.38	0.00	50.00	50.00	22.00	16.00	29.46	32.72	8.00
G8	1045.60	3.00	0.51	7.33	0.41	3.14	1.14	2.75	0.31	0.41	0.43	7.50	75.00	0.00	25.00	7.00	17.00	35.67	35.24	7.00
G9	1114.35	3.50	0.12	7.58	0.36	2.76	1.09	2.25	0.29	0.29	0.42	8.31	50.00	0.00	50.00	12.00	18.00	28.33	31.78	19.00
G10	1294.68	3.17	0.35	6.25	0.62	2.14	0.80	3.25	0.68	0.49	0.36	8.75	50.00	0.00	50.00	14.00	19.00	27.74	31.98	13.00
G11	1157.45	4.50	0.15	15.58	0.26	5.34	1.31	2.75	0.35	0.36	0.51	9.38	75.00	25.00	0.00	22.00	20.00	33.93	36.36	11.00
G12	610.63	3.00	0.51	9.00	0.17	10.80	3.60	2.50	6.00	1.41	1.20	9.44	25.00	50.00	25.00	14.00	21.00	17.53	27.12	22.00
میانگین Average	1010.5	3.74	7.40	10.74	9.05															
مجموع واریانس Sum of variance		1.189		40.86	$\chi^2 z_1,z_2=3.4$		$\chi 2$ sum=19.6													

$S_i^{(1)}$، $S_i^{(2)}$، $S_i^{(3)}$ و $S_i^{(6)}$: آماره‌های هان (۸) و نصار و هان (۲۰)، $NP_i^{(1)}$، $NP_i^{(2)}$، $NP_i^{(3)}$ و $NP_i^{(4)}$: آماره‌های تنارازو (۲۲)، YSi: آماره کانگ (۱۰)، R: آماره‌های میانگین رتبه کاتاتا (۱۲)، TOP، MID و LOW آماره‌های فوکس و همکاران (۶) و σr ، σmy : آماره‌های کتاتا و همکاران (۱۳).

$S_i^{(1)}$، $S_i^{(2)}$، $S_i^{(3)}$ and $S_i^{(6)}$: Huhn's (8) and Nassar and Huhn's statistics (20), $NP_i^{(1)}$، $NP_i^{(2)}$، $NP_i^{(3)}$ and $NP_i^{(4)}$: Thennarasu's statistics (22), Kang's statistics (10), R: Katata Rank mean Statistics (12), TOP, MID and LOW = Fox's Statistical statistic (6) and σr ، σmy: Stability statistic of ketata et al (13).

جدول ۷- رتبه ۱۲ ژنوتیپ نخود برای آماره‌هایی پایداری ناپارامتری.

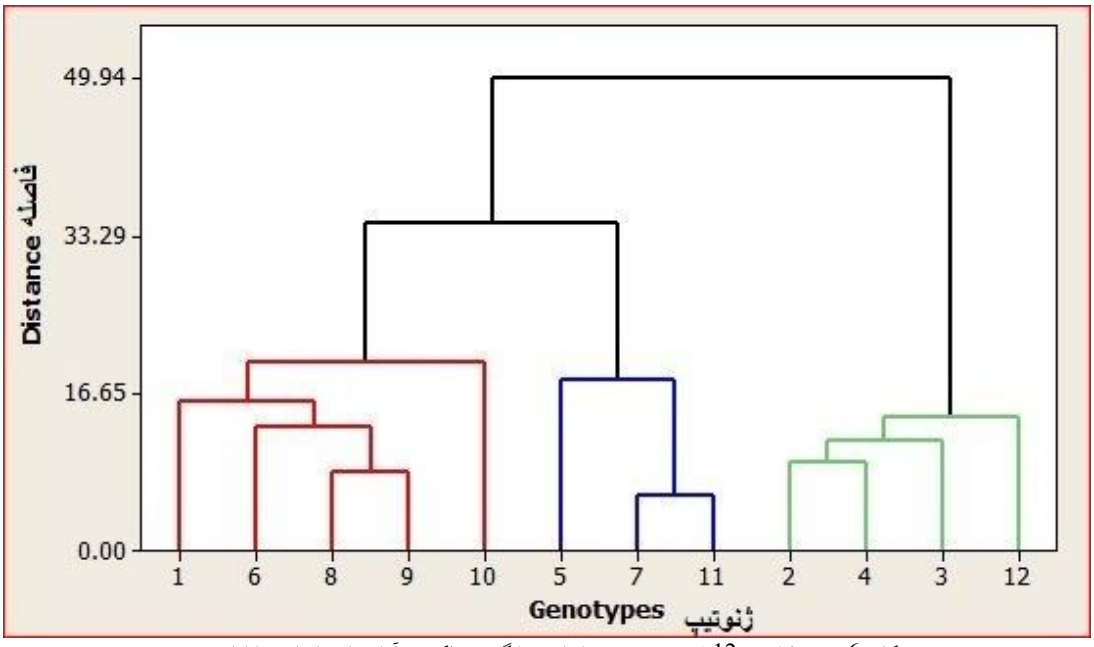
Table 7- Ranks of the 12 chickpea genotypes for non- parametric stability parameters.

ژنوتیپ Genotype	میانگین رتبه Mean Rank	σmy	σr	LOW	MID	TOP	Ysi	AR	$NP^{(4)}$	$NP^{(3)}$	$NP^{(2)}$	$NP^{(1)}$	$Si^{(6)}$	$Si^{(5)}$	$Si^{(2)}$	$Si^{(1)}$	SY
G1	3.94	12	12	1	3	4	12	1	2	1	1	1	2	1	1	1	8
G2	7.31	11	6	1	1	3	10	8	9	10	10	5	9	9	8	7	10
G3	7.88	6	7	1	3	3	11	12	8	9	8	11	8	10	10	10	9
G4	7.06	7	5	2	1	2	9	9	10	11	11	10	10	8	3	4	11
G5	8.31	5	8	2	1	2	20	10	10	8	7	12	10	12	12	12	2
G6	5.88	10	11	2	3	2	16	3	5	3	6	2	7	5	6	7	6
G7	5.38	1	4	2	1	1	17	5	7	5	4	5	5	6	9	9	5
G8	4.81	8	2	3	3	3	15	4	4	6	3	5	4	4	4	2	7
G9	4.38	9	3	3	3	2	18	2	3	2	2	3	2	3	5	6	4
G10	5.38	4	10	3	3	2	21	7	1	7	9	9	1	2	2	4	1
G11	5.69	2	1	4	1	1	19	6	6	4	5	5	6	7	11	10	3
G12	7.75	3	9	4	2	4	8	11	12	12	12	4	12	11	6	2	12

TOP، $S_i^{(1)}$، $S_i^{(2)}$، $S_i^{(3)}$ و $S_i^{(6)}$: آماره‌های میانگین رتبه کاتا (۱۲)، R: آماره‌های میانگین رتبه کانگ (۱۰)، YSi: آماره تنازلو (۲۲)، $NP_i^{(4)}$ و $NP_i^{(3)}$، $NP_i^{(2)}$، $NP_i^{(1)}$ (۲۰) و نصار و هان (۸) آماره‌های فوکس و همکاران (۶) و σr ، σmy : آماره‌های کاتا و همکاران (۱۲).

MID و LOW

$S_i^{(1)}$، $S_i^{(2)}$، $S_i^{(3)}$ and $S_i^{(6)}$: Huhn's (8) and Nassar and Huhn's statistics (20), $NP_i^{(1)}$، $NP_i^{(2)}$، $NP_i^{(3)}$ and $NP_i^{(4)}$: Thennarasu's statistics (22), Kang's statistics (10), R: Katata Rank mean Statistics (12), TOP, MID and LOW = Fox's Statistical statistic (6) and σr ، σmy: Stability statistic of ketata et al (13).



شکل -6 تجزیه کلاستر 12 ژنوتیپ نخود بر اساس میانگین عملکرد و آماره‌های پایداری ناپارامتری.

Figure 6- Cluster analysis of 12 chickpea genotypes based on average yield and nonparametric stability statistics.

تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌های نخود بر اساس میانگین عملکرد دانه و آماره‌های پایداری ناپارامتری: بر اساس نتایج حاصل از تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌ها به روش Ward و فاصله اقلیدسی، ژنوتیپ‌ها می‌توانند در دو گروه اصلی جای‌گیرند (شکل ۶). گروه اول شامل دو زیرگروه است که در زیرگروه اول ژنوتیپ‌های G1، G6، G8، G9 و G10 قرار گرفتند. این ژنوتیپ‌ها بر اساس آماره‌های Ys_i، TOP، AR، LOW، $S_i^{(1)}$، $S_i^{(2)}$، $S_i^{(3)}$، $S_i^{(6)}$، σr و σmy به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار مورد شناسایی قرار گرفتند. زیرگروه دوم شامل ژنوتیپ‌های G7،G5 و G11 بود. ژنوتیپ‌های G5 و G11 نیز دارای میانگین عملکرد دانه بالا بودند و به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار بر اساس آماره‌هایی Ysi و TOP محسوب شده بودند. بر اساس نتایج حاصله از تجزیه کلاستر گروه دوم نیز شامل یک زیرگروه بود. به‌طوری‌که در آن ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین به‌نام‌های G2، G3، G4 و G12 جای گرفتند. بسیاری از به‌نژادگران 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 حالی که 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 و نصار و هان و تنارازو با مفهوم استاتیک پایداری رابطه داشته و قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و پایدار نیستند، در صورتی که معیارهای پایداری TOP، σr، σmy و MID با میانگین عملکرد دانه (MY) و مفهوم دینامیک پایداری رابطه داشته و استفاده از این روش‌ها جهت گزینش ژنوتیپ‌های پایدار با میانگین عملکرد بالا در نخود مناسب می‌باشند. نتایج به‌دست آمده از پژوهش‌های صباغ نیا و همکاران (۲۰۱۱) و فرشادفر و همکاران (۲۰۱۲) نیز قرار گرفتن آماره‌های TOP و Ysi در زمره آماره‌های دارای مفهوم دینامیکی و آماره‌های ناپارامتری هان و نصار و هان و تنارازو در

زمره آماره‌های دارای مفهوم ایستا (بیولوژیکی) را مورد تأیید قرار داده‌اند (۵، ۲۲).

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع نتایج نشان داد که روش‌های پایداری ناپارامتری ابزارهایی کارا برای بررسی برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط بوده و اطلاعات مفیدی در مورد ژنوتیپ‌های پایدار و با عملکرد بالا در اختیار قرار می‌دهند. بر اساس میانگین رتبه همه آماره‌های ناپایداری مورد مطالعه و تجزیه خوشه‌ای ، ژنوتیپ‌های G1، G10 و G10 با کم‌ترین مقادیر میانگین رتبه به عنوان پایدارترین و ژنوتیپ‌های ژنوتیپ‌های G3، G5 و G12 با بیش‌ترین مقادیر آماره‌های مذکور به عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. همچنین، نتایج نشان داد که آماره‌های $Si^{(3)}$، $Si^{(6)}$، $NP^{(2)}$، $NP^{(3)}$، $NP^{(4)}$ و AR با میانگین دانه و مفهوم دینامیک پایداری رابطه داشته و استفاده از این روش‌ها جهت گزینش ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا در نخود پائیزه مناسب می‌باشند. در این پژوهش بر اساس پارامترهای دارای مفهوم دینامیک پایداری، ژنوتیپ‌های G1، G10 و G9 به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا شناسایی شدند. با توجه به وجود شرایط محیطی متنوع در ایران، می‌توان از این ژنوتیپ‌های نخود که دارای عملکرد بالا و سازگاری مطلوب به انواع شرایط محیطی بودند بهره جست.

منابع

1.Becker, H.C. and Leon, J. 1988. Stability analysis in plant breeding. Plant breed. 101: 1. 1-23.

2.Cobos, M.J., Winter, P., Kharrat, M., Cubero, J.I., Gil, J., Millan, T. and Rubio, J. 2009. Genetic analysis of agronomic traits in a wide cross of chickpea. Field Crops Res. 111: 1-2. 130-136.

3.Segherloo, A.E., Sabaghpour, S.H., Dehghani, H. and Kamrani, M. 2008. Non-parametric measures of phenotypic stability in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). Euphytica. 162: 2. 221-229.

4.Farshadfar, E., Farshadfar, M. and Sutka, J.1999. Genetic Analysis of phenotypic stability parameter in wheat. Acta Agron. Hung. 47: 27-32.

5.Farshadfar, E., Sabaghpour, S.H. and Zali, H. 2012. Comparison of parametric and non-parametric stability statistics for selecting stable chickpea ('*Cicer arietinum*'L.) genotypes under diverse environments. Aust J. Crop. Sci. 6: 3. 514-524.

6.Fox, P.N., Skovmand, B., Thompson, B.K., Braun, H.J. and Cormier, R. 1990. Yield and adaptation of hexaploid spring triticale. Euphytica. 47: 1. 57-64.

7.Huehn, M. 1979. Beitrage zur erfassung der phanotypischen stabilitat. EDV Med. Biol. 10: 112-117.

8.Huehn, M. 1990. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: Theory. Euphytica. 47: 3. 189-194.

9.Huehn, M. 1996. Non-parametric analysis of genotype x environment interactions by ranks. P. 213-228. In: Kang, M.S., Gauch, H.G. (eds) Genotype by environment interaction. CRC Press. Boca Raton. FL.

10.Kang, M.S. 1988. A rank–sum method for selecting highyielding, stable corn genotypes. Cereal Res. Commun. 19: 361-364.

11.Kaya, Y., Taner, S .2002. Estimating genotypes ranks by nonparametric stability analysis in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). J Cent Europ Agric. 4: 47-53.

12.Kaya, Y., Akçura, M. and Taner, S. 2006. GGE-biplot analysis of multi-environment yield trials in bread wheat. Turk J. Agric. Forest. 30: 5. 325-337.

13.Ketata, H. 1988. Genotype× environment interaction. Proceedings of Biometrical Techniques for Cereal Breeders. ICARDA. Aleppo. Syria. Pp: 16-32.

14.Ketata, H., Yau, S.K. and Nachit, M. 1989. Relative consistency performance across environments. P. 391-400. In:

International symposium on physiology and breeding of winter cereals for stressed Mediterranean environments'. Montpellier, France.
15. Khalili, M. and Pour-Aboughadareh, A. 2016. Parametric and non-parametric measures for evaluating yield stability and adaptability in barley doubled haploid lines. J. Agr. Sci. Tech-Iran. 18: 789-803.
16. Kumar, S., Singh, O., Van Rheenen, H.A. and Rao, K.V.S. 1998. Repeatability of different stability parameters for grain yield in chickpea. Plant breed. 117: 2. 143-146.
17. Kumar Bose, L., Namdeorao Jambhulkar, N., Pande, K. and Nath Singh, O. 2014. Use of AMMI and other stability statistics in the simultaneous selection of rice genotypes for yield and stability under direct-seeded conditions. Chilean. J. Agric. Res. 74: 1. 3- 9.
18. Mahtabi, E., Farshadfar, E. and Jowkar, M.M. 2013. Non parametric estimation of phenotypic stability in Chickpea (*Cicer arietinum* L.). Int J. Agric Crop Sci. 5: 8. 888.
19. Mohammadi, R. and Amri, A. 2008. Comparison of parametric and non-parametric methods for selecting stable and adapted durum wheat genotypes in variable environments. Euphytica. 159: 3. 419-432.
20. Nassar, R. and Huehn, M. 1987. Studies on estimation of phenotypic stability: Tests of significance for nonparametric measures of phenotypic stability. Biometrics. 1: 45-53.
21. Raina, A., Khan, S., Wani, M.R., Laskar, R.A. and Mushtaq, W. 2019. Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Cytogenetics, Genetic Diversity and Breeding. In: Al-Khayri, J., Jain, S., Johnson, D. (eds) Advances in Plant Breeding Strategies: Legumes. Springer, Cham. Pp: 53-112.
22. Sabaghnia, N., Dehghani, H. and Sabaghpour, S.H. 2006. Nonparametric methods for interpreting genotype × environment interaction of lentil genotypes. Crop Sci. 46: 3. 1100-1106.
23. Safavi, S.M. and Bahraminejad, S. 2017. The evaluation of genotype × environment interactions for grain yield of oat genotypes using AMMI model. J. Crop Breed. 922: 125-132 (In Persian)
24. Segherloo, A.E., Sabaghpour, S.H., Dehghani, H. and Kamrani, M. 2008. Non-parametric measures of phenotypic stability in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). Euphytica. 162: 2. 221-229.
25. Shukla, G.K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype environmental components of variability. Heredity. 29: 2. 237-245.
26. Sohrabi, S.S., Dehghani, H. and Alizadeh, B. 2016. Evaluation of seed yield stability of promising winter rapeseed (*Brassica napus* L.) lines using principal coordinates analysis. J. Crop Breed. 8: 152-158. (In Persian)
27. Syukur, M., Sujiprihati, S., Yunianti, R. and Kusumah, D.A. 2014. Non parametric stability analysis for yield of hybrid chili pepper (*Capsicum annuum* L.) across six different environments. J Agron Indones. 42: 1. 32-38.
28. Thennarasu, K. 1995. On certain non-parametric procedures for studying genotype environment interactions and yield stability. PhD Theses, P.J. School, IARI., New Delhi, 255 p.
29. Tuba, B.B. and Dogan, S. 2006. Stability parameters in lentil. J. Cent. Eur. Agric. 7: 439-444.
30. Varshney, R.K., Thudi, M. and Muehlbauer, F.J. 2017. The Chickpea Genome. Springer International Publishing. DOI 10.1007/978-3-319-66117-9.
31. Yan, W., Kang, M.S., Ma, B., Woods, S. and Cornelius, P.L. 2007. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. Crop sci. 47: 2. 643-653.
32. Yuksel, K.A.Y.A. and Turkoz, M. 2016. Evaluation of genotype by environment interaction for grain yield in durum wheat using non-parametric stability statistics. Turk. J. Field Crop. 21: 1. 51-59.
33. Zali, H., Farshadfar, E. and Sabaghpour, S.H. 2011. Non-parametric analysis of phenotypic Stability in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in Iran. Crop Breed. J. 1: 89-100.