Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Journal of Crop Breeding Vol. 16, Issue 3, 2024 p: 114-124 OPEN ACCESS

Research Paper

Genetic Diversity and Relationships Between some Agronomic Traits of Desi Chickpea Genotypes (*Cicer arietinum* L.) under Autumn Sowing Conditions

Mojtaba Bagheri[1], Zahra Tahmasebi[2] and Mahdi Geravandi[3]

1- Ph.D Student, Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
2- Associate Professor, Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran, (Corresponding author: z.tahmasebi@ilam.ac.ir)
3- Assistant Professor of Research, Sararood Branch, Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kermanshah, Iran

Received: 9 March, 2024 Accepted: 22 May, 2024

Extended Abstract

Background: Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is a legume grown in cool season areas. It is one of the main sources of protein and energy and plays a major role in improving soil fertility. Peas are divided into two classes, Desi and Kabali. The Desi seed is smaller, wrinkled, and darker while Kabli has a lighter, whiter seed color, larger seed size, and smooth surface. The chickpea yield is 1199 kg per hectare in America, 1261 kg per hectare in India, and 409 kg per hectare in Iran. Until 2005, this plant was called an orphan plant due to the insufficient genetic resources in chickpeas, but the plant was known as a plant with a rich genomic resource after many efforts at national and international levels. Further studies on chickpea genetic diversity are important to improve the yield. Chickpeas have plenty of diversity in different geographical regions, and the genetic pattern and the amount of variation within and between these populations should be known to progress breeding programs and effectively use these germplasm collections. The evaluation of genotypes faces two key challenges. The first is the genotype-environment interaction, and the second is the interaction between the studied traits. This study aimed to investigate the genetic diversity in the Desi chickpea germplasm under autumn cultivation conditions, analyze the relationships of morphological-agronomical traits, and select superior genotypes in terms of all morphological-agronomical traits.

Methods: This study was conducted on 416 genotypes, including 335 landrace of Iran, 1 ICARDA genotype, and 78 ICRISAT genotypes, along with two checks named Kaka and Pirouz cultivars in the experimental farm of the Dryland Agricultural Research Institute (Kermanshah). The cultivars were evaluated in terms of morphological-agronomic traits, including the number of days to flowering, the number of main branches, the number of secondary branches, the number of pods per plant, plant height, the end number of days to maturity, seed yield, and 100-seed weight (HSW). The experiment was conducted during 2020-2021 under autumn sowing conditions and as an augmentation based on a randomized complete block design with nine blocks. The variance, heritability, and genetic advance were analyzed with the R software packages (augmentedRCBD). The R software package (metan) and (GGEBiplotGUI) were used for the biplot analysis of the genotype by trait. Data were grouped using the K-mean algorithm, single method, and Euclidean distance with R software. The R software package (NbClust) was used to calculate the number of appropriate groups resulting from the cluster analysis. Using the R software package (metan) with the selection index (MGIDI), the top genotypes were ranked based on several traits.

Results: The results of the analysis of variance were significant for the number of days to maturity, HSW, and plant height. The highest and the lowest coefficients of variation belonged to the number of secondary branches and days to maturity, respectively. The plant height and HSW traits had high values of heritability and genetic advancement. According to the results of the genotype by trait biplot, genotypes 148, 327, 391, and 277 were in the best conditions in terms of HSW, days to maturity, plant height, and days to flowering. Genotypes 6, 400, 18, 42, 26, 168, 15, and 2 were in the best conditions for the number of pods per plant, seed yield, the number of main branches, and the number of secondary branches per plant. According to the findings of the genotype by trait biplot, most of the selected genotypes were from the landrace of the Iranian chickpea. Clustering was performed using the K-means method, which divided the genotypes into two groups. In the second group, genotypes 6, 18, 148, 327, and 91 had more distances (according

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-10-08]

[DOI: 10.61186/jcb.16.3.114]

Copyright ©2024 Bagheri et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

to the center of the group) than the other genotypes. Then, 62 genotypes were ranked as the best genotypes in terms of all traits using the MGIDI index.
Conclusion: The high genetic diversity of the traits studied in this research indicates the possibility of selection among the genotypes. Plant height and HSW traits have high heritability and genetic advance values, indicating the additive effects of the gene. In studies of the Desi chickpea populations, the breeding method of selection can be used to improve these traits. According to the biplot results, the number of pods per plant had important effects on seed yield in autumn sowing conditions, and it is important in terms of selecting genotypes related to the desired traits. On the other hand, the weight of HSW had a high correlation with the plant height in the Desi chickpea, which is very important in the mechanical harvesting of chickpeas. The superior genotypes selected in this research can be used as parents in future breeding programs of the Desi chickpea under autumn cultivation conditions.

Keywords: Cluster analysis, Genetic diversity, Grain yield, MGIDI

How to Cite This Article: Bagheri, M., Tahmasebi, Z., & Gravandi, M. (2024). Genetic Diversity and Relationships Between some Agronomic Traits of Desi Chickpea Genotypes (*Cicer arietinum* L.) under Autumn Sowing Conditions. *J Crop Breed,* 16(3), 114-124. DOI: 10.61186/jcb.16.3.114

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-10-08]

[DOI: 10.61186/jcb.16.3.114]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

تنوع ژنتیکی و ارتباط بین برخی صفات زراعی نخود دسی در شرایط کشت پاییزه

مجتبی باقری[۱]، زهرا طهماسبی[۲] و مهدی گراوندی[۳]

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام، ایلام، ایران، (نویسنده مسوول: z.tahmasebi@ilam.ac.ir)
۳- استادیار پژوهش، معاونت سرارود، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۲
صفحه: ۱۱۴ تا ۱۲۴

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: نخود از حبوباتی است که در مناطق دارای فصل خنک کشت می‌شود و از منابع اصلی پروتئین و انرژی است و نقش عمده‌ای در بهبود حاصل‌خیزی خاک دارد. نخود به دو گروه دسی و کابلی تقسیم‌بندی شده است. بذر دسی اندازه کوچکتر، چروکیده‌تر و تیره‌تر داشته در حالی‌که کابلی رنگ دانه روشن‌تر، سفیدتر، اندازه بذر بزرگتر و سطح صاف دارد. عملکرد نخود در آمریکا ۱۱۹۹ کیلوگرم در هکتار، هند ۱۲۶۱ کیلوگرم در هکتار و در ایران ۴۰۹ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. مطالعات بیشتر تنوع ژنتیکی نخود در جهت بهبود عملکرد دارای اهمیت است. نخود دارای تنوع زیادی در مناطق مختلف جغرافیایی می‌باشد، که بایستی الگوی ژنتیکی و میزان تنوع درون و بین این جمعیت‌ها جهت پیشرفت در برنامه‌های اصلاحی و استفاده مؤثر از این مجموعه‌های ژرم‌پلاسم مشخص باشد. ارزیابی ژنوتیپ‌ها با دو چالش کلیدی روبرو است. اول اثر متقابل ژنوتیپ در محیط است و دومی اثرات متقابل بین صفات مورد بررسی است. این پژوهش با هدف بررسی تنوع ژنتیکی در ژرم‌پلاسم نخود دسی در شرایط کشت پائیزه و تجزیه و تحلیل روابط صفات مورفولوژیکی- زراعی و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر از نظر برخی صفات مورفولوژیکی-زراعی انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش ۴۱۶ ژنوتیپ شامل ۳۳۵ توده بومی ایران و یک ژنوتیپ ایکاردا و ۷۸ ژنوتیپ دریافت شده از ICRISAT به‌همراه ۲ رقم شاهد به‌نام‌های کاکا و پیروز در مزرعه آزمایشی معاونت مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم (سرارود) از نظر صفات مورفولوژیکی-زراعی شامل تعداد روز تا گلدهی، تعداد شاخه اصلی، تعداد شاخه فرعی، تعداد نیام در بوته، ارتفاع بوته، پایان تعداد روز تا رسیدگی، عملکرد دانه و وزن صد دانه مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمایش طی سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ در شرایط کاشت پاییزه و به‌صورت آگمنت بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۹ بلوک با دو شاهد اجرا شد. جهت تجزیه واریانس و برآورد وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی از نرم‌افزار R بسته (augmented RCBD) و جهت تجزیه بای‌پلات ژنوتیپ در صفت از بسته (metan و GGEBiplotGUI) نرم‌افزار R استفاده شد. جهت گروه‌بندی داده‌ها از الگوریتم K-mean روش Single و فاصله اقلیدوسی با نرم‌افزار R استفاده شده است. برای محاسبه تعداد گروه‌های مناسب حاصل از تجزیه خوشه‌ای از بسته (NbClust) نرم‌افزار R استفاده شد. با استفاده از بسته (metan) نرم‌افزار R با شاخص انتخاب (MGIDI) ژنوتیپ‌های برتر بر اساس چند صفت، رتبه‌بندی شدند.

یافته‌ها: طبق نتایج تجزیه واریانس نمونه‌های مورد بررسی از نظر صفات تعداد روز تا رسیدگی، وزن صد دانه و ارتفاع گیاه تفاوت معنی‌دار نشان دادند. بیشترین مقدار ضریب تغییرات برای صفت تعداد شاخه فرعی و کمترین مقدار ضریب تغییرات برای صفت روز تا رسیدگی بود. صفات ارتفاع بوته و وزن صد دانه مقادیر وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی بالایی داشته‌اند. با توجه به نمودار بای‌پلات صفات، صفات روز تا رسیدگی با وزن صددانه، روز تا گلدهی با ارتفاع بوته و تعداد شاخه اصلی با تعداد نیام در بوته بیشترین ارتباط را با هم داشتند. با توجه به نتایج نمودار بای‌پلات ژنوتیپ در صفت ژنوتیپ‌های ۱۴۸، ۳۲۷، ۳۹۱، ۲۷۷ بهترین شرایط را از نظر وزن صد دانه و روز تا رسیدگی و ارتفاع بوته و روز تا گلدهی داشته‌اند. بیشترین ارتباط وزن صد دانه و روز تا گلدهی و صفات داشته است ژنوتیپ‌های ۱۴۸، ۳۲۷، ۳۹۱، ۲۷۷ شرایط بهتری را از نظر وزن صد دانه و روز تا رسیدگی و ارتفاع بوته و روز تا گلدهی داشته‌اند. ژنوتیپ‌های ۶، ۴۰۰، ۱۸، ۴۲، ۲۶، ۱۶۸، ۱۵۲ بهترین شرایط را برای صفات تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه، تعداد شاخه اصلی و تعداد شاخه فرعی در بوته داشته‌اند. با توجه به نتایج بای‌پلات ژنوتیپ در صفت، بیشتر ژنوتیپ‌های انتخابی از توده بومی نخود ایران می‌باشند. خوشه‌بندی با استفاده از روش K-mean انجام شد و ژنوتیپ‌ها در دو گروه قرار گرفتند در گروه دوم ژنوتیپ شماره ۶، ۱۸، ۱۴۸، ۳۲۷، ۹۱ فواصل بیشتری (با توجه به مرکز گروه) نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها داشته‌اند. با استفاده از شاخص MGIDI، ۶۲ ژنوتیپ به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر از نظر کلیه صفات انتخاب شدند.

نتیجه‌گیری: نتایج معنی‌دار صفت‌های مورد مطالعه در این پژوهش نشان‌دهنده امکان انتخاب در بین ژنوتیپ‌ها است. صفات ارتفاع بوته و وزن صد دانه مقادیر وراثت‌پذیری و پیشرفت‌ژنتیکی بالایی داشته‌اند که نشان‌دهنده اثرات افزایش ژن است و در تحقیقات روی جمعیت‌های نخود دسی می‌توان از روش اصلاحی گزینش در مورد اصلاح این صفات استفاده کرد. طبق نتایج بای‌پلات تعداد نیام در بوته اثرات مهمی برروی عملکرد دانه در شرایط کشت پائیزه داشته است و از نظر انتخاب ژنوتیپ‌های مرتبط با صفات موردنظر دارای اهمیت است. از طرفی وزن صد دانه همبستگی بالایی با ارتفاع بوته در نخود دسی داشت که ارتفاع بوته در برداشت مکانیکی نخود دارای اهمیت می‌باشد. از ژنوتیپ‌های برتر انتخاب شده در این پژوهش می‌توان به‌عنوان والدین در برنامه‌های اصلاحی آتی نخود دسی در شرایط کشت پاییزه استفاده کرد. با گروه‌بندی که با الگوریتم خوشه‌بندی K-mean انجام گرفت روابط بین ژنوتیپ‌ها از نظر فواصل مشخص شده و بهتر می‌توانیم در مورد انتخاب والدین و بهره‌گیری از هیبریداسیون و تفکیک متجاوز تصمیم‌گیری کنیم.

واژه‌های کلیدی: تجزیه کلاستر، توده‌های ژنتیکی، MGIDI، عملکرد دانه

مقدمه

چالش‌های پیش روی گروه‌های تحقیقاتی ایجاد و توسعه واریته‌های مقاوم در برابر تغییرات اقلیمی در راستای تولید پایدار این محصول است. تا قبل از سال ۲۰۰۵ به‌علت نبود منابع ژنتیکی کافی در نخود از این گیاه به‌عنوان گیاه یتیم یاد می‌شد، اما در ادامه تلاش‌های فراوان در سطح ملی و بین‌المللی، هم اکنون از گیاه نخود به‌عنوان یک گیاه دارای منبع ژنومی غنی نام می‌برند. در جهان میزان تولید نخود در بین حبوبات بعد از لوبیا و نخود فرنگی قرار دارد، پتانسیل تولید نخود تقریباً ۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (Banik *et al.*, 2018). با توجه به داده‌های سال ۲۰۲۲ عملکرد نخود در آمریکا ۱۱۹۹ کیلوگرم در هکتار، هند ۱۲۶۱ کیلوگرم در هکتار و در ایران نیز ۴۰۹

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-10-08]

[DOI: 10.61186/jcb.16.3.114]

کیلوگرم در هکتار می‌باشد (FAOSTAT, 2024). سطح زیر کشت نخود در ایران ۵۰۸۳۱۳ است. تاکنون بیش از ۳۵۰ واریته اصلاح شده نخود در سطح جهانی معرفی شده که حدود نیمی از آن‌ها در هند بوده است و در حدود دو سوم تولید جهان را تشکیل می‌دهد (Chaturvedi *et al.*, 2014). ذخایر توارثی نخود (ژرم‌پلاسم) از سرمایه‌های ارزشمند هستند و شناخت ماهیت ژنتیکی آنها در به‌نژادی نخود اهمیت دارد (Varshney *et al.*, 2017). بر حسب آمار سازمان خوار و بار جهانی در سال ۲۰۲۲ ایران نهمین تولیدکننده نخود در دنیا بوده است (FAOSTAT, 2024).

نخود به دو گروه دسی و کابلی تقسیم‌بندی شده است. بذر دسی اندازه کوچک‌تر، چروکیده‌تر و تیره‌تر داشته در حالی‌که گروه کابلی رنگ دانه روشن‌تر، سفیدتر، اندازه بذر بزرگ‌تر و سطح صاف دارد (Muehlbauer & Singh, 1987). معمولاً نخود توسط کشاورزان در مناطق نیمه‌خشک در مزارع با حاصل‌خیزی کمتر و در زمین‌هایی با ظرفیت نگهداری آب کمتر کشت می‌شود (Gediya *et al.*, 2019).

ارزیابی ژنوتیپ‌ها با دو چالش کلیدی مواجه است. اول اثر متقابل ژنوتیپ در محیط است و دومی اثرات متقابل بین صفات که در نشریات متعدد مورد اول، بسیار مورد بحث قرار گرفته است (Paux *et al.*, 2010; Yan & Frégeau-Reid, 2018). چالش دوم که استراتژی آن در سال‌های اخیر رواج یافته به ارزیابی ژنوتیپ بر اساس صفات متعدد می‌پردازد. یک رقم ایده‌آل باید دارای سطوح برتر برای تعدادی از صفات هدف (اهداف اصلاحی) باشد. مطالعه صفات مورفولوژیکی و فنولوژیکی با عملکرد و ارتباط آن‌ها در انتخاب ژنوتیپ‌های برتر در جمعیت بسیار ارزشمند است (Ningwal *et al.*, 2023). با توجه به اهمیت صفت زودرسی نخود و فرار از خشکی در شرایط طبیعی تنش با گل‌دهی و رسیدگی زودتر از موعد، برگر (Berger *et al.*, 2006) در بین جمعیت‌های نخود، مطالعات تنوع ژنتیکی برای صفت گلدهی را انجام داد. تنوع ژنتیکی در صفت ارتفاع بوته به‌خاطر ارتفاع بوته کم نخود و عدم استفاده از ماشین برداشت بسیار اهمیت دارد. حداد و همکاران (Haddad *et al.*, 1988) عنوان داشتند که بیشتر ارقام نخود نیمه‌رونده هستند و ارتفاع کمی دارند بنابراین برای برداشت ماشینی مناسب نمی‌باشند و با توجه به هزینه برداشت دستی، تقاضای بسیاری برای برداشت مستقیم با ماشین وجود دارد. در مطالعات همبستگی و وراثت‌پذیری جهت بررسی تنوع ژنتیکی و ارتباط صفات زراعی نخود، صفات طول دانه، ارتفاع بوته، عملکرد و تعداد شاخه فرعی وراثت‌پذیر و پیشرفت ژنتیکی بالایی را نشان داده‌اند (Vinod & Rajani, 2016).

اگر چه روش GGEBiplot[1] (اثر متقابل ژنوتیپ در محیط) در ابتدا برای تجزیه داده‌های آزمایش‌های چند محیطی برای یک صفت خاص پیشنهاد شد ولی به‌همان اندازه برای کلیه انواع داده‌های دو طرفه که بر ساختار اِنتری در تستر (ورودی داده‌ها در نرم‌افزار جی‌جی‌ای بای‌پلات)، مانند ژنوتیپ در صفت تکیه دارد، قابل کاربرد است. تنها تفاوت در این است که در داده‌های ژنوتیپ در صفت، صفات مختلف واحدهای متفاوت دارند و قبل از تجزیه باید واحدها از طریق استاندارد کردن حذف شوند (Yan & Kang, 2002). مالیکارجونا (Mallikarjuna *et al.*, 2017) روی تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی و روز تا رسیدگی در نخود مطالعه کاملی انجام داد که در نهایت QTLهای روز تا رسیدگی و روز تا ۵۰ درصد گلدهی معرفی شد. با توجه به مطالب ذکر شده هدف از انجام این پژوهش بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های نخود دسی در شرایط کشت پاییزه مناطق معتدل و انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب برای برنامه‌های اصلاحی آتی و تجزیه و تحلیل روابط بین صفات مورد مطالعه بود.

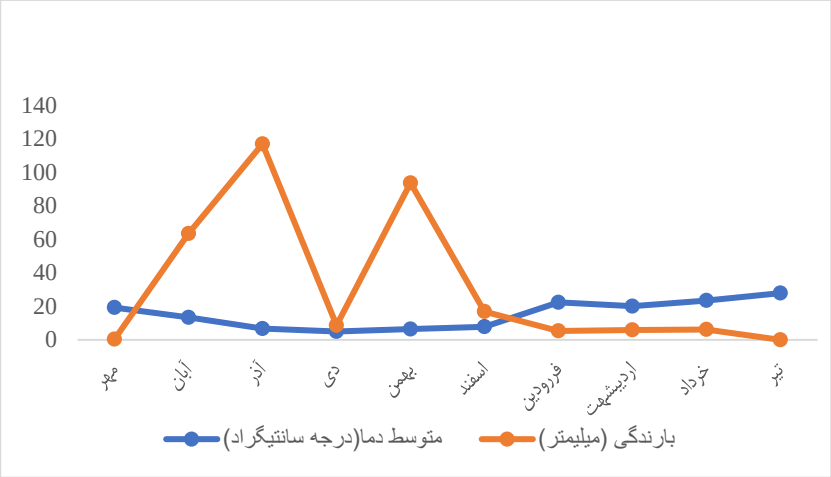
مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی (۱۴۰۰-۱۳۹۹) در مزرعه تحقیقاتی معاونت مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور (سرارود) با طول جغرافیایی (۴۷/۳۰۴۵۰۹) و عرض جغرافیایی (۳۴/۳۳۵۱۶۰) که مشخصات آب و هوایی آن در شکل ۱ قابل ملاحظه است، انجام شد. در این مطالعه، ۳۳۵ توده بومی نخود دسی ایران که از بانک ژن ایران دریافت شده و یک ژنوتیپ نخود دسی ایکاردا و ۷۸ ژنوتیپ نخود دسی ICRISAT[2] به‌همراه ۲ رقم نخود دسی به‌عنوان شاهد بنام‌های کاکا و پیروز که حدود ۴۵ سال پیش به‌ترتیب از توده‌های محلی اهر و خراسان گزینش شده‌اند و عملکرد آن‌ها در شرایط دیم حدود ۵۵۰ کیلوگرم در هکتار است. در شرایط کشت پاییزه به‌صورت دیم در قالب طرح آگمنت با ۹ بلوک اجرا شد. هر واحد آزمایشی مشتمل بر دو خط کشت به‌طول چهار متر با فاصله خطوط کشت ۳۰ سانتی‌متر و فاصله تقریبی بوته‌ها ۱۰-۸ سانتی‌متر بود. جهت مبارزه با آفات از آفت‌کش اوانت (دفع کرم پیله‌خوار نخود) و مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی صورت گرفت انجام گرفت. در طول فصل رشد هشت صفت روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی، تعداد شاخه اصلی، تعداد شاخه فرعی، تعداد نیام در بوته و ارتفاع بوته(سانتی‌متر)، وزن صد دانه (گرم)، و عملکرد دانه (گرم در هر پلات) یادداشت‌برداری شد (Singh *et al.*, 2012).

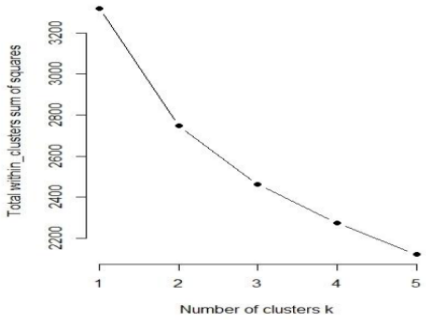
جهت تجزیه واریانس و برآورد وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی از نرم‌افزار R بسته (augmentedRCBD) و جهت تجزیه بای‌بلات ژنوتیپ در صفت از بسته (metan و GGEBiplotGUI) نرم‌افزار R استفاده شد (Yan & Kang, 2002). جهت گروه‌بندی داده‌ها از الگوریتم K-mean روش Single و فاصله اقلیدوسی با نرم‌افزار R استفاده شده است و برای محاسبه تعداد گروه‌های مناسب حاصل از تجزیه خوشه‌ای از بسته (NbClust) نرم‌افزار R که از ۲۳ روش مختلف برآورد تعداد گروه استفاده کرده (برای نمونه یک روش (سای‌هات) در شکل ۲ نمایش داده شده است) به‌کارگیری شد (Kassambara, 2017). در ادامه با استفاده از بسته (metan) نرم‌افزار R (Olivoto *et al.*, 2022) با شاخص انتخاب[3] (MGIDI) ژنوتیپ‌های برتر بر اساس چند صفت، رتبه‌بندی شدند.

1- Genetics, Genetics×Environment (GGE) biplot
2- International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics
3- Multi trait genotype- ideotype distance index

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-10-08]
[DOI: 10.61186/jcb.16.3.114]



شکل ۱- متوسط دما و بارندگی در طول اجرای آزمایش ۱۴۰۰-۱۳۹۹
Figure 1. Average temperature and rainfall during 2020-2021 cropping season



شکل ۲- محاسبه تعداد خوشه با روش سای‌هات
Figure 2. Calculating the number of clusters in the Silhouette method

جدول ۱- تجزیه واریانس ۴۱۴ ژنوتیپ نخود دسی مورد مطالعه به همراه دو رقم شاهد از نظر صفات مورد ارزیابی در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹
Table 1. Analysis of variance of studied 414 chickpea genotypes of along with two cultivars as a control in terms of evaluated traits in during 2020-2021 croping seasons.

میانگین مربعات(mean squer)									
SY	NBB	NBA	NPP	SW	PH	DM	DF		
507373.44**	1.25^{ns}	1.10^{ns}	504.5**	520.80**	20.38**	138.42**	117.42**	8	Block (ignoring Treatments)
68445.90ns	0.52ns	0.40ns	60.16ns	15.06**	9.47*	7.14**	8.66^{ns}	415	Treatment (eliminating Blocks)
47963.93^{ns}	0.01ns	1.99^{ns}	12.50ns	102.87**	5.56^{ns}	43.56**	32.00*	1	Treatment: Check
68495.37^{ns}	0.52^{ns}	0.40^{ns}	60.27^{ns}	14.84**	9.48*	7.05**	8.61^{ns}	414	Treatment: Test and Test vs. Check
81455.68	0.77	0.4	68.46	0.49	2.18	1.18	3.25	8	Residuals

**، * و ns: به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵ و عدم معنی‌داری
*, ** and ns: respectively, significant difference at the probability level of 0.01 and 0.05 and non-significance

روز تا گلدهی: DF، روز تا رسیدگی: DM، ارتفاع بوته: PH، وزن صد دانه: SW، تعداد نیام در بوته: NPP، تعداد شاخه اصلی: NBA، تعداد شاخه فرعی: NBB، عملکرد دانه: SY
DF: days to flowering; DM: days to maturity; PH: plant height; sw: seed weight; NPP: number of pod per plant; NBA: number of main branches; NBB: number of secondary branches; SY: seed yield

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و وراثت پذیری و پیشرفت ژنتیکی

با توجه به جدول ۱ تفاوت ژنوتیپ‌ها از نظر صفات تعداد روز تا رسیدگی و وزن صد دانه در سطح احتمال یک درصد و ارتفاع بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شده‌اند مطالعه‌ای که کانونی روی توده‌های بومی نخود دسی غرب کشور داشته است به (Kanooni, 2020) معنی‌دار بودن وزن صد دانه، روز تا رسیدگی، روز تا گلدهی رسیده است.

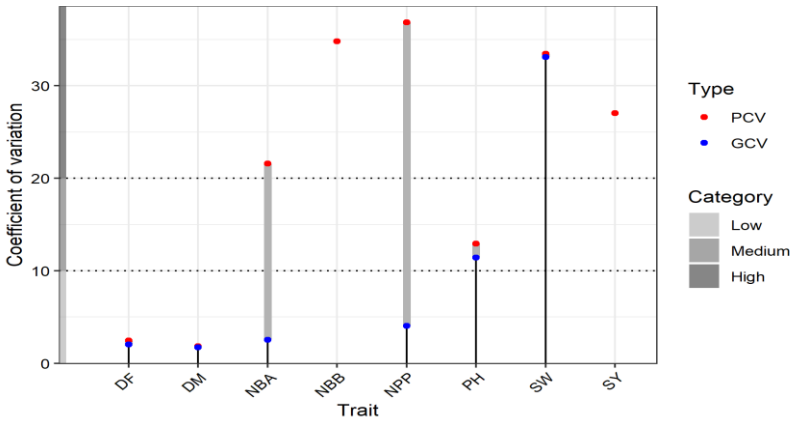
با توجه به جدول ۲ بیشترین دامنه تغییرات برای برای صفت عملکرد دانه است و همچنین کمترین دامنه تغییرات مربوط به صفت روز تا رسیدگی می‌باشد که دامنه آن ۱۳/۵ روز می‌باشد. که در این تعداد روز کلیه ژنوتیپ‌ها به مرحله برداشت رسیده‌اند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-10-08]
[DOI: 10.61186/jcb.16.3.114]

جدول ۲- آماره‌های توصیفی تنوع عملکرد و صفات وابسته به آن برای ژنوتیپ‌های نخود در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹
Table 2. Descriptive statistics of variability for yield and its contributing traits for chickpea genotypes in during 2020-2021

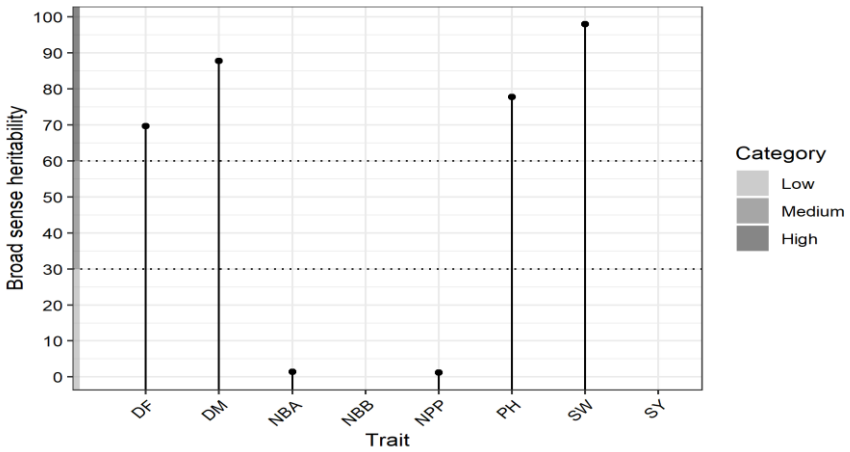
بیشترین Max	کمترین Min	انحراف معیار Std.Deviation	خطای استاندارد میانگین Std.Error	میانگین Mean	تعداد Count	صفت Trait
142.5	125	3.2	0.16	133.81	416	روز تا گلدهی DF
174.72	161.22	2.99	0.15	169.02	416	روز تا رسیدگی DM
42.89	13.89	3.33	0.16	24.18	416	ارتفاع بوته PH
34.91	7.99	5.04	0.25	14.92	416	وزن صد دانه SW
80.37	1.87	8.15	0.4	22.58	416	تعداد نیام در بوته NPP
7.27	0.44	0.79	0.04	2.96	416	تعداد شاخه اصلی NBA
5.6	0.28	0.79	0.04	2.11	416	تعداد شاخه فرعی NBB
1870.6	120.6	298.9	14.65	1032.91	416	عملکرد دانه SY

در مطالعه داشتاکی و همکاران (Dashtaki et al., 2012) که روی ۵۶۸ توده نخود و ۳۹۰ توده نخود دسی انجام دادند عملکرد، بیشترین مقدار ضریب تغییرات و روز تا رسیدگی کمترین مقدار ضریب تغییرات را داشت. شکل ۳ ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی صفات و تنوع آنها را نشان می‌دهد. ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی صفت وزن صد دانه مقادیر بالایی را دارد و صفت ارتفاع بوته از ضریب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی متوسط برخوردار است. صفات وزن صد دانه و تعداد شاخه اصلی از ضریب تغییرات فنوتیپی بالایی برخواردار است.



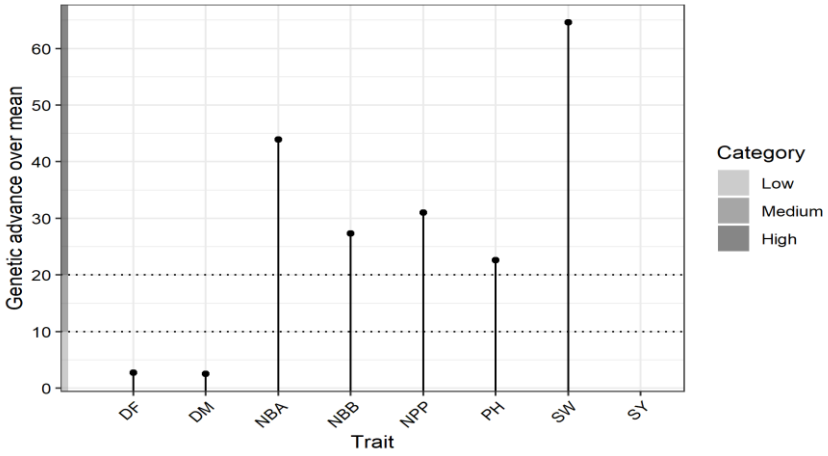
شکل ۳- ضریب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی صفات مورد ارزیابی در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹
Figure 3.The coefficient of genetic and phenotypic diversity of traits evaluated in in during 2020-2021

با توجه به شکل ۴ و ۵ در بین هشت صفت مورد مطالعه صفات وزن صد دانه و ارتفاع بوته مقادیر بالای وراثت‌پذیری و میانگین درصد پیشرفت ژنتیکی را دارند. مطابق با مطالعات انجام شده این بدین معنی است که صفات وزن صد دانه و ارتفاع بوته با عمل افزایشی ژن کنترل می‌شوند. و پاسخ به انتخاب را برای این صفت بالا می‌برد (Dashtaki *et al.*, 2012; Ningwal *et al.*, 2023)



شکل۴- وراثت‌پذیری عمومی صفات مورد ارزیابی در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹
Figure 4.The broad sense heritability of traits evaluated in during 2020-2021

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-10-08]
[DOI: 10.61186/jcb.16.3.114]

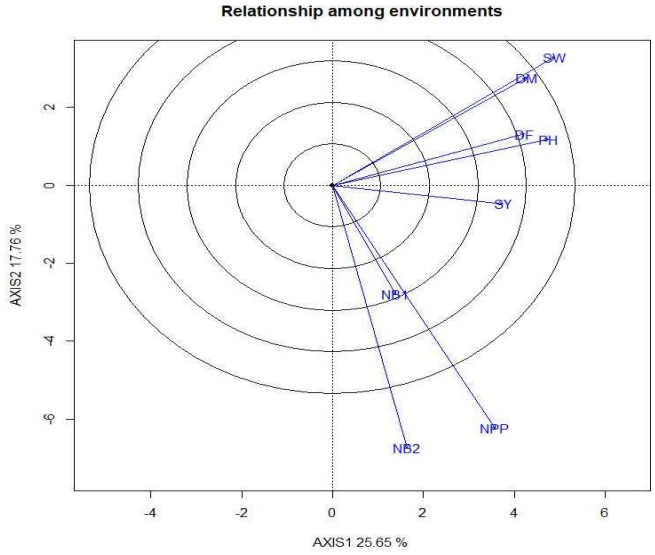


شکل ۵- درصد پیشرفت ژنتیکی بر حسب میانگین صفات مورد ارزیابی در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹
Figure 5.The Genetic advance over mean of traits evaluated in during 2020-2021

همانطور که در شکل ۴ مشخص می‌باشد صفات وزن صد دانه و ارتفاع بوته و روز تا رسیدگی و روز تا گلدهی در موقعیت بالای وراثت‌پذیری عمومی قرار دارند و در نتیجه کمتر از محیط متأثر می‌شوند و در گزینش نسبت به صفات دیگر از کارایی انتخاب بر اساس روئیت گیاه (فنوتیپی) بالایی برخوردارند. این نتایج شباهت زیادی با یافته‌های سولانکی و همکاران (Solanki *et al.*, 2019). در مطالعه سوندارام و همکاران (Sundaram *et al.*, 2018) صفت وزن صد دانه دارای بیشترین مقدار وراثت‌پذیری عمومی بوده است. طبق یافته‌های پنس (Panse, 1957) وراثت‌پذیری بالا همراه با پیشرفت ژنتیکی کم دلالت بر اثرات غیر افزایشی دارد بر همین اساس با توجه به شکل‌های ۴ و ۵ می‌توان گفت صفت روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی که وراثت‌پذیری عمومی بالا همراه پیشرفت ژنتیکی پایین می‌باشد، با اثرات غیرافزایشی ژن کنترل شده و استراتژی اصلاحی خاص خود را در اصلاح‌نبات می‌طلبد.

بای‌پلات ژنوتیپ در صفت

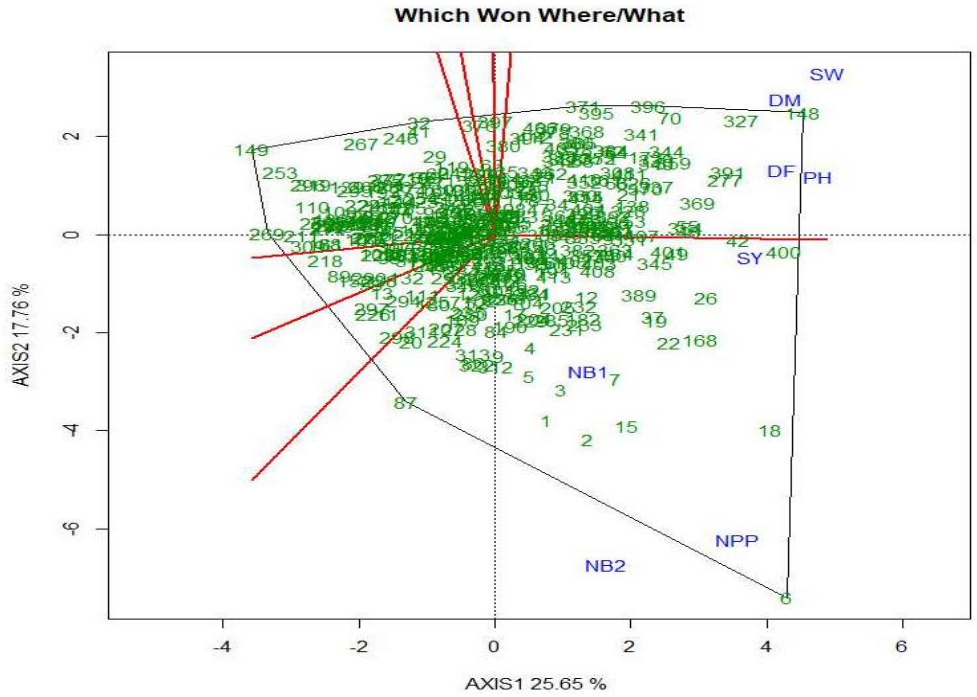
با توجه به شکل۶ که روابط صفات مورد مطالعه ۴۱۶ ژنوتیپ نخود دسی را به نمایش گذاشته است، مؤلفه اول ۲۵/۶۵ و مؤلفه دوم ۱۷/۶۷ درصد تغییرات را توجیح می‌کند. این نوع بای‌پلات، به درک روابط متقابل بین متغیرهای مورد مطالعه کمک می‌کند. یک تفسیر جالب توجه آن است که کسینوس زاویه بین بردارهای دو متغیر، برآوردی از ضریب همبستگی بین آن‌ها فراهم می‌کند (Yan & Kang, 2002). بر اساس زوایای بین صفات اندازه‌گیری شده، بیشترین همبستگی (زاویه تند) بین صفات روز تا گلدهی و ارتفاع بوته است که کمترین درجه کسینوس زاویه را دارد که با نتایج همبستگی پیرسون مشابه می‌باشد همچنین صفت روز تا گلدهی و وزن صد دانه بیشترین همبستگی زاویه‌ای را دارند.



شکل ۶- نمایش بای‌پلات، روابط بین صفات مورفولوژیکی زراعی ۴۱۶ ژنوتیپ نخود دسی در سال‌های ۱۳۹۹-۱۴۰۰
Figure 6. biplot showing relationships between various morpho-agronomic traits with 416 genotype desi chickpea during 2020-2021

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-10-08]
[DOI: 10.61186/jcb.16.3.114]

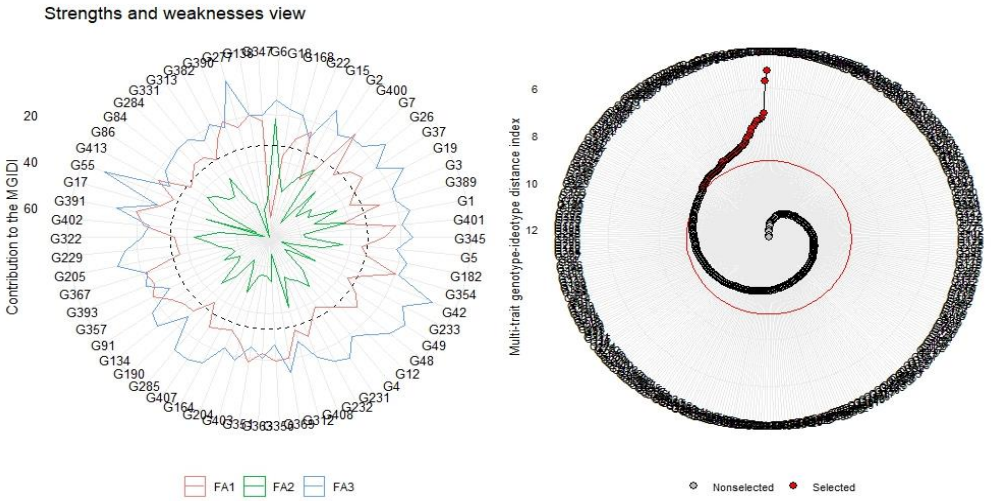
با توجه به اطلاعات به‌دست آمده از شکل ۷ بای‌پلات ژنوتیپ در صفت ژنوتیپ‌های ۱۴۸، ۳۲۷، ۳۹۱، ۲۷۷ شرایط بهتری را از نظر وزن صد دانه و روز تا رسیدگی و ارتفاع بوته و روز تا گلدهی داشته‌اند. ژنوتیپ‌های ۶، ۴۰۰، ۱۸، ۴۲، ۲۶، ۱۶۸، ۱۵، ۲ شرایط بهتر را از نظر صفات تعداد نیام در بوته و عملکرد دانه و تعداد شاخه اصلی و تعداد شاخه فرعی در بوته داشته‌اند. در تفسیر شکل ۷ می‌توان گفت ژنوتیپ‌ها با افزایش روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی اولاً ارتفاع آن‌ها افزایش یافته و ثانیاً ژنوتیپ‌ها با داشتن فرصت پر شدن دانه بیشتر، دانه‌های درشت تولید کرده‌اند و وزن صد دانه این ژنوتیپ‌ها بهبود پیدا کرده است با توجه به مطالعات پیشین که قبلاً عنوان شد، تأثیرات وزن صد دانه بر عملکرد اثبات شده است و تأثیر روز تا گلدهی و رسیدگی بر ارتفاع بوته معنی‌دار بوده‌است که ارتفاع، صفت بسیار با ارزشی در برداشت مکانیکی نخود می‌باشد. با توجه به نتایج نمودار بای‌پلات می‌توان گفت در ژنوتیپ‌ها با افزایش تعداد شاخه اصلی و تعداد شاخه فرعی تعداد نیام در بوته افزایش یافته که در نهایت باعث ایجاد عملکرد بیشتر در ژنوتیپ‌های موردنظر شده است. با توجه به اهمیت صفت عملکرد، ژنوتیپ‌هایی که از تعداد نیام بیشتر برخوردار بوده‌اند عملکرد بیشتری هم داشته‌اند و نیز ژنوتیپ‌هایی که وزن صد دانه بیشتری داشته‌اند دارای ارتفاع بوته بیشتری می‌باشند. با توجه به اهمیت ارتفاع بوته در برداشت مکانیکی و افزایش وزن صد دانه و همبستگی آن با تعداد نیام در بوته و عملکرد دانه با عنایت به وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی بالایی که این صفات از خود نشان داده‌اند. با این صفات می‌توانیم با روش اصلاحی گزینش در جهت افزایش عملکرد دست یابیم. نتایج این تفسیر بسیار مشابه با نتایج گولوان و همکاران (Gulwane *et al.*, 2022) است که تأکید بر این داشتند که صفات وزن صد دانه نخود و تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در نیام و تعداد شاخه فرعی در گیاه می‌تواند در اصلاح عملکرد دانه در نخود بسیار مؤثر باشد. در نتایج مطالعه بانیک و همکاران (Banik *et al.*, 2018) نیز تأثیر مستقیم تعداد نیام در بوته و وزن صددانه و ارتفاع گیاه و روز تا رسیدگی برعملکرد دانه اثبات شده است. یوسفی و همکاران (Yousefi *et al.*, 2023) در مطالعه‌ای که بروی ژنوتیپ‌های نخود زراعی داشته‌اند به این نتیجه رسیده‌اند که وزن صد دانه تأثیر مستقیمی بر روی عملکرد نخود دارد.



شکل ۷- نمایش چندوجهی بای‌پلات ژنوتیپ با صفات زراعی نخود دسی در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹
Figure 7. Polygon view of the Desi chickpea genotype-by-trait biplot during 2020-2021

انتخاب ژنوتیپ‌های برتر بر اساس شاخص MGIDI پنجره جدیدی را برای استفاده فراتر در به‌نژادی باز می‌کند و یک چارچوب مبتنی بر چند ویژگی منحصر به‌فرد، عملی، قوی و آسان برای تجزیه و تحلیل داده‌های چند متغیره ارائه می‌کند. عمدتاً به‌دلیل کاهش چشمگیر تعداد جدول و شکل‌های مورد نیاز و همچنین به‌عنوان ابزاری قدرتمند، برای هدایت محققان به‌سمت توصیه‌های اصلاحی بهتر عمل می‌کند (Olivoto *et al.*, 2022). با توجه به شکل ۸، تعداد ۶۲ ژنوتیپ برتر با شاخص MGIDI رتبه‌بندی شده‌اند به‌جز سه ژنوتیپ ۴۰۱، ۳۸۹ و ۴۰۰ که متعلق به ایکریست هستند بقیه توده بومی ایران می‌باشند. در مجموع ژنوتیپ رتبه اول، ژنوتیپ ۶ می‌باشد که توده بومی ایران است. هیچ‌کدام از شاهدها یعنی ارقام کاکا و یا پیروز در رتبه‌بندی قرار ندارد و این نشان‌دهنده اختلاف زیاد صفات مورد مطالعه در توده‌های بومی و ژنوتیپ‌های ایکریست نسبت به شاهدهای مورد مطالعه می‌باشد.

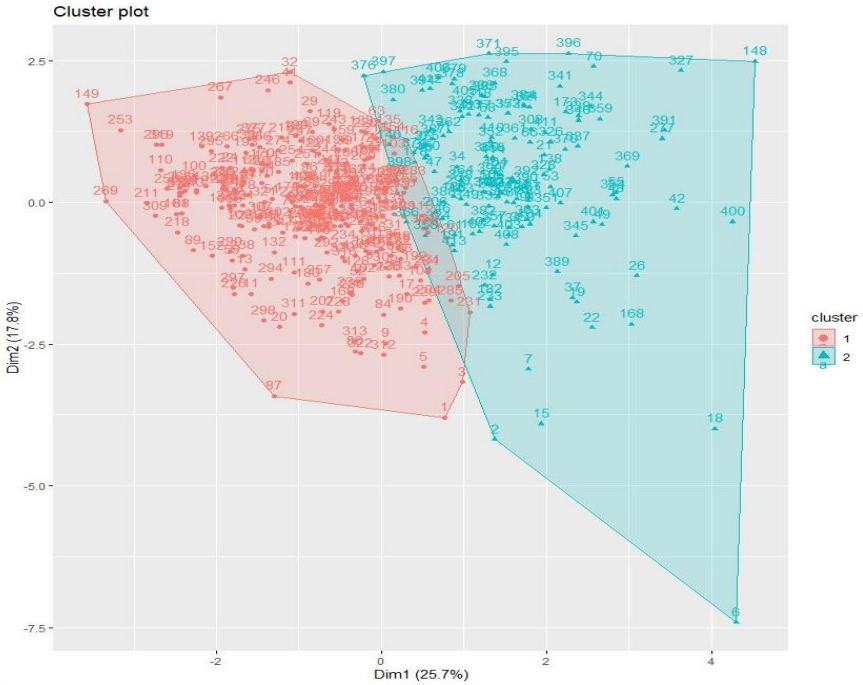
[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-10-08]
[DOI: 10.61186/jcb.16.3.114]



G6 G18 G168 G22 G15 G2 G400 G7 G26 G37 G19 G3 G389 G1 G401 G345 G5 G182 G354 G42 G233 G49 G48 G12 G4 G231 G232 G408 G312 G369 G350 G363 G351 G403 G204 G164 G407 G285 G190 G134 G91 G357 G393 G367 G205 G229 G322 G402 G391 G17 G55 G413 G86 G84 G284 G331 G313 G382 G390 G277 G138 G347

تجزیه کلاستر

با توجه به شکل ۹ در گروه اول به تعداد ۲۷۷ و در گروه دوم به‌تعداد ۱۳۹ ژنوتیپ قرار گرفتند. با توجه به اطلاعات مرکز گروه‌ها، گروه اول دارای ژنوتیپ‌های برتر از نظر صفات مورفولوژیکی-زراعی نسبت به گروه دوم هستند. ژنوتیپ‌های گروه دوم از نظر صفات تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی با توجه به اهمیتی که در اصلاح نخود داشته است و برخورد نکردن با شرایط خشک و گرم آخر فصل، مقادیر کمتر را دارند و بسیار با اهمیت می‌باشند. گروه دوم از نظر فاصله تا مرکز گروه و مجموع مربعات نسبت به گروه یک مقادیر بیشتری دارد که می‌توان با اطلاعات به‌دست آمده برای انتخاب والدین در برنامه‌های آینده روش‌های اصلاحی هیبریداسیون، افزایش بیشتر تفکیک متجاوز برای صفت عملکرد و صفات وابسته به آن داشته باشیم. در گروه دوم ژنوتیپ شماره ۶، ۱۸، ۱۴۸، ۳۲۷، ۹۱ فواصل بیشتری (با توجه به مرکز گروه) نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها دارند.



شکل ۹- خوشه‌بندی K میانگین و مقادیر صفات کمی اندازه‌گیری شده ۴۱۶ ژنوتیپ نخود دسی در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹، توزیع ژنوتیپ‌ها در بین این دو گروه

Figure 9. Cluster means of traits in two clusters as per K-means clustering and distribution of genotypes among two clusters during 2020-2021

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-10-08]
[DOI: 10.61186/jcb.16.3.114]

جهت مشخص شدن مقدار اپتیمم تعداد کلاستر از بسته NbClust که از ۲۳ روش (KL, Hartigan, Scott, Silhouette, Beale, Ratkowsky, McClain, Scott, …) جهت برآورد تعداد کلاستر برای آزمایش ۱۴۰۰-۱۳۹۹ استفاده شده است و در نهایت تعداد کلاستر، ۲ در نظر گرفته شد.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس، وراثت‌پذیری و میانگین پیشرفت ژنتیکی صفات مورد ارزیابی، تنوع ژنتیکی بالایی در میان ژنوتیپ‌ها مشاهده شده است. با اطلاعات به‌دست آمده از نمودار بای‌پلات به این نتیجه رسیدیم که صفت وزن صد دانه دارای کمترین زاویه با صفت روز تا رسیدگی، تعداد شاخه اصلی کمترین زاویه با تعداد نیام در بوته طی آزمایش و ارتفاع بوته کمترین کسینوس زاویه با ارتفاع بوته و دارای همبستگی بالا داشته است. در این آزمایش روز تا رسیدگی تأثیر زیادی بر وزن صد دانه داشت، همچنین تعداد شاخه اصلی هم تأثیر زیادی در افزایش تعداد نیام در بوته داشته است. در نتیجه بررسی بر روی ژنوتیپ‌ها با تعداد شاخه اصلی بیشتر و تعداد نیام بیشتر در به‌نژادی نخود دسی بسیار مؤثر است. از طرفی وزن صد دانه همبستگی بالایی با ارتفاع بوته در نخود دسی داشت که باتوجه به اینکه ارتفاع بوته در برداشت مکانیکی نخود دارای اهمیت می‌باشد در نتیجه به‌نژادی برای وزن صد دانه در ارتفاع و برداشت مکانیکی مؤثر است. در آزمایش این صفات با وراثت‌پذیری بالا و همچنین میانگین پیشرفت ژنتیکی بالایی نمایان شده‌اند که نشان از اثر افزایشی ژنی این دو صفت است و در به‌نژادی نخود دسی به‌روش گزینش بسیار با اهمیت می‌باشد و انتخاب هم‌زمان وزن صد دانه و ارتفاع بوته (جهت برداشت مکانیکی) در انتخاب و گزینش ژنوتیپ‌های برتر نخود دسی پیشنهاد می‌شود. در بای‌پلات ژنوتیپ در صفت ژنوتیپ‌های ۱۴۸، ۳۲۷، ۳۹۱، ۲۷۷ شرایط بهتری را از نظر وزن صد دانه و روز تا رسیدگی و ارتفاع بوته و روز تا گلدهی داشته‌اند. ژنوتیپ‌های ۶، ۴۰۰، ۱۸، ۴۲، ۲۶، ۱۶۸، ۱۵ ،۲ شرایط بهتر را از نظر صفات تعداد نیام در بوته و عملکرد دانه و تعداد شاخه اصلی و تعداد شاخه فرعی در بوته داشته‌اند. با استفاده از شاخص MGIDI ژنوتیپ‌های برتر بر اساس کلیه صفات مورد مطالعه در آزمایش به‌تعداد ۶۲ ژنوتیپ رتبه‌بندی و انتخاب شده‌اند که پیشنهاد می‌شود از این ژنوتیپ‌ها به‌عنوان والدین در تلاقی‌ها و استفاده از پتانسیل ژنتیکی آن‌ها در تولید ارقام نخود دسی (کشت در مناطق معتدل) استفاده شود. با گروه‌بندی که با الگوریتم خوشه‌بندی K-میانگین انجام گرفت روابط بین ژنوتیپ‌ها از نظر فواصل مشخص شده و بهتر می‌توانیم در مورد انتخاب والدین و بهره‌گیری از هیبریداسیون و تفکیک متجاوز تصمیم‌گیری کنیم.

References

Banik, M., Deore, G., Mandal, A. K., & Mhase, L. (2018). Genetic variability and heritability studies in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Current Journal of Applied Science and Technology*, 31(1), 1-6.

Berger, J., Ali, M., Basu, P., Chaudhary, B., Chaturvedi, S., Deshmukh, P., Dharmaraj, P., Dwivedi, S., Gangadhar, G., & Gaur, P. (2006). Genotype by environment studies demonstrate the critical role of phenology in adaptation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to high and low yielding environments of India. *Field Crops Research*, 98(2-3), 230-244.

Chaturvedi, S. K., Mishra, N., & Gaur, P. M. (2014). An overview of chickpea breeding programs in India. *Legume Perspectives*(3), 50-52.

Dashtaki, M., Bihamta, M., & Puryamchy, H. (2012). Genetic diversity and relationships between morphological assessment germplasm Kabuli and Desi chickpea. *Iran Bean Journal of Preceding Studies*, 3(1), 16-17.

FAOSTAT. (2024). Database. 2022. In: Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, Italy.

Gediya, L. N., Patel, D. A., Kumar, S., Kumar, D., Parmar, D. J., & Patel, S. S. (2019). Phenotypic variability, path analysis and molecular diversity analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Vegetos*, 32, 167-180.

Gulwane, V., Deore, G., & Thakare, D. (2022). Correlation and path analysis studies in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *The Pharma Innovation Journal*, 11(12), 1251-1255.

Haddad, N., Salkini, A., Jagatheeswaran, P., & Snobar, B. (1988). Methods of harvesting pulse crops. *World crops:* Cool season food legumes: *A global perspective of the problems and prospects for crop improvement in pea, lentil, faba bean and chickpea*, 341-350.

Kanooni, H. (2020). An overwiew of chickpea breeding in Iran. In: Dryland Agricultural Research Institute.

Kassambara, A. (2017). *Practical guide to cluster analysis in R: Unsupervised machine learning* (Vol. 1). Sthda.

Mallikarjuna, B. P., Samineni, S., Thudi, M., Sajja, S. B., Khan, A. W., Patil, A., Viswanatha, K. P., Varshney, R. K., & Gaur, P. M. (2017). Molecular mapping of flowering time major genes and QTLs in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Frontiers in Plant Science*, 8, 1140.

Muehlbauer, F., & Singh, K. (1987). Genetics of Chickpea, 99-125. *The Chickpea (Eds.: MC Saxena & KB Singh). CAB International, Wallingford, Oxon, UK.*

Ningwal, R., Tripathi, M. K., Tiwari, S., Yadav, R., Tripathi, N., Solanki, R., Asati, R., & Yasin, M. (2023). Assessment of genetic variability, correlation and path coefficient analysis for yield and its attributing traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Pharma Innov J*, *12*, 4851-4859.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-08]

[DOI: 10.61186/jcb.16.3.114]

Olivoto, T., Diel, M. I., Schmidt, D., & Lúcio, A. D. (2022). MGIDI: a powerful tool to analyze plant multivariate data. *Plant Methods*, *18*(1), 121.

Panse, V. G. (1957). Genetics of quantitative characters in relation to plant breeding.

Paux, E., Faure, S., Choulet, F., Roger, D., Gauthier, V., Martinant, J. P., Sourdille, P., Balfourier, F., Le Paslier, M. C., & Chauveau, A. (2010). Insertion site‐based polymorphism markers open new perspectives for genome saturation and marker‐assisted selection in wheat. *Plant Biotechnology Journal*, *8*(2), 196-210.

Singh, R. P., Singh, I., Singh, S., & Sandhu, J. (2012). Assessment of genetic diversity among interspecific derivatives in chickpea. *Journal of Food Legumes*, *25*(2), 150-152.

Solanki, R., Biswal, M., Kumawat, S., & Babbar, A. (2019). Characterization of indigenous and exotic chickpea lines for qualitative traits. *International Journal of Chemical Studies*, *7*(4), 1018-1023.

Sundaram, P., Samineni, S., Sajja, S. B., Singh, S., Sharma, R., & Gaur, P. M. (2018). Genetic studies for seed size and grain yield traits in kabuli chickpea. *Euphytica*, *214*, 1-11.

Varshney, R. K., Thudi, M., & Muehlbauer, F. J. (2017). *The Chickpea Genome: An Introduction*. Springer.

Vinod, K., & Rajani, B. (2016). Genetic study for yield and yield attributing traits in Niger germplasm. *International Journal of Agriculture Sciences*, *ISSN*, 0975-3710.

Yan, W., & Frégeau-Reid, J. (2018). Genotype by yield* trait (GYT) biplot: a novel approach for genotype selection based on multiple traits. *Scientific reports*, *8*(1), 8242.

Yan, W., & Kang, M. S. (2002). *GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists.* CRC press.

Yousefi, V., Ahmadi, J., Sadeghzadeh-Ahari, D., & Esfandiari, E. (2023). Principal component and path analysis of agro-morphological traits of Kabuli chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under dryland spring-planting and autumn-planting. *Iranian Journal Pulses Research*, *14*(1), 48-62.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-08]

[DOI: 10.61186/jcb.16.3.114]