Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Journal of Crop Breeding Vol. 15, No 48, Winter 2024 p: 50-61

"Research Paper"

Genetic Diversity and Inter-Relationships of Morpho-Agronomic Traits in Kabuli Chickpea Genotypes under Autumn Sowing Condition

Mahdi Geravandi[1], Farshid Mahmodi[1], Reza Haghparast[2] and Hamid Hossenian Khoshroo[3]

1- Assistant Professor, Sararood Branch, Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kermanshah, Iran, (Corresponding Author: mgeravandi@gmail.com)
2- Associate Professor, Sararood Branch, Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kermanshah, Iran
3- Assistant Professor, Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran
Received: 1 July, 2023 Accepted: 26 August, 2023

Extended Abstract

Introduction and Objectives: Chickpea is one of the most important grain legumes ,which plays significant roles in food security of developing countries and became more important with climate change in recent years. Germplasm characterization for desired traits will help to create efficient breeding populations that are important to achieve particular objectives. Therefore, this research was carried out to (i) investigate the genetic diversity of breeding lines and varieties of Kabuli chickpea under autumn sowing condition, (2) investigate the relationships between morpho-agronomic traits and (3) identify superior genotypes based on multi-traits.

Material and methods: In this research, genetic diversity of 150 chickpea genotypes including 12 Iranian varieties, 4 foreign varieties and 132 breeding lines were investigated for important agronomic traits including phenological traits, plant height and seed yield and its components in the experimental farm of Dryland Agricultural Research Institute (Kermanshah) during two consecutive crop seasons (2019-2020 and 2020-2021). Trials conducted using an Alpha Lattice design with two replications under autumn sowing conditions.

Results: According to the results of combined analysis of variance, there were significant difference between the studied genotypes for all the traits except the seed filling period and seed weight. Results of genotype × trait biplot and genetic correlation analyses showed that number of pod per plant had a positive and significant correlation with seed yield in both cropping seasons. Based on the results of the cluster analysis, the investigated varieties and breeding lines were classified into three and two groups in first and second cropping seasons, respectively. Simultaneous selection of superior genotypes was done for high yield, high seed weight, higher plant height, higher number of pod per plant, early flowering, early maturity and short seed filling period using MGIDI. Genotypes 25, 143, 74, 66, 35 (Azad), 97, 133, 19, 4, 52, 15, 80, 36 (Adel), 40 (Saeed), 108, 22, 86, 106, 141, 99, 98 and 21 were recognized as superior genotypes in the first cropping season, while, genotypes 35 (Azad), 13, 34 (Nosrat), 70, 136, 46, 99, 20, 120, 36 (Adel), 30, 73, 51, 116, 59, 23, 19, 55, 41 (Samin) and 11 were recognized as superior genotypes in the second cropping season. Azad, Adel and genotypes 99 and 19 were identified as superior genotypes in both cropping seasons.

Conclusion: There was significant genetic diversity for traits related to seed yield in the studied germplasm, which allows the selection of superior genotypes. According to the results of this research, the number of pods per plant had an important role in the formation of seed yield in the autumn sowing condition. The superior genotypes identified in this research could be considered as parents of breeding populations in Kabuli chickpea breeding programs for autumn sowing condition of moderate regions.

Keywords: Cluster analysis, Germplasm, GT-Biplot, MGIDI, Rainfed

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.61186/jcb.15.48.50]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

"مقاله پژوهشی"

بررسی تنوع ژنتیکی و روابط بین صفات مورفولوژیکی-زراعی در ژنوتیپ‌های نخود کابلی در شرایط کشت پاییزه

مهدی گراوندی[۱]، فرشید محمودی[۲]، رضا حق‌پرست[۳] و حمید حسنیان خوشرو[۴]

۱- استادیار پژوهش، معاونت سرارود، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران، (نویسنده مسوول: mgeravandi@gmail.com)

۲- استادیار پژوهش، معاونت سرارود، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

۳- دانشیار پژوهش، معاونت سرارود، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

۴- استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۴/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۴

صفحه: ۵۰ تا ۶۱

چکیده مبسوط

مقدمه: نخود یکی از مهم‌ترین لگوم‌های دانه‌ای است که محصول آن به‌عنوان یک منبع ارزان پروتئین نقش مهمی در تأمین امنیت غذایی کشورهای در حال توسعه ایفا می‌کند و در سال‌های اخیر به‌علت وقوع پدیده تغییرات آب و هوایی اهمیت فزاینده‌ای پیدا کرده است. تعیین خصوصیات ژرم‌پلاسم از نظر صفات مورد نظر، ایجاد جمعیت‌های اصلاحی را که برای دستیابی به اهداف خاص طراحی می‌شوند، تسهیل می‌کند. این پژوهش به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های پیشرفته و ارقام نخود کابلی در شرایط کشت پاییزه، تحلیل روابط بین صفات مورفولوژیکی-زراعی و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، تنوع ژنتیکی ۱۵۰ ژنوتیپ نخود کابلی شامل ۱۲ رقم داخلی، ۴ رقم خارجی و ۱۳۲ لاین پیشرفته در دو سال زراعی متوالی (۱۳۹۹-۱۳۹۸ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹) در مزرعه آزمایشی معاونت مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور (کرمانشاه) در قالب طرح آلفا لاتیس با دو تکرار از لحاظ صفات مهم زراعی شامل صفات فنولوژیک، ارتفاع بوته و عملکرد دانه و اجزا آن در شرایط کشت پاییزه مورد بررسی قرار گرفتند.

یافته‌ها: طبق نتایج تجزیه واریانس مرکب، اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ تمامی صفات مورد مطالعه به‌جز دوره پر شدن دانه و وزن صد دانه وجود داشت. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه بای‌پلات ژنوتیپ × صفت و تحلیل همبستگی ژنتیکی بین صفات، صفت تعداد نیام در بوته در هر دو سال اجرای آزمایش همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشت. طبق نتایج حاصل از تجزیه کلاستر، ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی در سال‌های اول و دوم اجرای آزمایش به ترتیب در سه و دو گروه مجزا دسته‌بندی شدند. به‌منظور انتخاب ژنوتیپ‌های برتر با استفاده از شاخص MGIDI گزینش همزمان بر اساس عملکرد دانه بالا، وزن صد دانه زیاد، ارتفاع بلند، تعداد نیام در بوته بیشتر، گلدهی زودهنگام، زودرسی و طول دوره پرشدن دانه کوتاه انجام شد. در سال اول اجرای آزمایش ژنوتیپ‌های ۲۵، ۱۴۳، ۷۴، ۶۶، ۳۵ (آزاد)، ۹۷، ۱۳۳، ۱۹، ۴، ۵۲، ۱۵، ۸۰، ۳۶ (عادل)، ۴۰ (سعید)، ۱۰۸، ۲۲، ۸۶، ۱۰۶، ۱۴۱، ۹۹، ۹۸ و ۲۱ به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناخته شدند. در سال دوم اجرای آزمایش ژنوتیپ‌های ۳۵ (آزاد)، ۱۳، ۳۴ (نصرت)، ۷۰، ۱۳۶، ۴۶، ۹۹، ۲۰، ۱۲۰، ۳۶ (عادل)، ۳۰، ۷۳، ۵۱، ۱۱۶، ۵۹، ۲۳، ۱۹، ۵۵، ۴۱ (ثمین) و ۱۱ به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناخته شدند. ارقام آزاد و عادل و لاین‌های ۹۹ و ۱۹ در هر دو سال متوالی به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناسایی شدند.

نتیجه‌گیری: تنوع ژنتیکی قابل توجهی از لحاظ صفات مرتبط با عملکرد دانه در ژرم‌پلاسم مورد مطالعه وجود داشت که امکان انتخاب ژنوتیپ‌های برتر را فراهم می‌کند. طبق نتایج این پژوهش صفت تعداد نیام در بوته نقش مهمی در شکل‌گیری عملکرد دانه در شرایط کشت پاییزه داشت. ژنوتیپ‌های برتر شناسایی‌شده در این پژوهش را می‌توان به‌عنوان والدین تلاقی‌ها در برنامه‌های به‌نژادی نخود کابلی برای شرایط کشت پاییزه مناطق معتدل مورد بهره‌برداری قرار داد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه خوشه‌ای، دیم، ژرم‌پلاسم، GT-Biplot، MGIDI

مقدمه

نخود (*Cicer arietinum* L.) یکی از مهم‌ترین لگوم‌های دانه‌ای است که لحاظ سطح زیر کشت و میزان تولید مقام دوم را در بین حبوبات دارد (FAOSTAT, 2022). محصول این گیاه در مقایسه با پروتئین حیوانی یکی از منابع ارزان پروتئین محسوب می‌گردد و نقش مهمی در تأمین امنیت غذایی کشورهای در حال توسعه ایفا می‌کند (Varshney et al., 2013). ارزش غذایی نخود از نظر تغذیه و سلامت بدن توسط متخصصان تغذیه در حوزه سلامت و غذا در بسیاری از کشورهای جهان مورد تأکید قرار گرفته است (Merga & Haji, 2019).

سطح زیر کشت جهانی نخود در سال ۲۰۲۱ حدود ۱۵ میلیون هکتار و میزان تولید آن ۱۵/۸ میلیون تن بوده است. در همان سال سطح زیر کشت این محصول در کشورمان حدود ۴۴۰ هزار هکتار و میزان تولید آن ۱۶۸ هزار تن بود. متوسط عملکرد جهانی این گیاه در سال ۲۰۲۱ حدود ۱۰۵۷ کیلوگرم در هکتار بوده است در حالیکه متوسط عملکرد آن در کشورمان کمی بیشتر از یک‌سوم این مقدار گزارش شده است (FAOSTAT, 2022). با توجه به آمار ارائه‌شده میانگین عملکرد نخود در کشورمان پایین است؛ بنابراین انجام تحقیقات در زمینه بهبود عملکرد ضرورت دارد. یکی از راهکارهای مؤثر در ارتقا کمی عملکرد نخود انتقال تاریخ کشت از بهار به پاییز است. انتقال تاریخ کشت به پائیز موجب افزایش طول دوره رشد و متعاقب آن بهره‌وری مناسب از بارندگی‌های اواخر زمستان و اوایل بهار می‌گردد. در کشت پاییزه معمولاً دوره گلدهی و نیام‌بندی با رطوبت مناسب خاک همزمان می‌شود (Kanooni, 2020).

یکی از عوامل محدودکننده در برنامه به‌نژادی نخود، پایه ژنتیکی محدود آن است که تولید ارقام جدید متحمل به تنش‌های غیر زیستی را برای به‌نژادگران دشوار می‌کند (Jha, 2018)؛ بنابراین، برای افزایش اثربخشی برنامه‌های به‌نژادی، گسترش پایه ژنتیکی نخود ضروری است (Raina et al., 2019). همچنین تعیین خصوصیات ژرم‌پلاسم موجود از نظر صفات مورد نظر، ایجاد جمعیت‌های اصلاحی که برای دستیابی

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.61186/jcb.15.48.50]

به اهداف خاص طراحی می‌شوند را تسهیل می‌کند (Berdahl et al., 1999). از طرفی دانش مربوط به ساختار ژنتیکی صفات مورد نظر، مانند میزان وراثت‌پذیری و همبستگی ژنتیکی بین صفات برای طراحی یک برنامه به‌نژادی موفق از اهمیت زیادی برخوردار است (Priyadarshan, 2017).

عملکرد بالا، زودرسی، ارتفاع بلند بوته و دانه درشتی از صفات کلیدی و با اهمیت اقتصادی بالا هستند (Roorkiwal et al., 2018). ارقام پابلند مناسب برداشت مکانیکی هستند و در به حداقل رساندن هزینه‌های تولید نقش مؤثری دارند (Singh et al., 2019). از طرفی اندازه دانه نخود یک صفت مهم برای تجارت بین‌المللی است، به‌طوری که انواع دانه درشت از قیمت بالاتری در بازار برخوردار هستند (Gaur et al., 2006). در نخود، وراثت‌پذیری متوسط تا کم برای عملکرد دانه و صفات مرتبط با عملکرد مانند تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام و ارتفاع بوته گزارش شده است (Joshi et al., 2018; Tuba Bıçer & Şakar, 2008). در واقع، صفات مرتبط با عملکرد و تحمل تنش‌های غیر زنده توسط ژن‌های متعددی کنترل می‌شوند، بنابراین بیان فنوتیپی صفات مورد نظر تا حد زیادی تحت تأثیر ژنوتیپ، محیط و برهمکنش آن‌ها قرار می‌گیرد (Krishnamurthy et al., 2010). در پژوهشی وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با تعداد نیام در بوته، وزن صد دانه، تعداد دانه در بوته و شاخص برداشت گزارش شده است. این صفات اثر مستقیم و مثبت روی عملکرد داشته‌اند (Gediya et al., 2019). همچنین وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد شاخه فرعی اولیه، تعداد شاخه فرعی ثانویه و وزن صد دانه با عملکرد دانه گزارش شده است (Zali et al., 2011). در پژوهشی دیگر ۳۰۰۰ ژنوتیپ نخود اعم از انواع کابلی، دسی، حد واسط و وحشی از نظر ویژگی‌های زراعی مورد بررسی قرار گرفتند و تنوع بالایی از لحاظ صفات مورد بررسی مشاهده گردید (Singh et al., 2022).

هدف از این پژوهش بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های پیشرفته و ارقام نخود کابلی در شرایط کشت پاییزه، تحلیل روابط بین صفات مورفولوژیکی-زراعی و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر برای استفاده در برنامه‌های به‌نژادی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو سال زراعی متوالی (۱۳۹۹-۱۳۹۸ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹) در مزرعه آزمایشی معاونت مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور (سرارود) واقع در کرمانشاه با طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ... دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و... دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۵۱ متری از سطح دریا انجام گرفت. ویژگی‌های آب و هوایی محل اجرای آزمایش شامل میزان بارندگی و متوسط دما در ماه‌های مختلف سال‌های اجرای آزمایش در شکل‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. در این مطالعه ۱۵۰ ژنوتیپ نخود کابلی (جدول ۱) شامل ۱۲ رقم داخلی، ۴ رقم خارجی و ۱۳۲ لاین پیشرفته (لاین‌های بین‌المللی دریافتی از ایکاردا و لاین‌های حاصل از برنامه‌های به‌نژادی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم) از لحاظ صفات مهم زراعی در شرایط کشت پاییزه و به‌صورت دیم مورد بررسی قرار گرفتند. در هر دو سال، آزمایش در قالب طرح آلفا لاتیس با دو تکرار اجرا شد. هر واحد آزمایشی متشکل از دو ردیف دو متری با فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر و تراکم ۴۰ بوته در مترمربع بود. عملیات آماده‌سازی زمین محل آزمایش در پاییز به‌صورت انجام شخم پاییزه و به دنبال آن استفاده از هرس سبک بود. هم‌زمان با کشت مقدار کود ازته و فسفر لازم طبق نتایج آزمون خاک (۴۰ کیلوگرم اوره و ۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل) به‌طور یکنواخت به زمین اضافه شد. عملیات کاشت به‌صورت دستی و مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت مکانیکی انجام گرفت. در طول دوره رشد از خصوصیاتی نظیر تعداد روز تا گلدهی و رسیدگی (از زمان کاشت)، ارتفاع بوته و تعداد نیام در بوته یادداشت‌برداری به عمل آمد. همچنین پس از برداشت محصول، عملکرد دانه و وزن صد دانه اندازه‌گیری شد.

قبل از انجام تجزیه واریانس مرکب، یکنواختی واریانس خطای آزمایشی در دو سال توسط آزمون F_{Max} هارتلی مورد سنجش قرار گرفت (Hartley, 1950). برای تجزیه داده‌ها ابتدا تجزیه واریانس مرکب (اثر سال تصادفی و اثر ژنوتیپ ثابت) با استفاده از نرم‌افزار META-R (Alvarado et al., 2016) انجام شد. همچنین به‌منظور محاسبه ضرایب همبستگی ژنتیکی، وراثت‌پذیری عمومی صفات و برآورد مقادیر بهترین برآورد خطی ناریب[1] (BLUE) داده‌ها نیز از این نرم‌افزار استفاده شد. مقادیر BLUE در هر سال به‌عنوان میانگین داده‌های آن سال برای انجام تجزیه‌های چندمتغیره بهره گرفته شد. تجزیه GT-biplot[2] با استفاده از نرم‌افزار GEA-R انجام گرفت (Pacheco et al., 2016; Yan & Rajcan, 2002). تجزیه خوشه‌ای به روش Ward و به‌کارگیری معیار فاصله اقلیدسی با استفاده از تابع hclust در نرم‌افزار R انجام شد. ترسیم دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای با استفاده از بسته Factoextra در نرم‌افزار R انجام گرفت. تعداد گروه‌های مناسب حاصل از تجزیه خوشه‌ای نیز با کمک روش Silhouette در نرم‌افزار R تعیین شد (Kassambara, 2017; Kassambara & Mundt, 2017). در انتها به‌منظور رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها و گزینش ژنوتیپ‌های برتر با در نظر گرفتن تمامی صفات اندازه‌گیری شده به‌طور همزمان، از شاخص MGIDI[3] استفاده شد. این شاخص بر اساس تحلیل عاملی و فاصله ژنوتیپ-ایدئوتیپ معرفی شده است (Olivoto & Nardino, 2020). ژنوتیپ‌هایی با کمترین مقدار MGIDI به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک‌تر هستند، بنابراین مقادیر مطلوب را برای همه صفات مورد نظر دارا می‌باشند. شدت گزینش برای همه صفات ۱۵ درصد در نظر گرفته شد. برای برآورد شاخص MGIDI بسته metan (Olivoto & Lúcio, 2020) در نرم‌افزار R مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و وراثت‌پذیری

نتایج بررسی یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی با آزمون F_{max} هارتلی بیانگر یکنواختی واریانس‌ها بود؛ بنابراین تجزیه واریانس مرکب برای صفات اندازه‌گیری شده انجام گرفت. طبق نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر ژنوتیپ برای همه

1-Best Linear Unbiased Estimates 2- Genotype-by-Trait Biplot analysis 3- Multi-trait Genotype-Ideotype Distance Index

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOI: 10.61186/jcb.15.48.50]

صفات معنی‌دار بود. اثر سال نیز برای همه صفات به‌جز دوره پر شدن دانه و وزن صد دانه معنی‌دار بود. اثرات برهمکنش ژنوتیپ × سال نیز برای همه صفات به‌جز وزن صد دانه و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر معنی‌دار ژنوتیپ بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات موردنظر است. تفاوت معنی‌دار بین سال‌ها نیز می‌تواند ناشی از یکسان نبودن عوامل آب و هوایی همانند میزان بارندگی و پراکنش آن، حداقل و حداکثر درجه حرارت هوا و سایر متغیرهای آب و هوایی باشد. ویژگی‌های آب و هوایی محل اجرای آزمایش شامل میزان بارنگی و متوسط دمای ماهانه در سال‌های زراعی ۱۳۹۹–۱۳۹۸ و ۱۴۰۰–۱۳۹۹ به‌ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ به‌صورت خلاصه نمایش داده شده است. در سال زراعی ۱۳۹۹–۱۳۹۸ میزان بارندگی ۵۱۸/۸ میلی‌متر بود که در مقایسه با میانگین بلندمدت ۹۸ میلی‌متر افزایش داشته است. در این سال زراعی پراکنش بارندگی در فصل پاییز، زمستان و بهار به‌ترتیب ۱۷۳/۲، ۲۲۹/۱ و ۱۱۶/۵ میلی‌متر بوده است. به‌عبارتی ۳۳/۴ درصد بارندگی‌ها در پاییز، ۴۴/۱ درصد در زمستان و ۲۲/۴ درصد در بهار نزول یافته است. با توجه به موارد ذکرشده، این سال زراعی از لحاظ بارندگی با این میزان و پراکنش بارندگی مناسب بوده است. در سال زراعی ۱۴۰۰–۱۳۹۹ میزان بارندگی ۳۱۷/۴ میلی‌متر بود که در مقایسه با میانگین بلندمدت ۱۰۲ میلی‌متر و نسبت به سال قبل (سال اول اجرای آزمایش) ۲۰۱ میلی‌متر کاهش داشته است. در این سال زراعی پراکنش بارندگی در فصل پاییز، زمستان و بهار به‌ترتیب ۱۸۰/۹، ۱۱۹/۲ و ۱۷/۳ میلی‌متر بوده است. به‌عبارتی ۵۷/۰ درصد بارندگی‌ها در پاییز، ۳۷/۵ درصد در زمستان و ۱۷/۳ درصد در بهار نزول یافته است. به‌طور کلی با توجه به شرایط آب و هوایی دو سال مشخص می‌گردد که در سال دوم اجرای آزمایش نسبت به سال اول هم میزان بارندگی کمتر بوده هم پراکنش نامناسب‌تری داشته است.

اثر متقابل معنی‌دار ژنوتیپ × سال نیز نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌ها در سال‌های مختلف واکنش‌های متفاوتی داشته‌اند. به‌عبارتی رتبه ژنوتیپ‌ها از نظر صفات معنی‌دار از سالی به سال دیگر متفاوت بوده است. وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های نخود از نظر صفات زراعی و ظاهری توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Astereki et al., 2015; Gediya et al., 2019; Sharifi et al., 2018; Singh et al., 2022; Zali et al., 2011).

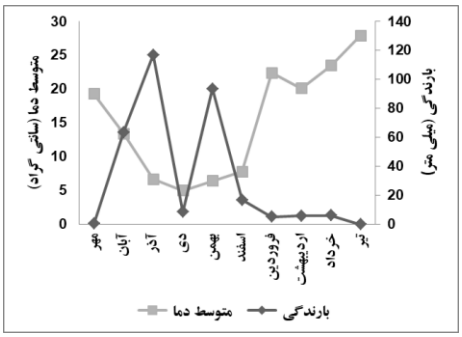
آمار توصیفی از قبیل میانگین، حداکثر و حداقل مقادیر و ضریب تغییرات صفات مختلف مورفولوژیکی–زراعی برای ژرم‌پلاسم بررسی‌شده در هر سال زراعی و میانگین دوساله در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به دامنه تغییرات و ضریب تغییرات صفات تنوع قابل ملاحظه‌ای در ژرم‌پلاسم مورد بررسی در هر دو سال زراعی وجود داشته است. در سال اول (۱۳۹۹–۱۳۹۸) اجرای آزمایش بیشترین ضریب تغییرات برای تعداد نیام در بوته و کمترین آن برای روز تا رسیدگی مشاهده شد اما در سال دوم (۱۴۰۰–۱۳۹۹) اجرای آزمایش بیشترین ضریب تغییرات برای عملکرد دانه و کمترین آن برای روز تا رسیدگی بود. در مطالعه یوسفی و همکاران (۲۰۱۷) نیز بیشترین ضریب تغییرات به تعداد نیام پر در بوته تعلق داشت (Usefi et al., 2017). زالی و همکاران (۲۰۱۱) بیشترین ضریب تغییرات فنوتیپی را به ترتیب برای تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و تعداد نیام در بوته و کمترین آن را برای روز تا رسیدگی گزارش کردند (Zali et al., 2011). از نظر وراثت‌پذیری عمومی صفات در سال اول وزن صد دانه و صفات فنولوژیکی و ارتفاع بوته بیشترین مقدار را دارا بودند. تعداد نیام در بوته از وراثت‌پذیری متوسط برخوردار بود و کمترین مقدار نیز به عملکرد دانه (۰/۱۷) تعلق داشت. در سال دوم وزن صد دانه و ارتفاع بوته از بیشترین مقدار و عملکرد دانه از کمترین مقدار وراثت‌پذیری عمومی برخوردار بودند. در مطالعه آستارکی و همکاران (۲۰۱۵) نیز برای عملکرد دانه وراثت‌پذیری پایین (۰/۱۱) و در مطالعه آنبسا و همکاران (۲۰۰۶) برای وزن صد دانه وراثت‌پذیری بالا (۰/۹۶) گزارش شده است. اما گودا و همکاران (۲۰۱۱) با مطالعه ژنوتیپ‌های دانه درشت نخود کابلی وراثت‌پذیری بالایی برای روز تا گلدهی، ارتفاع بوته، وزن صد دانه و عملکرد دانه گزارش کرده‌اند (Anbessa et al., 2006; Astereki et al., 2015; Gowda et al., 2011).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.61186/jcb.15.48.50]



شکل ۱- میزان بارندگی و متوسط درجه حرارت در طول اجرای آزمایش در ایستگاه سرارود در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸.
Figure 1. Monthly rainfall and average temperature at Sararood station during 2019-2020 cropping season



شکل ۲- میزان بارندگی و متوسط درجه حرارت در طول اجرای آزمایش در ایستگاه سرارود در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹.
Figure 2. Monthly rainfall and average temperature at Sararood station during 2020-2021 cropping season

جدول ۱- کد و نام یا شجره ژنوتیپ‌های نخود کابلی ارزیابی‌شده در این پژوهش
Table 1.Code and name/pedigree of Kabuli chickpea genotypes

Code	Name/Pedigree	Code	Name/Pedigree	Code	Name/Pedigree	Code	Name/Pedigree
1	SEL S.P.L.K3-87	39	Uzbak	77	FLIP12-304C	115	FLIP12-09C
2	SEL S.P.L.K4-87	40	Saeed	78	FLIP12-305C	116	FLIP12-53C
3	SEL S.P.L.K10-87	41	Samin	79	FLIP12-308C	117	FLIP12-55C
4	SEL S.P.L.K14-87	42	ILC482	80	FLIP12-309C	118	FLIP12-85C
5	SEL S.P.L.K17-87	43	Akso	81	FLIP12-332C	119	FLIP12-86C
6	SEL S.P.L.K18-87	44	Saral	82	FLIP82-150C	120	FLIP12-107C
7	FLIP05-46C	45	Araz	83	FLIP88-85C	121	FLIP12-128C
8	FLIP03-17C	46	Hashem	84	FLIP93-93C	122	FLIP12-131C
9	FLIP05-18C	47	Azkan	85	FLIP12-07C	123	FLIP12-138C
10	SEL S.P.L.K20-87	48	Gokso	86	FLIP12-08C	124	FLIP12-139C
11	FLIP05-22C	49	Ana	87	FLIP12-36C	125	FLIP12-145C
12	FLIP03-128C	50	Ata	88	FLIP12-37C	126	FLIP12-146C
13	FLIP05-33C	51	FLIP12-34C	89	FLIP12-40C	127	FLIP12-161C
14	FLIP05-59C	52	FLIP12-64C	90	FLIP12-44C	128	FLIP12-169C
15	X03TH177-88 K2	53	FLIP12-100C	91	FLIP12-57C	129	FLIP12-176C
16	X03TH28-88 K10	54	FLIP12-101C	92	FLIP12-60C	130	FLIP12-192C
17	X03TH28-88 K11	55	FLIP12-113C	93	FLIP12-61C	131	FLIP12-193C
18	X03TH134-88 K7	56	FLIP12-124C	94	FLIP12-63C	132	FLIP12-195C
19	X03TH28-88 K13	57	FLIP12-129C	95	FLIP12-72C	133	FLIP12-196C
20	X03TH152-88 K6	58	FLIP12-140C	96	FLIP12-89C	134	FLIP12-202C
21	X03TH164-88 K3	59	FLIP12-142C	97	FLIP12-90C	135	FLIP12-19C
22	X03TH164-88 K2	60	FLIP12-147C	98	FLIP12-93C	135	FLIP12-261C
23	FLIP84-182C	61	FLIP12-159C	99	FLIP12-108C	137	FLIP12-263C
24	FLIP85-17C	62	FLIP12-160C	100	FLIP12-127C	138	FLIP12-276C
25	X08TH140 K2-94	63	FLIP12-208C	101	FLIP12-132C	139	FLIP12-278C
26	SEL S.P.L.K19-87	64	FLIP12-215C	102	FLIP12-162C	140	FLIP12-281C
27	FLIP01-9C	65	FLIP12-217C	103	FLIP12-177C	141	FLIP12-319C
28	FLIP05-109C	66	FLIP12-219C	104	FLIP12-180C	142	FLIP12-330C
29	FLIP06-17C	67	FLIP12-246C	105	FLIP12-197C	143	FLIP12-333C
30	ILC4291	68	FLIP12-248C	106	FLIP12-259C	144	FLIP12-334C
31	FLIP04-30C	69	FLIP12-252C	107	FLIP12-260C	145	FLIP12-342C
32	FLIP09-13C	70	FLIP12-268C	108	FLIP12-311C	146	FLIP97-53C
33	FLIP09-22C	71	FLIP12-279C	109	FLIP12-320C	147	Nour
34	Nosrat	72	FLIP10-333C	110	FLIP12-343C	148	FLIP85-1C
35	Azad	73	FLIP12-288C	111	FLIP12-78C	149	Bivanij
36	Adel	74	FLIP12-296C	112	FLIP12-80C	150	FLIP09-44C
37	Mansour	75	FLIP12-298C	113	FLIP12-187C		
38	Arman	76	FLIP12-299C	114	FLIP12-331C		

بای‌پلات ژنوتیپ × صفت و همبستگی صفات

به‌منظور درک روابط بین صفات اندازه‌گیری‌شده و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر از روش تجزیه گرافیکی بای‌پلات ژنوتیپ در صفت استفاده گردید. در این بای‌پلات زاویه بین بردارهای صفات نشان‌دهنده همبستگی بین آن‌ها می‌باشد. چنانچه زاویه بین دو بردار حاده باشد، دو صفت مربوطه دارای همبستگی مثبت و چنانچه دو بردار دارای زاویه منفرجه باشند، صفات مربوطه دارای همبستگی منفی خواهند بود. اگر زاویه بین دو بردار نزدیک به عمود (۹۰ درجه) باشد بیانگر عدم وجود همبستگی بین صفات مربوطه است (Yan & Frégeau-Reid, 2008; Yan & Rajcan, 2002).

بای‌پلات ژنوتیپ × صفت برای سال‌های اول و دوم به‌ترتیب در شکل‌های ۳ و ۴ نمایش داده شده است. این بای پلات به‌ترتیب ۵۷/۱ و ۵۲/۴ درصد از تغییرات داده‌های استانداردشده را در سال اول و دوم توجیه کرد. درصد متوسط توجیه تغییرات نشان‌دهنده پیچیدگی روابط بین صفات اندازه‌گیری شده در هر دو سال است. در سال اول مؤلفه‌های اول و دوم به‌ترتیب ۳۲/۹ و ۲۴/۲ درصد را توضیح دادند در

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOI: 10.61186/jcb.15.48.50]

حالی‌که در سال دوم این مؤلفه‌ها به ترتیب ۲۸/۰ و ۲۴/۴ درصد از تغییرات را توجیه کردند. طبق شکل ۳ در سال اول اجرای آزمایش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا واجد تعداد نیام در بوته بالاتر، گلدهی زودهنگام و طول دوره پر شدن دانه طولانی‌تر بوده‌اند؛ اما در سال دوم (شکل ۴) ژنوتیپ‌های با عملکرد بالاتر واجد صفاتی مانند تعداد نیام بیشتر، ارتفاع بلندتر و زمان گلدهی دیرتر بوده‌اند اما از طول دوره پر شدن دانه کمتر برخوردار بوده‌اند. به نظر می‌رسد با توجه به درجه حرارت و میزان بارندگی متفاوت در فروردین‌ماه دو سال زراعی این تفاوت‌ها قابل توجیه باشد. در سال اول در فروردین‌ماه بارندگی بیشتر و متوسط دمای هوا کمتر بوده است؛ بنابراین گیاه نهایت استفاده را از طول دوره پر شدن دانه برده و عملکرد افزایش یافته است؛ اما در سال دوم به علت بارندگی ناچیز در بهار گیاه دچار تنش شده و ژنوتیپ‌هایی که دوره پر شدن دانه کمتری داشته‌اند توانسته‌اند تا حدی از شرایط نامناسب فرار کنند و عملکرد بیشتری تولید کنند (شکل‌های ۱ و ۲).

نمایش چندضلعی بای‌پلات ژنوتیپ × صفت برای سال‌های اول و دوم اجرای آزمایش به ترتیب در شکل‌های ۵ و ۶ آمده است. در سال اول ژنوتیپ‌های شماره ۱۳۱، ۱۰۱، ۱۰۳، ۷۴، ۱۱۷، ۱۲۰، ۴۳ و ۶۱ دارای عملکرد بالا، دوره پرشدن دانه طولانی و گلدهی زودهنگام بودند. از طرفی ژنوتیپ‌های شماره ۱۴۷، ۴۵ و ۱۴۸ واجد عملکرد پایین، دوره پر شدن دانه کوتاه، وزن صد دانه بالا و دیررس بودند. همچنین ژنوتیپ‌های ۴۱ و ۱۲۷ دارای عملکرد بالا، تعداد نیام در بوته زیاد و گلدهی زودهنگام بودند.

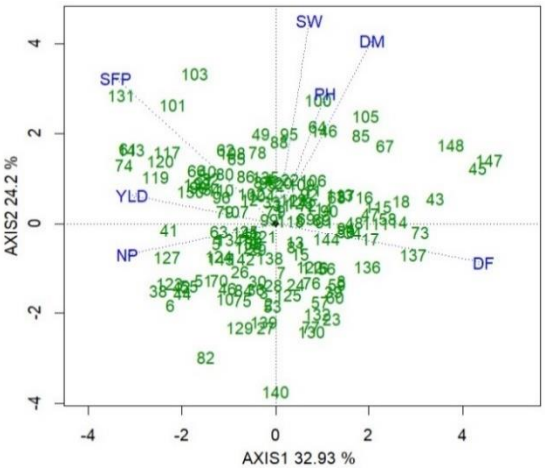
جدول ۲- پارامترهای تنوع و نتایج تجزیه واریانس برای صفات مورفولوژیکی-زراعی ژنوتیپ‌های نخود کابلی در سال‌های زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹

Table 2. Diversity related parameters and results of analysis of variance for morpho-agronomic traits in Kabuli chickpeagenotypes during 2019-2020 and 2020-2021 croping seasons

سال Year	صفت	Trait	میانگین Mean	دامنه Range	ضریب تغییرات CV%	وراثت پذیری h^2	LSD 5%	سطح معنی‌داری Significance Level		
								ژنوتیپ Gen.	سال Year	ژنوتیپ×سال Gen.×Year
۱۳۹۸/۱۳۹۹ 2019-2020	روز تا گلدهی	Days to Flowering	174.98	23.90	2.52	0.82	5.31	–	–	–
	روز تا رسیدگی	Days to Maturity	212.35	11.20	1.14	0.76	3.49	–	–	–
	دوره پر شدن دانه	Seed Filling Period	37.36	24.02	11.43	0.75	6.09	–	–	–
	ارتفاع بوته (cm)	Plant Height	46.36	21.01	9.12	0.72	6.16	–	–	–
	وزن صد دانه (g)	Seed Weight	31.81	22.0	13.64	0.89	3.94	–	–	–
	تعداد نیام در بوته	Pod per Plant	18.14	14.36	18.45	0.45	7.13	–	–	–
	عملکرد دانه (kg/ha)	100-Seed Yield	2223.8	1656.8	13.96	0.17	814.64	–	–	–
۱۳۹۹/۱۴۰۰ 2020-2021	تعداد روز تا گلدهی	Days to Flowering	135.24	9.80	1.54	0.67	3.42	–	–	–
	تعداد روز تا رسیدگی	Days to Maturity	173.0	9.09	1.09	0.68	3.0	–	–	–
	دوره پر شدن دانه	Seed Filling Period	37.76	13.60	5.93	0.61	3.97	–	–	–
	ارتفاع بوته (cm)	Plant Height	27.44	13.89	11.09	0.90	2.63	–	–	–
	وزن صد دانه (g)	100-Seed Yield	32.54	20.28	13.92	0.91	3.67	–	–	–
	تعداد نیام در بوته	Pod per Plant	12.51	13.26	20.74	0.64	4.38	–	–	–
	عملکرد دانه (kg/ha)	Seed Yield	1194.4	1406.2	24.14	0.22	716.54	–	–	–
دو ساله (مرکب) Mean (Combined)	تعداد روز تا گلدهی	Days to Flowering	155.10	14.24	1.89	0.62	5.05	0.00	0.00	0.00
	تعداد روز تا رسیدگی	Days to Maturity	192.67	9.19	0.97	0.64	3.12	0.00	0.00	0.00
	دوره پر شدن دانه	Seed Filling Period	37.56	15.28	7.41	0.51	5.45	0.00	1.00	0.00
	ارتفاع بوته (cm)	Plant Height	36.79	16.17	8.99	0.76	4.46	0.00	0.00	0.00
	وزن صد دانه (g)	100-Seed Yield	32.20	21.19	13.62	0.96	2.49	0.00	0.80	1.00
	تعداد نیام در بوته	Pod per Plant	15.31	10.64	14.74	0.22	5.58	0.02	0.00	0.00
	عملکرد دانه (kg/ha)	Seed Yield	1702.2	1144.7	14.42	0.46	518.47	0.00	0.02	1.00

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.61186/jcb.15.48.50]

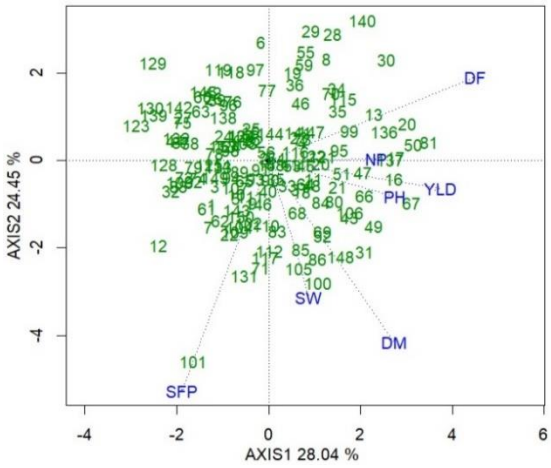


شکل ۳- بای‌پلات ژنوتیپ × صفت برای ژنوتیپ‌های نخود کابلی و صفات مورفولوژیکی-زراعی در سال ۱۳۹۹-۱۳۹۸

Figure 3. Genotype × trait (GT) biplot of Kabuli chickpea genotypes and morpho-agronomic traits during 2019-2020.

DF: روز تا گلدهی، DM : روز تا رسیدگی، SFP: دوره پرشدن دانه، PH: ارتفاع بوته، SW: وزن صد دانه، NPP: تعداد نیام در بوته، YLD: عملکرد دانه

DF: days to flowering; DM: days to maturity; SFP: seed filling period; PH: plant height; SW: seed weight; NPP: number of pod per plant; YLD: seed yield

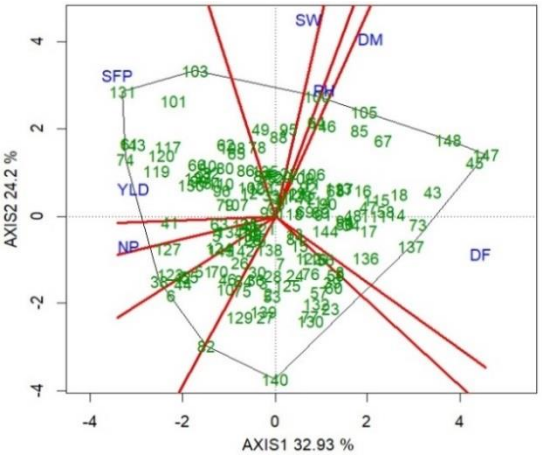


شکل ۴- بای‌پلات ژنوتیپ × صفت برای ژنوتیپ‌های نخود کابلی و صفات مورفولوژیکی-زراعی در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹

Figure 4. Genotype × trait (GT) biplot of Kabuli chickpea genotypes and morpho-agronomic traits during 2020-2021.

DF: روز تا گلدهی،DM: روز تا رسیدگی، SFP: دوره پرشدن دانه، PH: ارتفاع بوته، SW: وزن صد دانه، NPP: تعداد نیام در بوته، YLD: عملکرد دانه

DF: days to flowering; DM: days to maturity; SFP: seed filling period; PH: plant height; SW: seed weight; NPP: number of pod per plant; YLD: seed yield

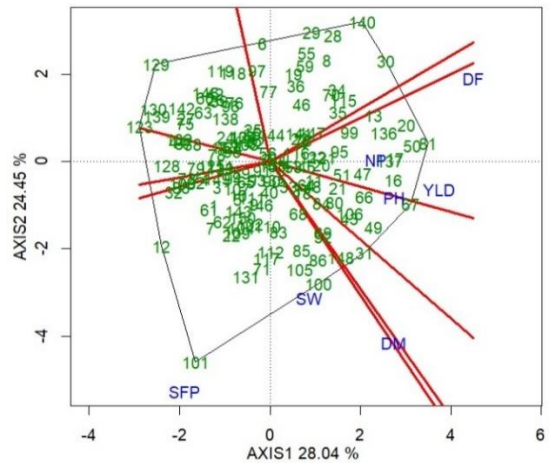


شکل ۵- نمایش چندضلعی بای‌پلات ژنوتیپ × صفت برای ژنوتیپ‌های نخود کابلی و صفات مورفولوژیکی-زراعی در سال ۱۳۹۹-۱۳۹۸

Figure 5. The polygon view of genotype × trait (GT) biplot of Kabuli chickpea genotypes and morpho-agronomic traits during 2019-2020.

DF: روز تا گلدهی، DM: روز تا رسیدگی، SFP: دوره پرشدن دانه، PH: ارتفاع بوته، SW: وزن صد دانه، NPP: تعداد نیام در بوته، YLD: عملکرد دانه

DF: days to flowering; DM: days to maturity; SFP: seed filling period; PH: plant height; SW: seed weight; NPP: number of pod per plant; YLD: seed yield



شکل ۶- نمایش چندضلعی بای‌پلات ژنوتیپ × صفت برای ژنوتیپ‌های نخود کابلی و صفات مورفولوژیکی-زراعی در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹

Figure 6. The polygon view of genotype × trait (GT) biplot of Kabuli chickpea genotypes and morpho-agronomic traits during 2020-2021.

DF: روز تا گلدهی، DM: روز تا رسیدگی، SFP: دوره پرشدن دانه، PH: ارتفاع بوته، SW: وزن صد دانه، NPP: تعداد نیام در بوته، YLD: عملکرد دانه

DF: days to flowering; DM: days to maturity; SFP: seed filling period; PH: plant height; SW: seed weight; NPP: number of pod per plant; YLD: seed yield

در سال دوم ژنوتیپ‌های ۵۰، ۲۰، ۸۱ و ۱۳۶ دارای عملکرد و تعداد نیام در بوته بالا و گلدهی دیرهنگام بودند. از طرفی ژنوتیپ‌های ۱۰۰، ۱۰۱، ۱۰۵، ۱۱۲، ۸۵، ۶۱، ۱۲، ۱۴۸ و ۱۴۳ وزن صد دانه بالایی داشتند اما از دوره پر شدن دانه طولانی برخوردار بودند و تقریباً دیررس بودند. مقادیر عددی همبستگی ژنتیکی بین صفات در سال‌های اجرای آزمایش در جدول ۳ آمده است. در سال اول اجرای آزمایش (مقادیر پایین قطر) عملکرد دانه با دوره پر شدن دانه، ارتفاع بوته و تعداد نیام در بوته همبستگی مثبت و معنی‌دار و با روز تا رسیدگی و روز تا گلدهی همبستگی منفی و معنی‌دار داشت؛ اما در سال دوم اجرای آزمایش عملکرد دانه با وزن صد دانه، ارتفاع بوته، تعداد نیام در بوته و صفات فنولوژی به‌جز دوره پرشدن دانه همبستگی

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOI: 10.61186/jcb.15.48.50]

مثبت و معنی‌داری داشت. این نتایج تا حد زیادی با نتایج حاصل از بای‌پلات ژنوتیپ × صفت انطباق دارد. در سال اول ژنوتیپ‌هایی که زودتر گلدهی را آغاز کرده‌اند و از طرفی از دوره پرشدن دانه طولانی‌تر برخوردار بوده‌اند نهایت استفاده را از مساعد بودن شرایط آب و هوایی برده‌اند و از طریق افزایش تعداد نیام در بوته (با توجه به نامحدود رشد بودن نخود) عملکرد دانه را افزایش داده‌اند؛ اما در سال دوم اجرای آزمایش ژنوتیپ‌هایی که دوره پر شدن دانه کوتاه‌تری داشته‌اند و از تعداد نیام در بوته و وزن صد دانه بالاتری برخوردار بوده‌اند، عملکرد بالاتری تولید نموده‌اند. با توجه به این نتایج در هر دو سال اجرای آزمایش تعداد نیام در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشته است و به‌نظر می‌رسد که این صفت نقشی مؤثر در افزایش عملکرد نخود در شرایط دیم داشته باشد؛ اما با توجه به نامحدود رشد بودن نخود، صفات فنولوژیکی بسته به شرایط آب و هوایی می‌توانند اثرات متفاوتی بر عملکرد داشته باشند. از طرفی وزن صد دانه زیاد نه‌فقط به‌خاطر قیمت بالا بلکه به‌دلیل پایداری و وراثت‌پذیری بالا یکی از مهم‌ترین صفات مهم نخود کابلی است؛ اما در هر دو سال اجرای آزمایش این صفت با تعداد نیام در بوته همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. این صفت در سال اول اجرای آزمایش (بارندگی مناسب) ارتباطی با عملکرد دانه نشان نداد، اما در سال دوم همبستگی مثبت و اندکی با عملکرد دانه داشت. طبق این نتایج به‌نظر می‌رسد گزینش همزمان برای تعداد نیام بیشتر در بوته و وزن صد دانه بالا راهکار مناسبی برای گزینش ژنوتیپ‌های برتر در شرایط دیم باشد. گودا و همکاران (۲۰۱۱) نیز در مطالعه‌ای بیان داشتند که بهبود همزمان وزن صد دانه و سایر صفات مانند تعداد نیام در بوته و روز تا رسیدگی می‌تواند به افزایش عملکرد نخود کمک کند (Gowda et al., 2011). سایر محققین نیز به اهمیت تعداد نیام در بوته در افزایش عملکرد دانه اشاره کرده‌اند (Astereki et al., 2015; Gediya et al., 2019; Jakhar et al., 2016; Noor et al., 2003; Usefi et al., 2017; Yücel et al., 2006; Zali et al., 2011).

جدول ۳- همبستگی ژنتیکی بین صفات مورفولوژیکی-زراعی ژنوتیپ‌های نخود کابلی در شرایط کشت پاییزه (پایین قطر سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ و بالای قطر سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹)

Figure 2. Genetic correlation coefficients between morpho-agronomic traits of Kabuli chickpea genotypes during 2019-2020 (bottom diagonal) and 2020-2021 (upper diagonal) cropping seasons

عملکرد دانه Seed Yield	تعداد نیام در بوته Pod per Plant	وزن صد دانه 100-Seed Weight	ارتفاع بوته Plant Height	دوره پر شدن دانه Seed Filling Period	روز تا رسیدگی Days to Maturity	روز تا گلدهی Days to Flowering	Trait	صفت
0.98**	0.28**	-0.02	0.31**	-0.60**	0.42**	1	Days to Flowering	روز تا گلدهی
0.61**	0.28**	0.29**	0.19*	0.47**	1	0.40**	Days to Maturity	روز تا رسیدگی
-0.48**	-0.02	0.27	-0.15	1	0.10	-0.85**	Seed Filling Period	دوره پر شدن دانه
0.29**	0.00	0.30**	1	-0.16*	0.21	0.27**	Plant Height	ارتفاع بوته
0.18*	-0.27**	1	0.39**	0.17*	0.42**	0.04	100-Seed Weight	وزن صد دانه
0.47**	1	-0.16*	0.00	0.41**	-0.49**	-0.62**	Pod per Plant	تعداد نیام در بوته
1	0.61**	0.04	0.23**	0.92**	-0.45**	-0.99**	Seed Yield	عملکرد دانه

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

* and ** sigbificant at 5 and 1% level of probability, respectively.

گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

به‌منظور گروه‌بندی ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی از تجزیه خوشه‌ای به‌روش حداقل واریانس Ward و معیار فاصله اقلیدسی استفاده شد. طبق نتایج حاصل از روش گروه‌بندی Silhouette ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی در سال‌های اول و دوم اجرای آزمایش به‌ترتیب در سه و دو گروه قرار گرفتند (شکل‌های ۷ و ۸).

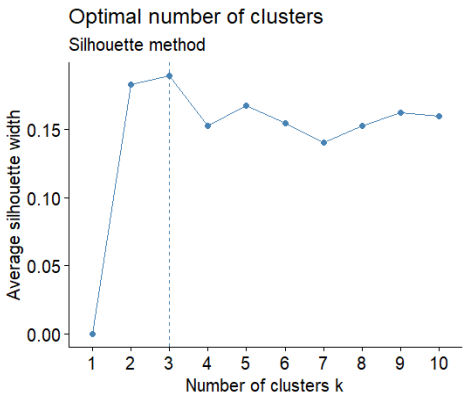
دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای برای سال اول اجرای آزمایش در شکل ۹ ارائه شده است. از ۱۵۰ ژنوتیپ ۳۵ لاین اصلاحی به‌همراه ارقام سعید و ثمین در گروه اول قرار گرفتند. این ژنوتیپ‌ها از گلدهی زودهنگام، طول دوره پر شدن دانه طولانی، تعداد نیام در بوته زیاد و عملکرد دانه بالا برخوردار بودند. در گروه دوم ۶۳ لاین اصلاحی به‌همراه ارقام آزاد، عادل، آرمان، ازبک، سارال و هاشم دسته‌بندی شدند. ژنوتیپ‌های متعلق به این گروه از وزن صد دانه کم، زودرسی نسبی، تعداد نیام در بوته زیاد و عملکرد دانه بالا برخوردار بودند. در گروه سوم ۳۵ لاین اصلاحی به‌همراه ارقام نصرت، منصور، آکسو، آراز، آزکان، گوکسو، آنا، آتا و نور دسته‌بندی شدند. این نمونه‌ها از گلدهی دیرهنگام، تعداد نیام در بوته کم، وزن صد دانه بالا و عملکرد متوسط برخوردار بودند.

دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای برای سال دوم اجرای آزمایش در شکل ۱۰ ارائه شده است. در گروه اول ۷۹ لاین اصلاحی به‌همراه ارقام منصور، آرمان، ازبک، سعید، سارال و بیوه نیچ دسته‌بندی شدند. این ژنوتیپ‌ها از عملکرد متوسط و پایین برخوردار بودند و از لحاظ مابقی صفات وضعیت متوسطی داشتند. در گروه دوم ۵۳ لاین اصلاحی به‌همراه ارقام نصرت، آزاد، عادل، ثمین، آکسو، آراز، هاشم، آزکان، گوکسو، نور، آنا و آتا قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های متعلق به این گروه عملکرد بالایی داشتند و از لحاظ مابقی صفات نیز از وضعیت متوسطی برخوردار بودند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOI: 10.61186/jcb.15.48.50]

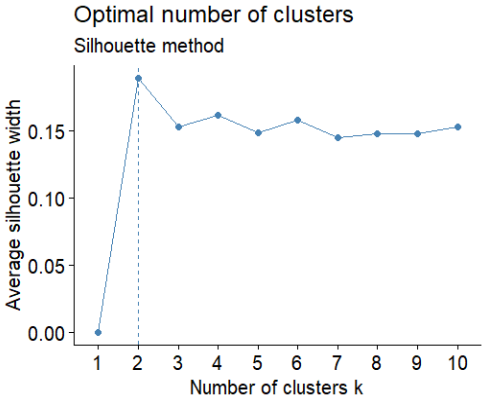
انتخاب ژنوتیپ‌های برتر

به‌منظور انتخاب ژنوتیپ‌های برتر در سال‌های مختلف اجرای آزمایش از شاخص MGIDI استفاده شد. این شاخص برای انتخاب ژنوتیپ‌ها همه صفات اندازه‌گیری شده را به‌طور همزمان در نظر می‌گیرد و با توجه مقادیر عددی صفات ژنوتیپ‌های برتر را معرفی می‌کند (Olivoto & Nardino, 2020). در واقع ارزش ژنوتیپ‌ها را بر اساس عملکرد بالا، وزن صد دانه زیاد، ارتفاع بلند، تعداد نیام در بوته بیشتر، گلدهی زودهنگام، زودرسی و طول دوره پرشدن دانه کوتاه تعیین می‌کند. نمودار مربوط به این شاخص در برای سال اول و دوم اجرای آزمایش به‌ترتیب در شکل ۱۱ و ۱۲ ارائه شده است. در سال اول اجرای آزمایش ژنوتیپ‌های ۲۵، ۱۴۳، ۷۴، ۶۶، ۳۵ (آزاد)، ۹۷، ۱۳۳، ۱۹، ۴، ۵۲، ۱۵، ۸۰، ۳۶ (عادل)، ۴۰ (سعید)، ۱۰۸، ۲۲، ۸۶، ۱۰۶، ۱۴۱، ۹۹، ۹۸ و ۲۱ کمترین مقادیر MGIDI را به‌خود اختصاص دادند و به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناخته شدند. در سال دوم اجرای آزمایش ژنوتیپ‌های ۳۵ (آزاد)، ۱۳، ۳۴ (نصرت)، ۷۰، ۱۳۶، ۴۶، ۹۹، ۲۰، ۱۲۰، ۳۶ (عادل)، ۳۰، ۷۳، ۵۱، ۱۱۶، ۵۹، ۲۳، ۱۹، ۵۵، ۴۱ (ثمین) و ۱۱ کمترین مقادیر MGIDI را دارا بودند و به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناخته شدند. طبق نتایج این شاخص ارقام آزاد و عادل و لاین‌های ۹۹ و ۱۹ در هر دو سال متوالی به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناسایی شدند.



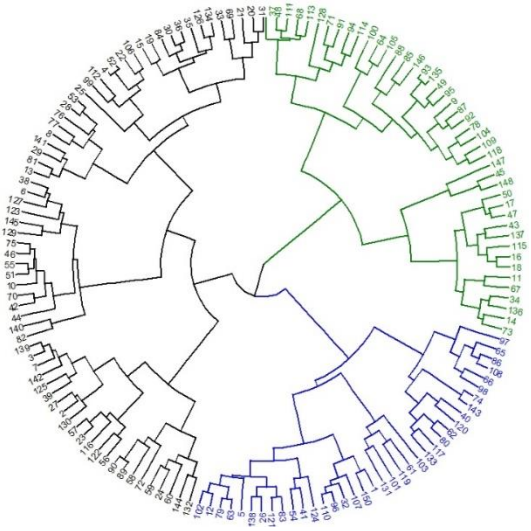
شکل ۷- تعیین تعداد گروه‌های مناسب با استفاده از روش Silhouette بر اساس صفات مورفولوژیکی-زراعی ژنوتیپ‌های نخود کابلی در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸.

Figure 7. Determining the optimal number of clusters using the Silhouette method based on morpho-agronomic traits of Kabuli chickpea genotypes during 2019-2020 cropping season.



شکل ۸- تعیین تعداد گروه‌های مناسب با استفاده از روش Silhouette بر اساس صفات مورفولوژیکی-زراعی ژنوتیپ‌های نخود کابلی در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹.

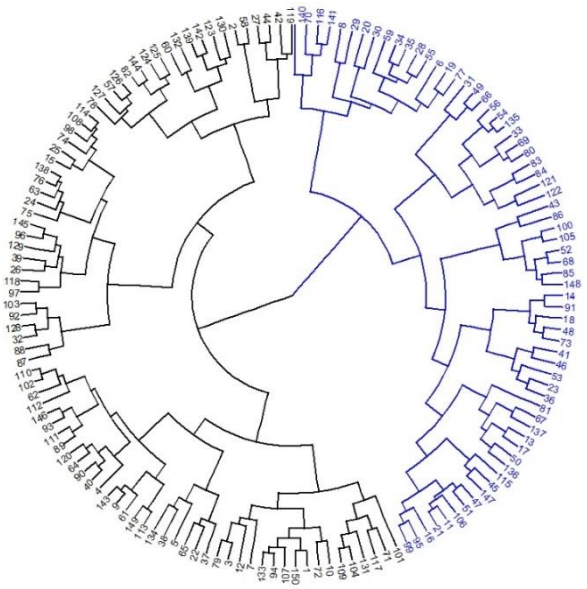
Figure 8. Determining the optimal number of clusters using the Silhouette method based on morpho-agronomic traits of Kabuli chickpea genotypes during 2020-2021 cropping season.



شکل ۹- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های نخود کابلی بر اساس صفات مورفولوژیکی-زراعی ارزیابی‌شده در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ (گروه‌های اول، دوم و سوم به‌ترتیب با رنگ‌های سبز، سیاه و آبی مشخص شده‌اند).

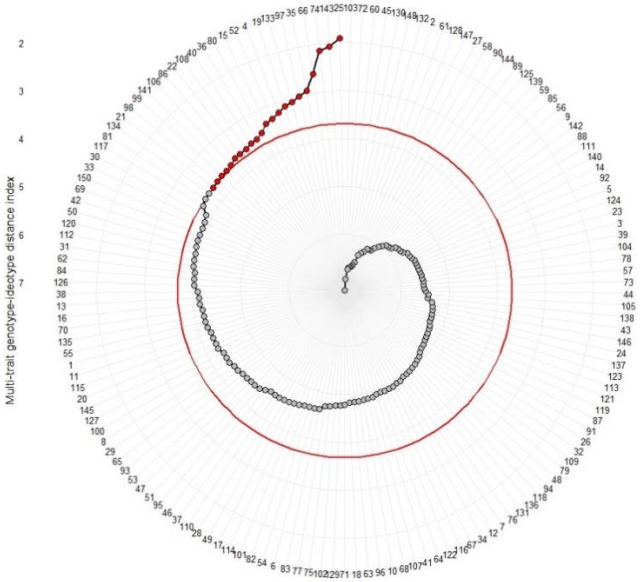
Figure 9. Cluster analysis of Kabuli chickpea genotypes based on morpho-agronomic traits during 2019-2020 cropping season (Clusters 1, 2 and 3 are marked in green, purple, and brown, respectively).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOI: 10.61186/jcb.15.48.50]



شکل ۱۰- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های نخود کابلی بر اساس صفات مورفولوژیکی-زراعی ارزیابی‌شده در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ (گروه‌های اول و دوم به‌ترتیب با رنگ‌های سیاه و آبی مشخص شده‌اند).

Figure 10. Cluster analysis of Kabuli chickpea genotypes based on morpho-agronomic traits during 2020-2021 cropping season (Clusters 1 and 2 are marked in black and blue, respectively).

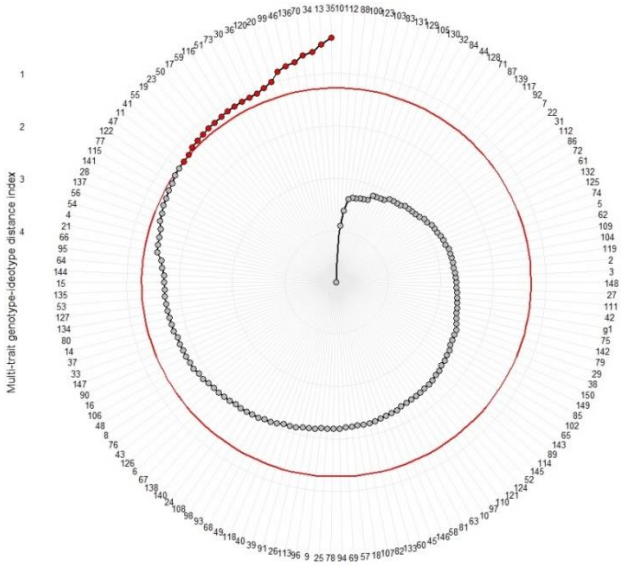


شکل ۱۱- رتبه‌بندی ژنوتیپ‌های نخود کابلی با استفاده از شاخص MGIDI محاسبه‌شده بر اساس صفات مورفولوژیکی-زراعی در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸

Figure 11. Genotype ranking in ascending order using MGIDI index calculated based on morpho-agronomic traits measured during 2019-2020 cropping season.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.61186/jcb.15.48.50]



شکل ۱۲- رتبه‌بندی ژنوتیپ‌های نخود کابلی با استفاده از شاخص MGIDI محاسبه‌شده بر اساس صفات مورفولوژیکی-زراعی در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹

Figure 12. Genotype ranking in ascending order using MGIDI index calculated based on morpho-agronomic traits measured during 2020-2021 cropping season.

طبق نتایج این پژوهش تنوع ژنتیکی قابل قبولی در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر صفات مهم زراعی مشاهده شد. علاوه بر این، نمودار GT-biplot به‌عنوان ابزاری قدرتمند برای بررسی برهمکنش‌های صفت-ژنوتیپ و ارزیابی ژنوتیپ‌ها بر اساس مجموعه صفات می‌تواند در مطالعات مشابه به محققین کمک شایانی کند. طبق نتایج تحلیل روابط بین صفات، صفت تعداد نیام در بوته در هر دو سال اجرای آزمایش همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشت. از طرفی با توجه به نقش پر رنگ اندازه دانه و وزن صد دانه در بازارپسندی ارقام نخود کابلی، انتخاب همزمان برای تعداد نیام بیشتر و وزن صد دانه بالا در کنار زودرسی و ارتفاع بیشتر بوته (برداشت مکانیکی) در انتخاب لاین‌های برتر مناسب کشت پاییزه مناطق معتدل قابل پیشنهاد است. در این پژوهش ژنوتیپ‌های برتر با استفاده از شاخص MGIDI و بر اساس عملکرد بالا، وزن صد دانه زیاد، ارتفاع بلند، تعداد نیام در بوته بیشتر، گلدهی زودهنگام، زودرسی و طول دوره پرشدن دانه کوتاه تعیین شدند. در سال اول ارقام آزاد، عادل و ثمین و ۱۹ ژنوتیپ پیشرفته به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناخته شدند. در سال دوم نیز ارقام آزاد، نصرت، عادل و ثمین به‌همراه ۱۶ ژنوتیپ پیشرفته به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناخته شدند. ارقام آزاد و عادل و لاین‌های ۹۹ و ۱۹ در هر دو سال متوالی در دسته ژنوتیپ‌های برتر قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های برتر شناسایی‌شده در این پژوهش از پتانسیل بالایی در افزایش پتانسیل ژنتیکی ارقام نخود برخوردار هستند و می‌توان آن‌ها را به‌عنوان والدین تلاقی‌ها در برنامه‌های به‌نژادی نخود کابلی برای شرایط کشت پاییزه مناطق معتدل گنجاند.

منابع

Alvarado, G., López, M., Vargas, M., Pacheco, Á., Rodríguez, F., Burgueño, J., & Crossa, J. (2016). META-R (Multi Environment Trial Analysis with R for Windows) Version 6.01. hdl: 11529/10201. *CIMMYT Research Data & Software Repository Network*, *20*, 2017.

Anbessa, Y., Warkentin, T., Vandenberg, A., & Bandara, M. (2006). Heritability and predicted gain from selection in components of crop duration in divergent chickpea cross populations. *Euphytica*, *152*, 1-8.

Astereki, H., Pouresmael, M., & Sharifi, P. (2015). Genetic Variability of Yield, and Yield Components in Chickpea (Cicer arietinum L.). *Thai Journal of Agricultural Science*, *48*(3), 115-124.

Berdahl, J., Mayland, H., Asay, K., & Jefferson, P. (1999). Variation in agronomic and morphological traits among Russian wildrye accessions. *Crop Science*, *39*(6), 1890-1895.

FAOSTAT. (2022). FAO Stat. Database. 2021. In: Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, Italy.

Gaur, P., Pande, S., Upadhyaya, H., & Rao, B. (2006). Extra-large Kabuli chickpea with high resistance to Fusarium wilt. *Journal of SAT Agricultural Research*, *2*(1), 1-2.

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.

Gowda, C., Upadhyaya, H., Dronavalli, N., & Singh, S. (2011). Identification of large-seeded high-yielding stable kabuli chickpea germplasm lines for use in crop improvement. *Crop Science*, *51*(1), 198-209.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.61186/jcb.15.48.50]

Hartley, H. O. (1950). The maximum F-ratio as a short-cut test for heterogeneity of variance. *Biometrika*, *37*(3/4), 308-312.

Jakhar, D. S., Kamble, M., Singh, A., & Raj, P. (2016). Genetic variability, character association and path coefficient analysis in Chickpea (Cicer arietinum L.). *Ecology, Environment and Conservation Journal*, *22*, 239-S244.

Jha, U. C. (2018). Current advances in chickpea genomics: applications and future perspectives. *Plant cell reports*, *37*, 947-965.

Joshi, P., Yasin, M., & Sundaram, P. (2018). Genetic variability, heritability and genetic advance study for seed yield and yield component traits in a chickpea recombinant inbred line (RIL) population. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, *6*(2), 136-141.

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.

Kassambara, A., & Mundt, F. (2017). Package 'factoextra'. *Extract and visualize the results of multivariate data analyses*, *76*(2).

Krishnamurthy, L., Kashiwagi, J., Gaur, P., Upadhyaya, H., & Vadez, V. (2010). Sources of tolerance to terminal drought in the chickpea (Cicer arietinum L.) minicore germplasm. *Field Crops Research*, *119*(2-3), 322-330.

Merga, B., & Haji, J. (2019). Economic importance of chickpea: Production, value, and world trade. *Cogent Food & Agriculture*, *5*(1), 1615718.

Noor, F., Ashaf, M., & Ghafoor, A. (2003). Path analysis and relationship among quantitative traits in chickpea (Cicer arietinum L.). *Pak. J. Biol. Sci*, *6*(6), 551-555.

Olivoto, T., & Lúcio, A. D. C. (2020). metan: An R package for multi-environment trial analysis. *Methods in Ecology and Evolution*, *11*(6), 783-789.

Olivoto, T., & Nardino, M. (2020). MGIDI: A novel multi-trait index for genotype selection in plant breeding. *bioRxiv*, 2020.2007. 2023.217778.

Pacheco, A., Vargas, M., Alvarado, G., Rodríguez, F., López, M., Crossa, J., & Burgueño, J. (2016). GEA-R (Genotype× Environment Analysis whit R for Windows.) Version 4.0. In: International Maize and Wheat Improvement Center.

Priyadarshan, P. M. (2017). Genetics of Traits. In P. M. Priyadarshan (Ed.), *Biology of Hevea Rubber* (pp. 127-129). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-54506-6_8

Raina, A., Khan, S., Wani, M. R., Laskar, R. A., & Mushtaq, W. (2019). Chickpea (Cicer arietinum L.) cytogenetics, genetic diversity and breeding. *Advances in Plant Breeding Strategies: Legumes: Volume 7*, 53-112.

Roorkiwal, M., Jain, A., Kale, S. M., Doddamani, D., Chitikineni, A., Thudi, M., & Varshney, R. K. (2018). Development and evaluation of high-density Axiom® Cicer SNP Array for high-resolution genetic mapping and breeding applications in chickpea. *Plant Biotechnology Journal*, *16*(4), 890-901.

Sharifi, P., Astereki, H., & Pouresmael, M. (2018). Evaluation of variations in chickpea (Cicer arietinum L.) yield and yield components by multivariate technique. *Annals of Agrarian Science*, *16*(2), 136-142.

Singh, M. K., Roorkiwal, M., Rathore, A., Soren, K. R., Pithia, M. S., Yasin, M., Barpete, S., Singh, S., Barmukh, R., & Das, R. R. (2022). Evaluation of Global Composite Collection Reveals Agronomically Superior Germplasm Accessions for Chickpea Improvement. *Agronomy*, *12*(9), 2013.

Singh, U., Gaur, P., Chaturvedi, S., Hazra, K., & Singh, G. (2019). Changing plant architecture and density can increase chickpea productivity and facilitate for mechanical harvesting. *International Journal of Plant Production*, *13*, 193-202.

Tuba Bıçer, B., & Şakar, D. (2008). Heritability and gene effects for yield and yield components in chickpea. *Hereditas*, *145*(5), 220-224.

Usefi, M., Dashti, H., Bihamta, M. R., & Hosseini, S. M. (2017). Analysis of genetic diversity in agronomic traits of chickpea (Cicer arietinum L.) genotypes using multivariate methods. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *48*(2).

Varshney, R. K., Song, C., Saxena, R. K., Azam, S., Yu, S., Sharpe, A. G., Cannon, S., Baek, J., Rosen, B. D., & Tar'an, B. (2013). Draft genome sequence of chickpea (Cicer arietinum) provides a resource for trait improvement. *Nature biotechnology*, *31*(3), 240-246.

Yan, W., & Frégeau-Reid, J. (2008). Breeding line selection based on multiple traits. *Crop Science*, *48*(2), 417-423.

Yan, W., & Rajcan, I. (2002). Biplot analysıs and trait relations of soybean. *Crop Sci*, *42*, 12-21.

Yücel, D. Ö., Anlarsal, A. E., & Yücel, C. (2006). Genetic variability, correlation and path analysis of yield, and yield components in chickpea (Cicer arietinum L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *30*(3), 183-188.

Zali, H., Farshadfar, E., & Sabaghpour, S. (2011). Genetic variability and interrelationships among agronomic traits in chickpea (Cicer arietinum L.) genotypes.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.61186/jcb.15.48.50]