Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 54, No 1, Spring 2023 (197-212)
DOI**:** 10.22059/ijfcs.2022.347511.654933

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۴، شمارهٔ ۱، بهار ۱۴۰۲ (۲۱۲-۱۹۷)

Evaluation of genetic diversity and classification of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes in Mashhad condition

Seyed Hasan Marashi[1], Alireza Seifi[2], Jafar Nabati[3*], Alireza Hasanfard[4], Afsaneh Yousefi[5]
1,2. Department of Crop Biotechnology and Breeding, Ferdowsi University of Mashhad, 3. Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, 4,5. Department of Agrotechnology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
(Received: August 23, 2022 - Accepted: October 22, 2022)

ABSTRACT
Considering the limited production of edible oil in the country, selectivity of the genotypes of valuable oilseeds like sesame is important. A randomized complete block design with three replications was conducted in the research farm of the Ferdowsi University of Mashhad in 2021, to investigate 20 sesame genotypes' yield, and yield components and determine the most important traits affecting the yield. The results showed that Afghan1, Afghan3, and Afghan5 genotypes had the highest number of capsules plant^{-1}, 1000-seed weight, biological yield, and seed yield. Also, the correlation analysis between the traits showed that seed yield had a positive and significant correlation with the number of capsules per plant ($r=0.58^{**}$), and 1000-seed weight ($r=0.42^{**}$), respectively. Based on the principal component analysis, in total two components explained 83.1% of the variation in data. The first component explained 57.7%, and the second component showed 15.2% of the most changes in variation between genotypes. Then, these two components used to determine the distribution and distinguish the best genotypes in the results. As a result of cluster analysis, genotypes were categorized into three groups based on yield and yield components. The genotypes of the third group (Afghan1, Afghan3, Afghan4, Afghan5, and Afghan7) had a higher average in the investigated traits than other groups. These results indicate that the most effective traits in sesame yield are the number of capsules per plant and the 1000-seed weight. Since high yield is one of the important breeding goals in sesame; therefore, genotypes with these characteristics can be introduced as superior genotypes.
Keywords: Capsule, cluster analysis, correlation, factor analysis, yield.

تنوع ژنتیکی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های کنجد (*Sesamum indicum* L.) در شرایط آب و هوایی مشهد

سید حسن مرعشی[۱]، علیرضا سیفی[۲]، جعفر نباتی[۳*]، علیرضا حسن فرد[۴]، افسانه یوسفی[۵]
۱و۲- به‌ترتیب استاد و استادیار، گروه بیوتکنولوژی و به‌نژادی گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۳- استادیار گروه بقولات پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد، ٤و۵- به‌ترتیب دکتری و دانشجوی دکتری، گروه اگروتکنولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۶/۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۷/۳۰)

چکیده
به‌گزینی ژنوتیپ‌های گیاهان دانه روغنی ارزشمند مانند کنجد به‌علت محدودیت تولید روغن خوراکی در کشور ضروری است. به‌منظور بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و تعیین مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد ۲۰ ژنوتیپ کنجد، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۱۴۰۰ اجرا شد. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های افغان۱، افغان۳ و افغان۵ بیشترین تعداد کپسول در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و زیست‌توده را به خود اختصاص دادند. همچنین نتایج حاصل از همبستگی بین صفات نشان داد که عملکرد دانه به‌ترتیب با تعداد کپسول در بوته (r=۰/۵۳) و وزن هزار دانه (r=۰/٤۲**) همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد. بر اساس نتایج تجزیه به عامل‌ها، سه عامل درمجموع ۸۳/۱ درصد از تغییرات موجود در کل داده‌ها را توجیه کردند. عامل اول (۵۷/۷ درصد) و دوم (۱۵/۲ درصد) بیشترین تغییرات واریانس داده‌ها را توجیه کردند. از این دو عامل، به‌منظور به‌دست‌آوردن پراکنش و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر استفاده شد. همچنین باتوجه‌به نتایج تجزیه خوشه‌ای بر اساس عملکرد و اجزای عملکرد، ژنوتیپ‌های مورد بررسی در سه گروه دسته‌بندی شدند که ژنوتیپ‌های گروه سوم (افغان۱، افغان۳، افغان٤، افغان۵ و افغان۷) ازنظر اکثر صفات مورد بررسی میانگین بالاتری در میان سایر گروه‌ها و همچنین میانگین کل ژنوتیپ‌ها داشتند؛ بر اساس این نتایج می‌توان عنوان کرد صفات تعداد کپسول در بوته و وزن هزار دانه ازجمله صفات بسیار مؤثر در عملکرد کنجد بوده و ازآنجایی‌که عملکرد بالا یکی از اهداف مهم اصلاحی در کنجد است؛ بنابراین ژنوتیپ‌هایی با این خصوصیات را می‌توان به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر معرفی کرد.**
واژه‌های کلیدی: **تجزیه به عامل‌ها، تجزیه خوشه‌ای، عملکرد، کپسول، همبستگی.**

*Corresponding author e-mail: jafarnabati@ferdowsi.um.ac.ir

مقدمه

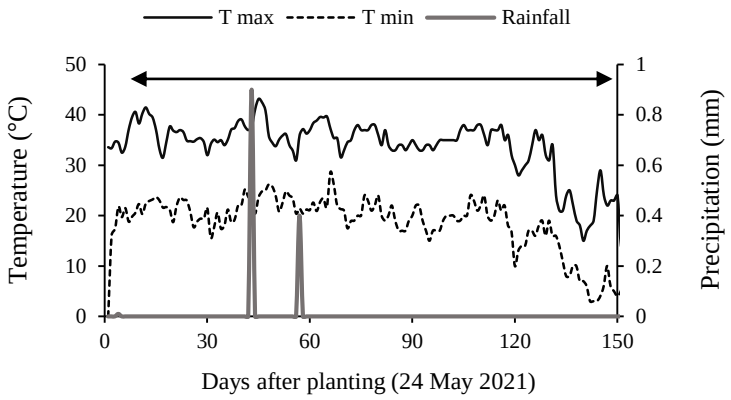
با افزایش جمعیت جهان نیاز به مواد غذایی ازجمله دانه‌های روغنی رو به افزایش است (Desire *et al*., 2021). دانه‌های روغنی پس از غلات دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند و از نظر اسیدهای چرب و پروتئین از جایگاه ویژه‌ای برخوردار هستند (Zanetti *et al*., 2013). در ایران مصرف روغن‌های گیاهی باتوجه‌به افزایش جمعیت کشور و تغییر الگوی غذایی مردم در حال افزایش است. از طرفی نیاز به واردات بخش اعظم روغن خوراکی و تداوم این روند، ضرورت سنجش امکانات و پتانسیل‌ها و برنامه‌ریزی جامع برای توسعه کشت دانه‌های روغنی را بیش‌ازپیش مورد تأکید قرار داده است (Helali, 2018). علاوه بر این، کنجاله کنجد (*Sesamum indicum* L.) به‌عنوان یک منبع پروتئینی در تغذیه دام حایز اهمیت می‌باشد. کنجاله کنجد تقریباً حاوی ۴۲ درصد پروتئین خام است و می‌تواند به‌عنوان جایگزین مناسب برای کنجاله سویا (*Glycine max* L.) در خوراک دام در نظر گرفته شود (Shahizad *et al*., 2019).

کنجد از خانواده Pedaliaceae به‌دلیل سهولت استخراج، پایداری روغن و تحمل بالا به خشکی و گرما به‌عنوان کشت تابستانه اهمیت زیادی در توسعه کشاورزی مناطق خشک و نیمه‌خشک دارد (Masoudi & Ahmadi, 2019; Yadav *et al*., 2022; Rezvani Moghadam *et al*., 2010; Weiss, 2000). وجود اسیدهای چرب اشباع‌نشده بالا، حضور برخی از آنتی‌اکسیدان‌ها و میزان پایین کلسترول، کیفیتی مطلوب به روغن کنجد بخشیده است (Gholinezhad & Darvishzadeh, 2018). این موارد در کنار مقادیر بالای پروتئین، ویتامین‌ها و لیگنان‌های مختلف منجر شده است تا گیاه کنجد نقش بسیار مهمی در حفظ امنیت غذایی دارا باشد (Li *et al*., 2018). طبق آمار فائو در سال ۲۰۲۰ میزان سطح زیر کشت کنجد در ایران ۴۲ هزار هکتار، میانگین عملکرد دانه ۶۹۰ کیلوگرم در هکتار و میزان تولید دانه کنجد ۲۹ هزار تن بوده برآورد شده است (FAO, 2021) که این وضعیت می‌تواند با انتخاب ارقام باکیفیت و پتانسیل سازگاری بالا به شرایط آب‌وهوایی مختلف بهبود یابد (Yol & Uzun, 2012). عدم به‌کارگیری روش‌های نوین کشت و نیز فقدان مواد ژنتیکی اصلاح‌شده (ارقام جدید) سازگار به مناطق مختلف کشور، منجر به کاهش عملکرد شده است. از طرف دیگر، عمده زراعت کنجد در ایران با استفاده از توده‌های بومی صورت می‌گیرد (Rmazani & Mansouri, 2017; Dossa *et al*., 2017) که از معایب آن می‌توان به دیررسی، غیر یکنواختی و حساسیت به بیماری‌ها اشاره کرد (Yadav *et al*., 2022; Zeinalzadeh *et al*., 2021). در این راستا، استفاده از ارقام اصلاح‌شده می‌تواند موجب افزایش کمی و کیفی روغن در گیاه کنجد شود و موفقیت در یک برنامه به‌نژادی بستگی به تنوع ژنتیکی و انتخاب مؤثر ژنوتیپ‌های برتر دارد (Masoudi & Ahmadi, 2019). گزینش ژنوتیپ‌ها توسط روش‌های آماری چند-متغیره همچون همبستگی و تجزیه علیت، رگرسیون چندمتغیره، تجزیه به عامل‌ها و تجزیه خوشه‌ای انجام می‌شود. به‌طورکلی مطالعات همبستگی و استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره این امکان را فراهم می‌سازد تا صفات مهم و تعیین‌کننده عملکرد و میزان سهم نسبی هریک بر عملکرد مشخص شود (Askari *et al*., 2016). نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که عملکرد دانه، زیست‌توده، شاخص برداشت و تعداد کپسول در بوته از صفات مهم مرتبط با عملکرد کنجد محسوب می‌شوند (Ranjithkumar *et al*, 2022; Roy *et al*., 2022). علاوه‌براین، همبستگی و تجزیه مسیر

نشان داده است که صفات تعداد دانه در کپسول و ارتفاع بوته اثر مستقیم مثبت و همبستگی مثبت معنی‌داری با عملکرد دانه دارند؛ بنابراین می‌توان این صفات را به‌عنوان معیاری برای بهبود عملکرد دانه در برنامه‌های اصلاحی کنجد در نظر گرفت (Kalaiyarasi *et al*., 2019). نتایج مطالعه ۷۰۵ توده کنجد نشان داد تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه به‌منظور افزایش عملکرد می‌توانند به‌طور مستقیم مورد گزینش قرار گیرند (Zhou *et al*., 2018). نتایج پژوهش‌های پیشین در بررسی سازگاری و روابط صفات کمی در ۱۴ لاین برتر کنجد به‌همراه رقم اولتان و توده محلی بیرجند با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه خوشه‌ای نشان داد که صفات تعداد شاخه فرعی، وزن هزار دانه و عملکرد کل بیشترین وزن را در گروه‌بندی ارقام داشتند و بر اساس صفات ذکرشده برای کشت کنجد در منطقه بیرجند، توده محلی بیرجند توصیه شده است (Ramazani & Mansouri, 2017). در پژوهشی دیگر ۶۵ ژنوتیپ کنجد ازنظر صفات مورفولوژیک و زراعی ازجمله ارتفاع بوته، تعداد انشعاب در بوته، تعداد کپسول در بوته، وزن دانه و عملکرد دانه در پنج گروه توسط تجزیه خوشه‌ای گروه‌بندی شدند (Srikanth & Ghodke, 2022). شناسایی ژنوتیپ‌های برتر حاصل از آزمایش‌های سازگاری می‌تواند منجر به معرفی ارقام جدید و جایگزینی آن‌ها با توده‌های بومی فعلی شود. هدف از این پژوهش بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های کنجد بر اساس گزینش صفات مطلوب در شرایط آب‌وهوایی مشهد بود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار با ۲۰ ژنوتیپ کنجد در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب شرق مشهد (عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) در سال زراعی ۱۴۰۰ اجرا شد. قبل از کاشت، عملیات آماده‌سازی زمین و خاک‌ورزی انجام شد و هر کرت شامل چهار ردیف با فاصله ۵۰ سانتی‌متر بود و فاصله کرت‌ها و بلوک‌ها از یکدیگر یک و نیم متر در نظر گرفته شد. فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۸ سانتی‌متر با تراکم ۱۱۱ هزار بوته در هکتار کشت شد. در این آزمایش آبیاری به روش جوی و پشته‌ای انجام شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی با فواصل هر هفت روز یک‌بار انجام شد. کنترل علف‌های هرز در طول فصل رشد دو بار به‌صورت وجین دستی صورت گرفت و از هیچ‌گونه کود و سم شیمیایی استفاده نشد. مشخصات آب‌وهوایی و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش به‌ترتیب در شکل ۱ و جدول ۱ ارائه شده است. تاریخ کاشت دوم خردادماه و تاریخ برداشت ۱۹ مهرماه ۱۴۰۰ (۱۳۲ روز) بود.



شکل ۱- شرایط آب‌وهوایی رشد کنجد از کاشت تا برداشت (محدوده بین پیکان‌ها دوره رشد کنجد را نشان می‌دهد).

Figure 1. Weather conditions during the growing season, from the sowing date to harvest time (The range between the arrows shows the period of sesame growth).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی (۰-۳۰ سانتی‌متر).

Table 1. Physical and chemical properties of experimental field soil (0-30 cm).

Soil texture	Electrical conductivity ($dS.m^{-1}$)	Soil pH	Mineral carbon (%)	Nitrogen (%)	Phosphorus ($mg.Kg^{-1}$)	Potassium ($mg.Kg^{-1}$)
Loam	2.75	7.39	1.05	0.063	14	117

در پایان فصل رشد، پس از رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، ارتفاع اولین کپسول، عملکرد دانه، زیست‌توده و اجزای عملکرد شامل تعداد شاخه فرعی، تعداد کپسول در بوته و وزن هزار دانه در پنج بوته به‌صورت تصادفی اندازه‌گیری شد.

تجزیه به عامل‌ها با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه اصلی برآورد شدند. سپس به‌منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد بررسی، تجزیه خوشه‌ای مبتنی بر روش وارد (Ward) مورد استفاده قرار گرفت. به‌منظور تأیید صحت گروه‌بندی انجام‌شده، از تجزیه واریانس چندمتغیره و تجزیه تابع تشخیص استفاده شد. توابع تشخیص به‌دست‌آمده از نوع توابع خطی فیشر بودند. گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از دو عامل اصلی اول که بیشترین درصد تغییرات را توجیه کردند، صورت گرفت. برای بررسی تفاوت گروه‌ها ازلحاظ صفات مختلف، مقایسه میانگین گروه‌ها برای صفات مورد بررسی انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. همچنین، برای آزمون نرمال‌بودن داده‌ها و یکنواختی واریانس‌ها از نرم‌افزار Minitab16 و برای تجزیه واریانس چندمتغیره، تجزیه تابع تشخیص، تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و ترسیم نمودارهای دوبعدی از نرم‌افزارهای SPSS19 و STATISTICA8 و برای آنالیز همبستگی صفات از نرم‌افزار JMP4 استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد

در آزمایش حاضر صفات مورد ارزیابی در ژنوتیپ‌های کنجد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد مطالعه در کنجد در شرایط آب و هوایی مشهد.

Table 2. Analysis of variance (mean of squares) of different sesame traits under Mashhad climatic conditions.

S.O.V	df	Plant height	Lowest capsule height	Branch no.	Capsule no. plant^{-1}	Biomass plant^{-1}	Grain weight plant^{-1}	1000-grain weight	Biological yield	Grain yield	Harvest index
Block	2	1321**	140**	2.02**	469*	817**	4.08*	0.22**	9404199**	244414**	195**
Genotypes	19	133**	195**	2.34**	1580**	279**	60.68**	0.72**	3316189**	715835**	166**
Error	38	45.05	14.50	0.24	193.3	60.52	1.91	0.072	818232	23192	21.75
CV (%)	--	7.97	10.04	14.03	14.03	18.86	29.84	8.85	20.07	29.91	44.41

** و * به‌ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال یک درصد و پنج درصد می‌باشد.

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

نتایج حاصل از مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها (جدول ۳) نشان داد که ژنوتیپ داورزن، افغان۱ و بشرویه دارای بیشترین ارتفاع بوته بودند که با هم تفاوت معنی‌داری نشان ندادند و کمترین ارتفاع بوته مربوط به ژنوتیپ طبس بود. ژنوتیپ کهنوج از ارتفاع اولین کپسول بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بود. ارتفاع بوته مناسب، به‌منظور برداشت مکانیزه کنجد مؤثر می‌باشد؛ لذا ارتفاع بوته در کنجد حائز اهمیت بوده و وجود تنوع ژنتیکی برای این صفت، امکان انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب ازلحاظ ارتفاع را فراهم می‌آورد (Takele *et al*., 2022).

بیشترین تعداد شاخه فرعی مربوط به ژنوتیپ افغان۱ بود و کمترین مقدار این صفت مربوط به ژنوتیپ داورزن با میانگین ۱/۹۳ بود. تعداد شاخه در بوته در برنامه‌های اصلاحی کنجد، صفتی مهم محسوب می‌شود؛ زیرا انواع تک ساقه زودرس‌تر هستند و معمولاً یکنواختی رسیدگی بیشتری نسبت به انواع منشعب دارند (Khajehpour, 2013). ژنوتیپ داورزن دارای بیشترین تعداد کپسول در بوته بود و پس از آن ژنوتیپ افغان۱ بیشترین تعداد کپسول در بوته را به خود اختصاص داد.

ژنوتیپ بشرویه بیشترین وزن هزار دانه و پس‌ازآن ژنوتیپ افغان۱ و افغان۵ بیشترین مقدار این صفت را به خود اختصاص دادند. ازنظر صفت وزن خشک اندام هوایی تک-بوته و زیست‌توده افغان۱ بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد و به‌ترتیب ژنوتیپ‌های کهنوج و وحدتی۲ کمترین مقدار زیست‌توده را دارا بودند.

عملکرد دانه تنوع گسترده‌ای را نشان داد؛ به‌طوری‌که ژنوتیپ افغان۱ با تولید ۲۱۰۹ کیلوگرم در هکتار و ژنوتیپ کهنوج با عملکرد ۴۶ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را به‌خود اختصاص دادند. همچنین ژنوتیپ افغان۱ از بیشترین شاخص برداشت برخوردار بود و کمترین مقدار این صفت مربوط به ژنوتیپ کهنوج بود (جدول ۳). ژنوتیپ افغان۱ با شاخص برداشت بالا، میزان بیشتری از ماده خشک را به دانه‌ها اختصاص داده است. به عبارت دیگر با توزیع بیشتر مواد فتوسنتزی به مخازن، قسمت زیادی از ماده خشک به عملکرد دانه تخصیص یافته است.

عملکرد دانه در گیاهان زراعی یک ویژگی کمّی و پیچیده است که تحت تأثیر اجزای عملکرد و خصوصیات زراعی است؛ لذا آگاهی از نقش و تأثیر این اجزا و صفات زراعی موثر بر عملکرد و شناخت روابط بین آن‌ها برای عملیات اصلاحی و به‌نژادی ضروری است (Koochaki & Banayan, 1994; Bayat & Vaezi, 2016). تولید شاخ و برگ بیشتر در گیاه موجب افزایش

جـذب نـور و فتوسنتز در گیاه شده که این امر موجب می‌شود تا گیاه در تولید عملکرد نهایی و افزایش وزن دانه‌ها نیز موفق عمل کنـد (Torabi *et al*., 2007). به‌طوری‌که ژنوتیپ افغان۱ با بیشترین تعداد شاخه فرعی بیشترین وزن دانه و عملکرد دانه را به خود اختصاص داد. دراین‌رابطه، نتایج پژوهش‌های پیشین نشان داد ژنوتیپ‌هایی با تعداد شاخه بارور، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و عملکرد دانه بیشتر می‌تواند به‌عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب معرفی شوند (Vivek *et al*., 2022). همچنین در مطالعه دیگری صفات تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، ارتفاع بوته و عملکرد دانه را به‌عنوان معیاری برای انتخاب ژنوتیپ برتر در نظر گرفتند (Kalaiyarasi *et al*., 2019).

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های کنجد در شرایط آب و هوایی مشهد.

Table 3. Mean comparison of different genotypes of sesame under Mashhad climatic conditions.

Genotypes	Plant height (cm)	Lowest capsule height (cm)	Branch no.	Capsule no. plant^{-1}	Biomass (g.plant^{-1})	Grain weight (g.plant^{-1})	1000-grain weight (g)	Biological yield (kg.ha^{-1})	Grain yield (kg.ha^{-1})	Harvest index (%)
Afghan 1	95.0^{ab}	36.4^{bc}	4.73^{a}	91.8^{ab}	66.5^{a}	19.17^{a}	3.56^{a-c}	7313^{a}	2109^{a}	30.3^{a}
Afghan 2	80.9^{a-c}	28.5^{c}	2.20^{de}	69.3^{a-g}	38.0^{bc}	2.69^{de}	2.83^{c-g}	4180^{b}	296de	8.31^{cd}
Afghan 3	87.7^{a-c}	35.9^{bc}	4.60^{a}	83.3^{a-d}	51.3^{a-c}	8.18^{bc}	3.10^{b-g}	5646^{ab}	899^{bc}	15.9^{a-c}
Afghan 4	85.9^{a-c}	43.3^{b}	4.06^{ab}	78.1^{a-f}	48.7^{a-c}	3.17^{de}	3.04^{c-g}	5359^{ab}	350de	6.47^{cd}
Afghan 5	85.9^{a-c}	35.5^{bc}	2.40^{de}	83.6^{a-d}	54.7^{ab}	9.02^{b}	3.90^{ab}	6017^{ab}	991^{b}	16.6^{a-c}
Afghan 6	83.6^{a-c}	32.9^{bc}	2.46^{de}	56.6^{a-g}	30.0^{c}	1.24^{de}	2.26^{g}	3300^{b}	137de	4.13^{cd}
Afghan 7	76.7^{bc}	39.8^{bc}	3.67^{a-d}	54.9^{a-h}	34.0^{bc}	1.57^{de}	2.80^{c-g}	3740^{b}	173de	4.61c^{d}
Afghan 8	79.3^{b-c}	36.3^{bc}	3.60^{a-d}	89.9^{a-c}	52.8^{a-c}	8.99^{b}	3.00^{c-g}	5809^{ab}	989^{b}	17.2^{a-c}
Boshrooyeh	91.5^{a-c}	38.1^{bc}	4.56^{a}	46.4^{d-h}	34.9^{bc}	2.99^{de}	4.20^{a}	3839^{b}	328de	9.48^{cd}
Davarzan	101^{a}	44.6^{b}	1.93^{e}	97.8^{a}	44.0^{a-c}	3.29^{de}	3.10^{b-g}	4817^{ab}	362de	7.83^{cd}
Eshghabad	81.3^{a-c}	38.5^{bc}	4.20^{ab}	49.9^{c-h}	35.3^{bc}	2.82^{de}	3.40^{a-d}	3886^{b}	310de	9.07^{cd}
Feizabad	80.1^{b-c}	32.9^{bc}	4.20^{ab}	40.8^{e-h}	34.1^{bc}	2.05^{de}	3.00^{c-g}	3748^{b}	225de	6.24^{cd}
Gorgan	87.1^{a-c}	29.5^{c}	2.53^{de}	61.7^{a-g}	47.1^{a-c}	9.53^{b}	3.43^{a-d}	4600^{ab}	1048^{b}	24.9^{ab}
Kahnooj	90.5^{a-c}	66.7^{a}	2.73^{b-e}	12.3^{h}	31.3^{bc}	0.42^{e}	2.45^{fg}	3446^{b}	46.0^{e}	1.29^{d}
Kalat	88.1^{a-c}	33.6^{bc}	3.93^{a-d}	51.6^{a-h}	41.3^{bc}	1.47^{de}	3.16^{b-f}	4546^{ab}	161de	3.20^{cd}
Sarayan	79.8^{bc}	35.1^{bc}	4.46^{a}	37.4^{f-h}	40.7^{bc}	2.88^{de}	2.48^{fg}	4473^{b}	316de	7.45^{cd}
Tabas	74.1^{c}	33.0^{bc}	3.53^{a-d}	41.9^{e-h}	32.0^{bc}	1.88^{de}	2.55^{fg}	3520^{b}	206de	5.82^{cd}
Torbat-e-Jam	80.9^{a-c}	33.5^{bc}	3.72^{a-d}	42.8^{e-h}	40.0^{bc}	5.40^{bd}	3.13^{b-f}	4400^{b}	594^{bd}	14.5^{bc}
Vahdati1	76.5^{bc}	39.7^{bc}	4.00^{a-c}	54.0^{a-h}	36.7^{bc}	4.02^{a-e}	2.66^{d-g}	4033^{b}	442^{c-d}	11.7^{bd}
Vahdati 2	83.8^{a-c}	44.1^{b}	2.80^{a-d}	33.9^{g-h}	31.3^{bc}	1.79^{de}	2.59^{e-g}	3446^{b}	197de	4.86^{cd}

مقادیر دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون آماری دانکن می‌باشند.

Values in each column followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range test, No: Number.

تعیین ضرایب همبستگی صفات

شناخت رابطه بین عملکرد دانه و صفات مورفولوژیک در انتخاب ژنوتیپ برتر، از اهمیت زیادی برخوردار است. بر اساس میانگین ژنوتیپ‌ها ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی محاسبه شدند. نتایج نشان داد که عملکرد دانه به‌ترتیب با تعداد شاخه فرعی (r=۰/۵۳**)، تعداد کپسول در دانه (r=۰/۵۸**) و وزن هزار دانه (r=۰/۴۲**) همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد. بیشترین ضرایب همبستگی به‌ترتیب بین زیست‌توده با وزن خشک اندام هوایی تک‌بوته (r=۰/۹۷**)، عملکرد دانه با وزن دانه تک-بوته (r=۰/۹۰**)، شاخص برداشت با وزن دانه تک‌بوته (r=۰/۸۹**) و شاخص برداشت با عملکرد دانه (r=۰/۸۹**)

مشاهده شد (جدول ۴). در بررسی انجام‌شده، روی ۱۲ ژنوتیپ کنجد همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد شاخه فرعی، وزن کپسول در بوته و وزن هزار دانه مشاهده شد (Askari *et al*., 2016; Zhou *et al*., 2018). در دیگر پژوهش‌ها همبستگی بین تعداد شاخه فرعی، تعداد کپسول در بوته و وزن هزار دانه با عملکرد مثبت و معنی‌دار گزارش شده است (Patil & Lokesha, 2018; Kumar *et al*., 2022). همبستگی این صفات با عملکرد دانه می‌تواند به‌دلیل وجود پیوستگی قوی بین ژن‌های کنترل‌کننده این صفات با عملکرد دانه باشد (Tahmasebi *et al*., 2021). بر مبنای مطالعات یادشده عوامل مهم مؤثر در عملکرد کنجد شامل وزن هزار دانه، تعداد شاخه فرعی و تعداد کپسول در بوته هستند و لذا می‌توانند معیارهای مناسبی برای انتخاب ژنوتیپ برتر محسوب شوند. در آزمایش حاضر، همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با زیست‌توده نشان می‌دهد که فرایند انتقال و تسهیم فراورده‌های فتوسنتزی به مخزن به‌طور مستقیم با منبع در ارتباط است. بنابراین توانایی بالا در تولید زیست‌توده می‌تواند به افزایش تولید کپسول در بوته و درنهایت افزایش عملکرد دانه منجر شود.

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های کنجد در شرایط آب و هوایی مشهد.

Table 4. Correlation coefficient between yield and yield components of sesame genotypes under Mashhad climatic conditions.

Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Plant height	1									
2. Lowest capsule height	0.30^{**}	1								
3. Branch no.	-0.04^{ns}	-0.17^{ns}	1							
4. Capsule no. plant^{-1}	-0.24^{ns}	0.27^{*}	0.03^{ns}	1						
5. Biomass plant^{-1}	-0.01^{ns}	0.43^{**}	0.24^{ns}	0.69^{**}	1					
6. Grain plant^{-1}	-0.19^{ns}	0.12^{ns}	0.25^{ns}	0.58^{**}	0.67^{**}	1				
7. 1000- grain weight	-0.25^{ns}	0.29^{*}	0.14^{ns}	0.28^{*}	0.35^{**}	0.42^{**}	1			
8. Biological yield	-0.01^{ns}	0.43^{**}	0.25^{ns}	0.69^{**}	0.97^{**}	0.63^{**}	0.33^{**}	1		
9. Grain yield	-0.19^{ns}	0.12^{ns}	0.53^{**}	0.58^{**}	0.67^{**}	0.90^{**}	0.42^{**}	0.63^{**}	1	
10. Harvest index	-0.26^{*}	-0.03^{ns}	0.18^{ns}	0.40^{**}	0.37^{**}	0.89^{**}	0.41^{**}	0.30^{**}	0.89^{**}	1

ns، * و ** به‌ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد می‌باشد.

ns, * and ** are non-significant and significant at 5% and 1% probability levels

تجزیه به عامل‌ها

روش تجزیه به عامل‌ها یکی از روش‌های آماری چند-متغیره است که در آن می‌توان تعداد زیادی از متغیرهای همبسته را به تعداد کمتری عامل اصلی کاهش داد. پارامترهای حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی شامل مقادیر ویژه، درصد واریانس توجیه‌شده، درصد واریانس تجمعی در جدول ۵ نمایش داده شده است. در این مطالعه تجزیه به عامل‌ها با استفاده از داده‌های استانداردشده نشان داد که هر سه عامل دارای مقادیر ویژه بالاتر از یک بود و درمجموع ۸۳/۱ درصد تغییرات کل را شامل شدند (جدول ۵). عامل اول ۵۷/۷ درصد از تغییرات را توجیه کرد که شامل تعداد کپسول در بوته، وزن خشک اندام هوایی، وزن دانه تک‌بوته، وزن هزار دانه، زیست‌توده، عملکرد دانه و شاخص برداشت با بار منفی بود. عامل اول نشان‌دهنده ژنوتیپ‌هایی با صفات تعداد کپسول در بوته، وزن خشک اندام هوایی در تک‌بوته، وزن دانه تک‌بوته، وزن

هزار دانه، زیست‌توده، عملکرد دانه و شاخص برداشت پایین است. این عامل نشان‌دهنده ژنوتیپ‌هایی با تعداد کپسول در بوته، وزن خشک اندام هوایی در تک بوته، وزن دانه تک‌بوته، وزن هزار دانه، زیست‌توده، عملکرد دانه و شاخص برداشت کمتری هستند. عامل دوم حدود ۱۵/۲ درصد تغییرات را توجیه کرد که شامل ارتفاع بوته و ارتفاع اولین کپسول با بار منفی بود. عامل سوم ۱۰/۲ درصد از تغییرات را توجیه کرد که تعداد شاخه فرعی با بار مثبت بیشترین تأثیر را در این عامل داشت؛ این عامل نشان‌دهنده ژنوتیپ‌هایی با تعداد شاخه فرعی بیشتری است (جدول ۵). ازآنجایی‌که عملکرد دانه مهم‌ترین ویژگی در به‌گزینی ژنوتیپ‌ها است، گزینش بر اساس عامل اول به‌علت ضریب بیشتر این ویژگی، به غربال ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه بالا منجر خواهد شد.

جدول ۵- ضرایب حاصل از تجزیه به عامل‌ها در ژنوتیپ‌های کنجد.

Table 5. Factor analysis for sesame genotypes.

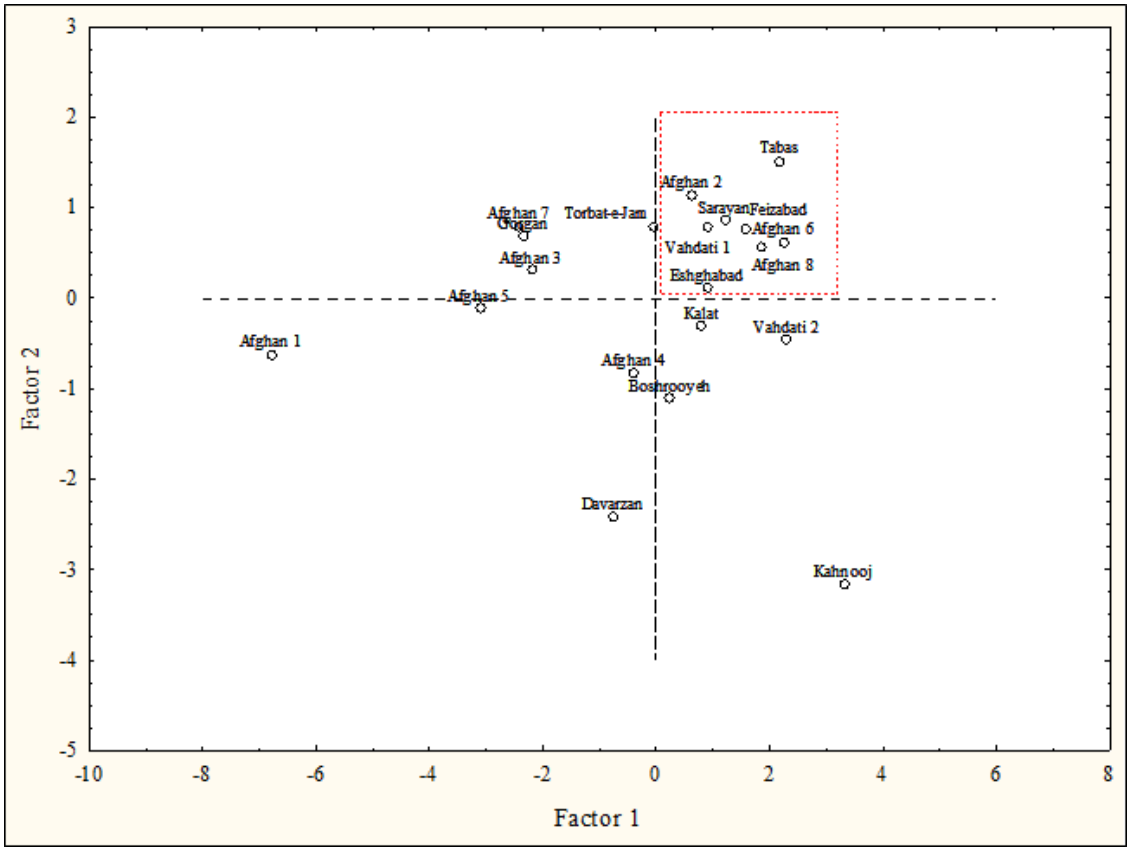
	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Plant height	-0.391	-0.824	0.114
Lowest capsule height	0.306	-0.678	0.512
Branch no.	-0.229	0.559	0.738
Capsule no. plant^{-1}	-0.779	-0.128	-0.382
Biomass plant^{-1}	-0.960	-0.061	0.002
Grain plant^{-1}	-0.957	0.066	0.051
1000- grain weight	-0.626	-0.102	0.207
Biological yield	-0.942	-0.060	0.034
Grain yield	-0.957	0.066	0.051
Harvest index	-0.913	0.153	-0.022
Eigen value	5.77	1.52	1.02
Cumulative variance %	57.7	72.9	83.1

باتوجه‌به‌اینکه دو عامل اصلی اول و دوم به‌ویژه عامل اول بیشترین تغییرات واریانس داده‌ها را توجیه کردند از صفات تعداد کپسول در بوته، وزن خشک اندام هوایی در تک‌بوته، وزن دانه تک‌بوته، وزن هزار دانه، زیست‌توده، عملکرد دانه و شاخص برداشت برای به‌دست‌آوردن پراکنش و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر در دستگاه مختصات استفاده شد (شکل ۲). همان‌طور که ملاحظه می‌شود ژنوتیپ‌های طبس، افغان۲، سرایان، فیض‌آباد، افغان۶، وحدتی۱، افغان۸، عشق‌آباد ازنظر عامل اول از ضرایب پایینی برخوردارند و به‌عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین معرفی می‌شوند (شکل ۲). علاوه‌براین، نمودار دوبعدی نشان داد که ژنوتیپ افغان۱ از ضرایب بالایی برای عامل اول برخوردار است و به‌صورت ژنوتیپی با عملکرد و اجزای عملکرد بالا شناسایی شد (شکل ۲). همچنین در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، ژنوتیپ کهنوج با کمترین صفات از نظر تعداد کپسول در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد زیست‌توده به عنوان ژنوتیپی با کمترین عملکرد دانه معرفی شد (شکل ۲).

تجزیه خوشه‌ای

به‌منظور تعیین قرابت ژنوتیپ‌ها و گروه‌بندی آن‌ها بر-مبنای صفات مورد بررسی، از تجزیه خوشه‌ای به‌روش Ward و استفاده از فاصله ماهالانوبیس به‌منظور تعیین خویشاوندی ژنوتیپ‌ها و گروه‌بندی آن‌ها بر اساس صفات مهم زراعی استفاده شد. براین‌اساس، ژنوتیپ‌های مورد بررسی در سه گروه تقسیم‌بندی شدند که در گروه اول

هشت ژنوتیپ، در گروه دوم هفت ژنوتیپ و در گروه سوم پنج ژنوتیپ قرار گرفتند که خوشه سوم از میانگین‌های بالاتری نسبت به سایر گروه‌ها ازنظر عملکرد و اجزای عملکرد برخوردار بود (شکل ۳).



شکل ۲- پراکنش ژنوتیپ‌های کنجد بر اساس عوامل اول و دوم.

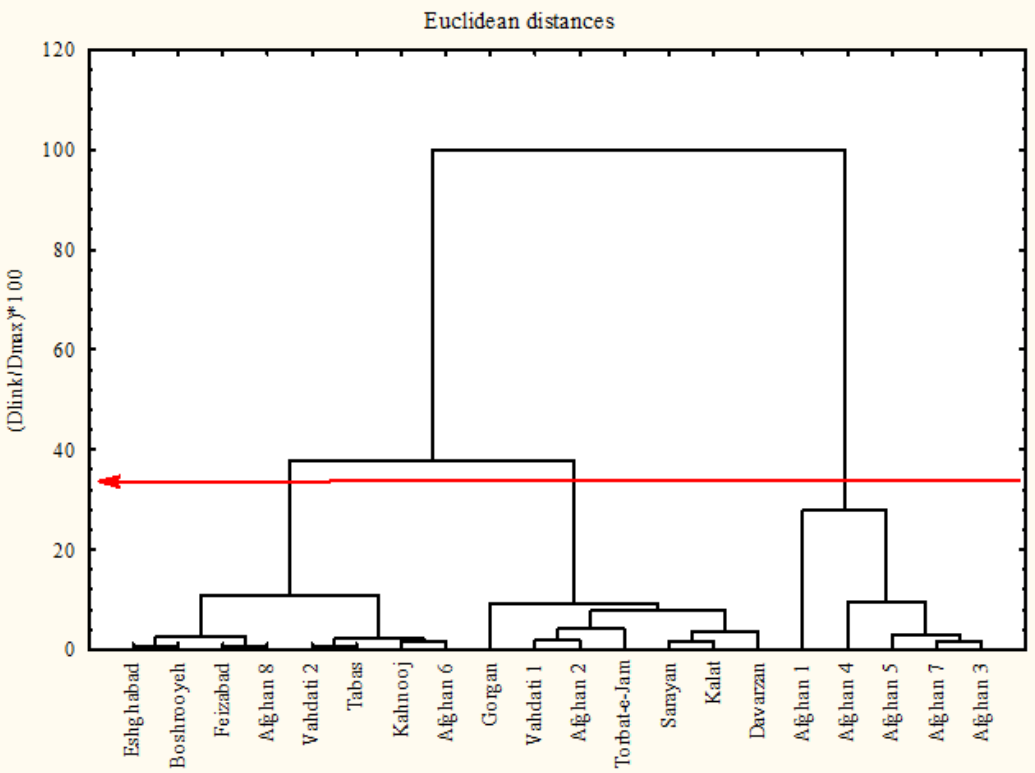
Figure 2. The distribution of different genotypes of sesame based on the operating results of the factor analysis.

به‌منظور تأیید تفاوت بین گروه‌ها، تجزیه واریانس چند-متغیره بر پایه طرح کاملاً تصادفی نامتعادل برای صفات مورد نظر انجام شد که در آن، آماره ویلکس لامبدا (Wilks' Lambda) در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۶)؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت بین بردار میانگین‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد. به‌این‌ترتیب، ژنوتیپ‌های قرارگرفته درون گروه‌ها نسبت به ژنوتیپ‌های قرارگرفته در گروه‌های متفاوت ازنظر صفات مورد بررسی، شباهت بیشتری با هم داشته و گروه‌بندی، به‌طور صحیح انجام شده است.

تجزیه تابع تشخیص

بررسی صحت گروه‌بندی‌های به‌دست‌آمده از روش تجزیه خوشه‌ای، از طریق تابع تشخیص انجام شد (جدول ۷). نتایج تجزیه تابع تشخیص نشان داد که تمامی ژنوتیپ‌ها به‌طور صحیح گروه‌بندی شده‌اند و میزان موفقیت تابع تشخیص برای تمام گروه‌ها ۱۰۰ درصد است که این مقدار را میزان موفقیت تابع تشخیص می‌گویند. میزان موفقیت نشان می‌دهد که تابع تشخیص تا چه حد در گروه‌بندی یا تشخیص بین گروه‌ها موفق بوده است. در این رابطه، پژوهشگران ۹۴ ژنوتیپ کنجد را ازنظر پنج صفت توسط

تجزیه خوشه‌ای به پنج گروه دسته‌بندی کردند و با تابع تشخیص نشان دادند که تمامی ژنوتیپ‌های مورد بررسی به‌طور صحیحی گروه‌بندی شدند و میزان موفقیت تابع تشخیص برای تمام گروه‌ها ۱۰۰ درصد بود (Masoudi & Ahmadi, 2019). همچنین مطالعه ۲۰ ژنوتیپ یونجه (*Medicago sativa* L.) ازلحاظ صفات زراعی و مورفولوژیک، در سه گروه دسته‌بندی شد و نتایج تابع تشخیص نشان داد ۱۰۰ درصد ژنوتیپ‌ها به گروه خود تعلق داشتند (Khodarahmpour & Motamedi, 2016).



شکل ۳- دندوگرام مربوط به گروه‌بندی ژنوتیپ‌های کنجد با استفاده از صفات مورد مطالعه.

Figure 3. Dendrogram of clustering of studied sesame genotypes based on traits.

جدول ۶– تجزیه واریانس چندمتغیره بر پایه طرح کاملاً تصادفی نامتعادل، آمارهٔ ویلکس لامبدا در ژنوتیپ‌های کنجد.

Table 6. Analysis variation of multi variables based on unbalanced completely randomized design (CRD) Wilks' Lambda in sesame genotypes.

Function	Df	Wilks' Lambda	Chi-square	Probability level
1	18	0.010	59.42	0.000
2	8	0.296	15.81	0.045

در تجزیه تابع تشخیص کانونیکی، متغیر اول کانونیک که مقادیر ویژه بالاتر از یک داشت، درمجموع ۹۲ درصد واریانس موجود را تبیین کردند که می‌تواند به‌عنوان معیاری مطمئن به‌منظور انتساب ژنوتیپ جدید به گروه صحیح مورد استفاده قرار گیرد (جدول ۸). همبستگی کانونیکی معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها با اولین متغیر کانونیک

(R=۰/۹۸**) و دومین متغیر کانونیک (R=۰/۸۳**) نشان‌دهنده این است که متغیرهای کانونیک تفاوت بین ژنوتیپ‌ها را به‌خوبی توجیه می‌کنند (جدول ۸).

جدول ۷- نتایج تابع تشخیص برای صحت گروه‌بندی ژنوتیپ‌های کنجد

Table 7. The results of discriminant function for clustering validity of sesame genotypes.

Group		Group Membership			Total
		1	2	3	
Total	1	8	0	0	8
	2	0	7	0	7
	3	0	0	5	5
Percent	1	100	0	0	100
	2	0	100	0	100
	3	0	0	100	100

۱۰۰ درصد گروه‌ها به‌طور صحیح گروه‌بندی شده‌اند. 100.0% of original grouped cases correctly classified.

ضرایب تشخیص استانداردشده کانونیکی همبستگی خطی ساده بین متغیرهای اصلی و متغیرهای کانونیکی را محاسبه می‌کند؛ لذا ضرایب تشخیص استانداردشده کانونیکی، منعکس‌کننده واریانس مشترکی است که متغیرهای کانونیک دارند و می‌تواند در ارزیابی توجیه نسبی هر متغیر در هر مرحله کانونیک مورد تفسیر قرار گیرد (Rencher, 2002). درواقع در تجزیه تشخیص کانونیکی، تفاوت گروه‌ها بر اساس همبستگی میان متغیرهای مستقل (صفات اندازه‌گیری‌شده) و ارتباط آن‌ها با متغیرهای وابسته (ژنوتیپ‌ها) می‌باشد (Vaylay & Van Santen, 2002).

بر اساس ضرایب استانداردشده کانونیکی، صفات زیست‌توده، شاخص برداشت، وزن خشک اندام هوایی در تک‌بوته و تعداد کپسول در بوته در اولین معادله تشخیص کانونیکی بالا بود. علاوه بر این صفات وزن دانه تک‌بوته و وزن هزار دانه در دومین معادله تشخیص کانونیکی قابل توجه بود (جدول ۸). بر مبنای نتایج به‌دست‌آمده این صفات بیشترین تأثیر را در تنوع بین ژنوتیپ‌ها مورد مطالعه دارند و به عبارتی سهم بیشتری از تنوع بین ژنوتیپ‌ها بر اساس این صفات قابل توجیه است.

در این بررسی، از متغیرهای کانونیکی معنی‌دار اول و دوم برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها استفاده شد (شکل ۴). بر این اساس سه گروه کاملاً مجزا به‌دست آمد و همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین فاصله بین گروه اول و سوم و کمترین فاصله بین گروه دوم و سوم مشاهده شد (شکل ۴). در برنامه‌های اصلاحی، انتخاب والدین مناسب برای برنامه‌های هیبریداسیون بسیار پراهمیت است که بهره‌برداری از حداکثر تنوع ژنتیکی را تسهیل می‌کند. تلاقی ژنوتیپ‌هایی که در یک گروه قرار دارند، نمی‌تواند پاسخ‌گوی انتظارات اصلاح‌گران برای به‌گزینی آنها باشد (Bertan *et al*., 2007)؛ بنابراین ژنوتیپ‌های مربوط به گروه دوم باوجود عملکرد بالا به‌دلیل فاصله ژنتیکی کم، بهتر است با گروه سوم تلاقی داده نشود. در برنامه‌های به‌نژادی به‌منظور ایجاد رقم هیبرید برای حصول حداکثر هتروزیس بهتر است از افراد مربوط به جمعیت‌هایی که در گروه‌های متفاوت و دارای فاصله بیشتر (گروه ۱ و ۳ در این پژوهش) هستند استفاده شود.

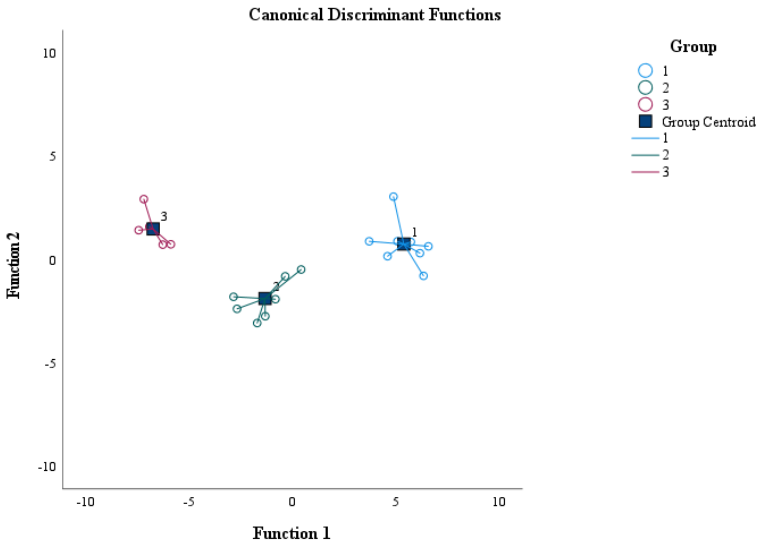
جدول ۸- ضرایب استاندارد کانونیکی صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های کنجد در شرایط آب و هوایی مشهد.

Table 8. Standardized canonical discriminant function coefficients measured groups in sesame genotypes under Mashhad climatic conditions.

Traits	Canonical Function	
	1	2
Plant height	0.002*	-1.79
Lowest capsule height	0.067	1.19*
Branch no.	0.507	0.33*
Capsule no. plant^{-1}	0.449*	1.09
Biomass plant^{-1}	1.91*	2.88
Grain plant^{-1}	8.43	6.73*
1000- grain weight	1.43	1.55*
Biological yield	-5.63*	-3.79
Harvest index	-6.79*	-6.45
Eigenvalue	27.6	2.38
Cumulative %	92.1	100
Canonical correlation	0.982**	0.839**

*: بالاترین همبستگی مشاهده‌شده بین هر صفت و متغیر کانونیکی

*: Largest absolute correlation between each variable and any discriminant function



شکل ۴- گروه‌بندی ژنوتیپ‌های کنجد بر اساس متغیرهای کانونیک معنی‌دار

Figure.4. Cluster grouping of sesame genotypes based on significant canonical variable

به‌منظور مطالعه دقیق‌تر گروه‌ها برای هر یک از صفات مورد مطالعه به‌صورت جداگانه تجزیه واریانس یک‌طرفه انجام شد (جدول ۹). نتایج نشان داد صفات تعداد کپسول در بوته، وزن خشک اندام هوایی تک‌بوته، وزن دانه تک-بوته، عملکرد دانه، زیست‌توده و شاخص برداشت بین گروه‌ها تفاوت معنی‌داری داشتند و در سایر صفات تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۹).

جدول ۹- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) گروه‌ها بر اساس صفات مورد مطالعه کنجد در شرایط آب و هوایی مشهد
Table 9. Analysis of variance (mean square) based on measured groups in sesame genotypes under Mashhad climatic conditions.

Traits	Between Groups	Within Groups
Df	2	17
Plant height	17.95^{ns}	47.75^{ns}
Lowest capsule height	62.97^{ns}	65.46^{ns}
Branch no.	0.678^{ns}	0.796^{ns}
Capsule no. plant^{-1}	3013^{**}	234^{**}
Biomass plant^{-1}	739^{**}	17.19^{**}
Grain plant^{-1}	96.14^{**}	10.73^{**}
1000- grain weight	0.282^{ns}	0.237^{ns}
Biological yield	8985754^{**}	178295^{**}
Grain yield	1163490^{**}	129796^{**}
Harvest index	210^{*}	37.37^{*}

ns، * و ** به‌ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد می‌باشد.
^{ns}, * and ** are non-significant and significant at 5% and 1% probability levels

مقایسه میانگین گروه‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن برای ارتفاع بوته نشان داد که گروه سوم بیشترین میانگین را دارا بود و با گروه اول و دوم از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۱۰). ازنظر ارتفاع اولین کپسول گروه اول در بالاترین رتبه قرار گرفت و با گروه اول و دوم از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نشان نداد. تعداد شاخه فرعی در دو گروه اول و سوم بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند (جدول ۱۰). ازنظر تعداد کپسول در بوته گروه سوم بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد که تفاوت میانگین این گروه با میانگین کل ۴۵ درصد بود و با گروه اول و سوم از نظر آماری تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۱۰).

صفات وزن خشک اندام هوایی در تک بوته، وزن دانه تک بوته و وزن هزار دانه در گروه سوم بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد که نسبت به میانگین کل به‌ترتیب ۳۲، ۱۰۹ و ۹ درصد برتری داشت. ازنظر صفات زیست‌توده و عملکرد دانه گروه سوم در بالاترین رتبه قرار گرفت که نسبت به میانگین کل به ترتیب ۱۰۹ و ۳۲ درصد برتری داشت. صفت شاخص برداشت در گروه سوم بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد که نسبت به میانگین کل ۶۴ درصد برتری داشت و با گروه دوم در یک گروه آماری یکسان قرار گرفت (جدول ۱۰). گروه سوم ازنظر صفات ارتفاع، تعداد شاخه فرعی، تعداد کپسول در بوته، وزن خشک اندام هوایی در تک‌بوته، وزن دانه تک‌بوته، وزن هزار دانه، زیست‌توده، عملکرد دانه و شاخص برداشت بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد و از میانگین بالاتری نسبت به میانگین کل برخوردار بود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین صفات برای گروه‌ها (جدول ۱۰) ژنوتیپ‌های گروه سوم ازنظر اکثر صفات زراعی مورد بررسی در مقایسه با گروه اول و دوم، از مقادیر بالاتری برخوردار بودند. بدیهی است اگر میانگین یک صفت در یک گروه، از میانگین آن صفت در سایر گروه‌ها و همچنین میانگین کل بالاتر باشد، بدین مفهوم است که ژنوتیپ‌های آن صفت برای به‌گزینی مناسب هستند.

بر اساس این نتایج می‌توان عنوان کرد که ژنوتیپ‌های گروه سوم ازنظر صفات مؤثر مشخص‌شده در تعیین

ضرایب استانداردشده کانونیکی شامل تعداد کپسول در بوته، وزن خشک اندام هوایی در بوته، وزن دانه تک‌بوته، زیست‌توده و شاخص برداشت برتر هستند. باتوجه‌به نقش تعداد کپسول در بوته به‌عنوان عامل مهم مؤثر در عملکرد کنجد می‌تواند معیار مناسبی برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر محسوب شوند.

جدول ۱۰- مقایسه میانگین در صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های کنجد در شرایط آب و هوایی مشهد.

Table 10– Cluster analysis in seasem genotypes in mashhad condition.

Group 1	Eshgabad, Boshrooyeh, Feizabad, Afghan 8, Vahdati 2, Tabas, Kahnooj, Afghan 6			
Group 2	Gorgan, Vahdati 1, Afghan 2, Torbat-e-Jam, Sarayan, Kalat, Davarzan			
Group 3	Afghan 1, Afghan 4, Afghan 5, Afghan 7, Afghan 3			
Group number	Group 1	Group 2	Group 3	Total
Number of genotypes	8	7	5	20
Traits	Group mean	Group mean	Group mean	Total mean
Plant height (cm)	82.7^{a}±6.09	84.8^{a}±8.36	86.0^{a}±6.72	84.3±6.68
Lowest capsule height	40.7^{a}±11.20	34.9^{a}±5.64	37.5^{a}±10.1	37.9±8.08
Branch no.	3.52^{a}±0.78	3.20^{a}±0.970	3.88^{a}±0.870	3.50±0.885
Capsule no. plant^{-1}	42.1^{b}±14.20	59.2^{b}±20.1	86.4^{a}±20.5	59.2±23.0
Biomass (g.plant^{-1})	32.9^{c}±1.94	41.1^{b}±3.54	54.8^{a}±10.2	41.2±9.65
Grain (g.plant^{-1})	1.84^{b}±0.82	4.18^{b}±2.65	9.70^{a}±5.22	4.63±4.44
1000- grain weight (g)	2.90^{a}±0.62	2.97^{a}±0.320	3.32^{a}±0.570	3.04±0.492
Biological yield (kg.ha^{-1})	3615^{c}±214	4435^{b}±263	6029^{a}±1117	4506±1051
Grain yield (kg.ha^{-1})	203^{b}±90.7	460^{b}±291	1068^{a}±574	510±489
HI (%)	5.69^{b}±2.97	11.1^{ab}±7.02	17.3^{a}±7.73	10.5±7.45

حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میان گروه‌های مختلف است.

Means with the same letter are not significantly different from each other.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی ازنظر اکثر صفات زراعی تنوع فراوانی مشاهده شد. صفات تعداد کپسول در بوته، تعداد شاخه فرعی و وزن هزار دانه ازجمله صفات بسیار مؤثر در عملکرد کنجد بوده و ازآنجایی‌که عملکرد بالا یکی از اهداف مهم اصلاحی در کنجد است؛ بنابراین ژنوتیپ‌هایی با این ویژگی‌ها را می‌توان به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر معرفی کرد. همچنین استفاده از روش تجزیه خوشه‌ای در تمایز ژنوتیپ‌ها به زیرگروه‌های مشابه بر اساس صفات زراعی نتیجه مطلوبی داشت. به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های کنجد گروه سوم از عملکرد و اجزای عملکرد بالاتری برخوردار بودند؛ بنابراین با در-نظرگرفتن نتایج حاصل از روش‌های آماری مختلف، ژنوتیپ‌های افغان۱، افغان۳ و افغان۵ به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر به‌ویژه ازنظر عملکرد دانه شناخته شدند که دارای سازگاری بالایی به شرایط آب‌وهوایی مشهد بودند.

REFERENCES

1. Askari, A., Zabet, M., Ghaderi, M.G., Samadzadeh, A.R. & Shorvazdi, A. (2016). Choose the most important traits affecting on yield of some sesame genotypes (*Sesamum indicum* L.) in normal and stress conditions. *Journal of Crop Breeding*, 8(18), 78-87. (In Persian)

2. Bayat, F. & Vaezi, B. (2016). Evaluation of grain yield and yield components in some barley (*Hordeum Vulgare* L.) genotypes. *Journal of Crop Breeding*, 20(8), 220-227.
3. Bertan, I., de Carvalho, F.I. & Oliveira, A.C.D. (2007). Parental selection strategies in plant breeding programs. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 10(4), 211-222.
4. Desire, M.F., Blessing, M., Elijah, N., Ronald, M., Agather, K., Tapiwa, Z., Florence, M.R. & George, N. (2021). Exploring food fortification potential of neglected legume and oil seed crops for improving food and nutrition security among smallholder farming communities: A systematic review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 3, 1-11.
5. Dossa, K., Diouf, D., Wang, L., Wei, X., Zhang, Y., Niang, M., Fonceka, D., Yu, J., Mmadi, M.A., Yehouessi, L.W. & Liao, B. (2017). The emerging oilseed crop *Sesamum indicum* enters the "Omics" era. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1154.
6. Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/faostat/en/#compare.
7. Gholinezhad, E. & Darvishzadeh, R. (2018). Investigation the drought tolerance of sesame (*Sesamum indicum* L.) local landraces based on drought stress tolerance indices in different levels of irrigation and mycorrhizae. *Journal of Crop Breeding*, 10(26), 185-194. (In Persian)
8. Helali, A. (2017). *Investigating the share of domestically produced and imported oilseeds in the supply of household oil*. Planning Research Institute, Agricultural Economy and Rural Development.
9. Kalaiyarasi, R., Rajasekar, R., Lokeshkumar, M. Priyadharshini, A. & Mohanraj, M. (2019) .Correlation and path analysis for yield and yield traits in sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(11), 1251-1257.
10. Khajepour, M.R. (2013). *Industrial plants*. Isfahan University of Technology Publications.
11. Khodarahmpour, Z. & M. Motamedi. (2016). Study of genetic diversity of alfalfa (*Medicago sativa* L.) genotypes via multivariate analysis. *Journal of Crop Breeding*, 19, 163-169.
12. Koochaki, A. & Banayan, M. (1994). *Crop yield physiology*. Jahad Mashhad Press.
13. Kumar, V., Satyendra, S., Sinha, S., Singh, R.S. & Singh, S.N. (2022). Assessment of genetic variability, correlation and path analysis in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Plant Breeding*, 13, 208-215.
14. Li, D., Dossa, K., Zhang, Y., Wei, X., Wang, L., Zhang, Y., Liu, A., Zhou, R. & Zhang, X. (2018). GWAS uncovers differential genetic bases for drought and salt tolerances in sesame at the germination stage. *Genes*, 9(2), 87.96.
15. Masoudi, B. & Ahmadi, M. (2019). Evaluation of genetic diversity of agronomic and morphological traits of sesame genotypes. *Journal of Crop Breeding*, 11(31), 78-91. (In Persian)
16. Patil, M.K. & Lokesha, R. (2018). Estimation of genetic variability, heritability, genetic advance, correlation and path analysis in advanced mutant breeding lines of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Green Farming*, 9, 257-260.
17. Ramazani, S.H.R. & Mansouri, S. (2017). Relationships of quantitative traits in advanced lines of sesame. *Journal of Crop Breeding*, 9, 58-66. (In Persian)
18. Ranjithkumar, G., Bisen, R. & Kumar, K. (2022). Genetic variability studies for yield and its attributing traits in dark brown sesame (*Sesamum indicum* L.). *International Journal of Plant and Soil Science*, 34(8), 43-49.
19. Rencher, A.C. (2002). Interpretation of canonical discriminant functions, canonical variates, and principal components. *American Statistic*, 46, 217–225.
20. Rezvani Moghaddam, P., Norozpoor, G., Nabati, G. & Mohammad Abadi, A.A. (2005). Effects of different irrigation intervals and plant density on morphological characteristics, grain and oil yields of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Iranian Crop Research*, 3, 57-68. (In Persian)
21. Roy, B., Pal, A.K. & Basu, A.K. (2022). The estimation of genetic variability and genetic divergence of some advance lines of sesame based on morphological traits. *Plant Science Today*, 9(2), 281–287.
22. Shahizad, M., Amanlo, H., Eslamiyan, N., Amirabadi, T. & Khabazan, H. (2019). Effect of different levels of sesame meal on dry matter intake, milk production and composition, blood metabolites and apparent nutrient digestibility in early lactation Holstein cows. *Animal Production*, 22 (3), 349-356.
23. Srikanth, K. & Ghodke, M.K. (2022). Genetic diversity studies in sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes. *The Pharma Innovation Journal*, 1(3), 1486-1491.

24. Tahmasebi, A., Darvishzadeh, R., Moghaddam, A.F., Gholinezhad, E. & Abdi, H. (2021). Use of selection indices for improving grain yield in sesame local populations. *Plant Genetic Researches*, 8(2), 117-130.
25. Tekela, F., Lule, D. & Alemerew, S. (2022). Assessment of genetic diversity in sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes at Bako and Uke, Western Oromia. *International Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 7(1), 589-597.
26. Vaylay, R. & Van Santen, E. (2002). Application of canonical discriminant analysis for the assessment of genetic variation in tall fescue. *Crop Science*, 42, 534–539.
27. Vivek, K., Sima, S., Sweta, S., Shankar, S.N. & Singh, S.N. (2022). Assessment of genetic variability, correlation and path analysis in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Plant Breeding*, 13(1), 208-2015.
28. Weiss, E.A. (2000). *Oilseed crops*. Blackwell Sc. Ltd, Bodmin, UK.
29. Yadav, R., Kalia, S., Rangan, P., Pradheep, K., Rao, G.P., Kaur, V., Pandey, R., Rai, V., Vasimalla, C.C., Langyan, S. & Sharma, S. (2022). Current research trends and prospects for yield and quality improvement in sesame, an important oilseed crop. *Frontiers in Plant Science*, 13, 863521-863521.
30. Yol, E. & Uzun, B. (2012). Geographical patterns of sesame accessions grown under Mediterranean environmental conditions, and establishment of a core collection. *Crop Science*, 52(5), 2206-2214.
31. Zanetti, F., Montia, A. & Bertib, M.T. (2013). Challenges and opportunities for new industrial oilseed crops in EU-27: A review. *Industrial Crops and Products*, 50, 580-595.
32. Zeinalzadeh Tabrizi, H. & Mansouri, M. (2021). Identification of adapted genotypes in sesame lines based on multi-trait selection. *Journal of Crop Production and Processing*, 11(1), 17-37.
33. Zhou, R., Dossa, K., Li, D., Yu, J., You, J., Wei, X. & Zhang, X. (2018). Genome-wide association studies of 39 seed yield-related traits in sesame (*Sesamum indicum* L.). *International Journal of Molecular Sciences*, 19(9), 2794.