

(OPEN ACCESS)

**Evaluation of compatibility of different sunflower genotypes
in Shahrood region (Semnan province) using principal
component analysis method**

Fathollah Nadali^{*1}, Mehdi Ghaffari²

1. Corresponding Author, Assistant Prof. of Science Research Department, Semnan (Shahrood) Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shahrood, Iran. E-mail: f.nadali@areeo.ac.ir
2. Associate Prof. of Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: m.ghaffari@areeo.ac.ir

Article Info

Article type:

Full Length Research Paper

Article history:

Received: 04.01.2024

Revised: 04.20.2024

Accepted: 05.16.2024

Keywords:

Hybrid,
Open Pollinator,
Stability,
Yield

ABSTRACT

Background and Objectives: Sunflower is one of the most important oil plants adapted to different regions of the world. The spring and summer cultivation ability of sunflower in temperate and cold regions and the autumn and winter cultivation ability of this plant in the southern tropical regions of the country indicate the high adaptability of this plant in different regions of Iran. The possibility of mechanized cultivation, short growing period (about 100 days), relative drought tolerance and high oil percentage of 40-45% are the advantages of sunflower cultivation. One of the most important factors in the reduction of the sunflower cultivation area is the lack of access to certified seeds at the time of cultivation, and this is while since 1987 to 2019, a number of 12 hybrids adapted to different conditions of Iran were introduced by the Institute of Breeding and Seedling and Seed Production. Identifying and introducing high-yielding sunflower varieties is one of the important goals of achieving self-sufficiency in terms of oil production in the country. The object of this research was to evaluate the compatibility and determine the agronomic value of different sunflower genotypes studied in Shahrood region during two years by the method of principal component analysis (PCA).

Materials and Methods: The experiment was conducted in the research farm of the Shahrood Agricultural Research and Training Center in a factorial format in the form of a randomized complete block design in three replications in two crop years 1400 and 1401. In this test, ten promising hybrids, two free pollinator breeding populations of sunflower were compared with the cultivars Zarin, Golsa, Lacomka and Progressus as experimental control cultivars.

Results: Based on the results, the two hybrids SUN97-H2 and SUN97-H28 and the Shahed Progress cultivar were ranked first with their seed yield of 4557, 4516 and 4305 kg ha⁻¹, respectively. Examining the performance characteristics and performance components of the examined genotypes based on the environmental change coefficient showed the performance stability of SUN97-H2 and SUN95-H7 hybrids and all four open-pollinated populations. Based on the results of composite variance analysis, a

significant difference was observed between the studied genotypes. The main effects of the year on the characteristics of the day of flowering, plant height, weight of 1000 seeds and diameter according to maturity, plant height, weight of 1000 seeds and diameter according to the probability level of 1% and on the trait of plant height at the probability level of 5% were significant. It was not significant on the traits of day to maturity, stem bending, seed yield, oil yield, oil percentage, number of seeds per pod and stem diameter. The main effects of genotype, in addition to the significant effect on the aforementioned traits, were also significant on oil percentage and yield. Also, the interaction between year and genotype on yield, oil percentage, stem bending and number of seeds according to stem diameter was significant. The coefficient of variation in the analysis of variance varied between 2.8 and 26.12 and only in oil performance this coefficient was more than 25. Based on the results of factor analysis, the evaluated traits were divided into two factors. The evaluated traits, except the percentage of stem bending and diameter, were included in factor one. The eigenvalue of the first factor is 6.86, while the eigenvalue of the second factor is 2.74, which means that the credit of the first factor is almost three times that of the second factor. The first factor with a variance percentage of 62.41% represents the most diversity, while the second factor explains 24.93% of the changes and variations between agricultural characteristics, also the cumulative variance percentage indicates that the sum of the factors of one and two justify 87.34 percent of the total changes, and the contribution of factor one alone is 62.41 percent of the total changes.

Conclusion: Genotypes G1, G5, G2, and G9 have high compatibility in the Shahrood region in terms of stability of yield and oil percentage, which is one of the most important breeding goals for breeders of this oilseed crop, and are recommended for cultivation by agricultural operators.

Cite this article: Nadali, Fathollah, Ghaffari, Mehdi. 2025. Evaluation of compatibility of different sunflower genotypes in Shahrood region (Semnan province) using principal component analysis method. *Journal of Plant Production Research*, 32 (1), 145-159.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/jopp.2024.22322.3136

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

ارزیابی سازگاری ژنوتیپ‌های مختلف آفتابگردان در منطقه شاهرود (استان سمنان) به روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

فتح‌اله نادعلی^{۱*}، مهدی غفاری^۲

۱. نویسنده مسئول، استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شاهرود، ایران. رایانامه: f.nadali@areeo.ac.ir
۲. دانشیار بخش تحقیقات دانه‌های روغنی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: m.ghaffari@areeo.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی-پژوهشی	سابقه و هدف: آفتابگردان یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی سازگار به مناطق مختلف دنیا است. قابلیت کشت بهاره و تابستانه آفتابگردان در مناطق معتدل و سرد و قابلیت کشت پاییزه و زمستانه این گیاه در مناطق گرمسیر جنوب کشور نشان‌دهنده سازگاری زیاد این گیاه در مناطق مختلف ایران می‌باشد. امکان کشت مکانیزه، طول دوره رویش کم، تحمل نسبی به خشکی و درصد روغن بالا (۴۵-۴۰ درصد) از مزایای زراعت آفتابگردان است. یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده سطح زیر کشت آفتابگردان عدم دسترسی به بذر گواهی‌شده بوده و این در حالی است که از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۸ تعداد ۱۲ هیبرید سازگار به شرایط مختلف ایران توسط مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر معرفی شده است. هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی سازگاری و تعیین ارزش زراعی ژنوتیپ‌های مختلف موردبررسی در منطقه شاهرود در طی دوسال زراعی از روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) بود.
واژه‌های کلیدی: آزادگرده‌افشان، پایداری، عملکرد، هیبرید	مواد و روش‌ها: آزمایش در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی شهرستان شاهرود به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دو سال زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ انجام شد. در این آزمایش ده هیبرید امیدبخش، دو جمعیت آزاد گرده‌افشان اصلاحی آفتابگردان به همراه ارقام زرین، گل‌سا، لاکومکا و پروگروس به‌عنوان ارقام شاهد آزمایشی مورد مقایسه قرار گرفتند.
	یافته‌ها: بر اساس نتایج حاصل دو هیبرید SUN97-H2 و SUN97-H28 و رقم شاهد پروگروس به ترتیب با عملکرد دانه ۴۵۵۷، ۴۵۱۶ و ۴۳۰۵ کیلوگرم در هکتار رتبه‌های نخست را به خود اختصاص دادند. بررسی خصوصیات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های

موردبررسی بر اساس ضریب تغییرات محیطی نشان‌دهنده پایداری عملکرد هیبریدهای SUN97-H2 و SUN95-H7 و هر چهار جمعیت آزادگرده‌افشان بود. بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب، بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. اثرات اصلی سال روی صفات روز تا گلدهی، ارتفاع طبق، وزن هزاردانه و قطر طبق رسیدگی، ارتفاع گیاه ارتفاع طبق، وزن هزاردانه و قطر طبق در سطح احتمال یک درصد و روی صفت ارتفاع گیاه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. اثرات اصلی ژنوتیپ علاوه بر اثر معنی‌داری روی صفات مذکور، روی درصد روغن و عملکرد هم معنی‌دار بود. هم‌چنین برهم‌کنش بین سال و ژنوتیپ روی عملکرد، درصد روغن، خمیدگی ساقه و تعداد دانه در طبق، قطر ساقه معنی‌دار بود. ضریب تغییرات در تجزیه واریانس بین ۲/۸ تا ۲۶/۱۲ متغیر و تنها در عملکرد روغن این ضریب بیش از ۲۵ بود. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه عامل‌ها، صفات ارزیابی‌شده به دو عامل تقسیم شدند. صفات مورد ارزیابی به‌جز درصد خمیدگی ساقه و قطر طبق در عامل یک قرار گرفتند. مقادیر ویژه عامل اول ۶/۸۶ بوده در صورتی‌که مقادیر ویژه عامل دو ۲/۷۴ می‌باشد یعنی این‌که اعتبار عامل اول تقریباً سه برابر عامل دوم است. عامل اول با درصد واریانس ۶۲/۴۱ درصد نشان‌دهنده بیش‌ترین تنوع بوده در صورتی‌که عامل دوم ۲۴/۹۳ درصد از تغییرات و تنوع بین خصوصیات زراعی را توجیه می‌کند هم‌چنین درصد واریانس تجمعی نشان‌دهنده این است که مجموع عوامل یک و دو ۸۷/۳۴ درصد از تغییرات کل را توجیه می‌کنند که سهم عامل یک به‌تنهایی ۶۲/۴۱ درصد از کل تغییرات می‌باشد.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج این پژوهش، ژنوتیپ‌های G1، G5، G2 و G9 از نظر پایداری صفت عملکرد و درصد روغن که یکی از مهم‌ترین اهداف اصلاحی به‌نژادگران این گیاه روغنی است، در منطقه شاهرود دارای سازگاری بالایی بوده و جهت کشت برای بهره‌برداران بخش کشاورزی توصیه می‌گردد.

استناد: نادعلی، فتح‌اله، غفاری، مهدی (۱۴۰۴). ارزیابی سازگاری ژنوتیپ‌های مختلف آفتابگردان در منطقه شاهرود (استان سمنان) به روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی، ۳۲ (۱)، ۱۴۵-۱۵۹.

DOI: 10.22069/jopp.2024.22322.3136



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

آفتابگردان گیاهی یک‌ساله با نام علمی (*Helianthus annuus* L.) از خانواده کلاه‌پرک‌سانان و بومی آمریکای مرکزی می‌باشد (۱). این گیاه یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی است که روغن آن به‌علت بر خورداری از درصد متوازن اسیدهای چرب مطلوب دارای کیفیت بالایی بوده و سازگاری بالایی به شرایط آب و هوایی مختلف ایران دارد (۲). از نظر سطح زیر کشت در دنیا، آفتاب‌گردان چهارمین گیاه روغنی بعد از سویا، کلزا و بادام زمینی می‌باشد که روغن آن سرشار از اسیدهای چرب غیراشباع بوده و ارزش غذایی بالایی دارد (۳). برهمکنش عوامل مختلف از جمله محیط و سال به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مشکلات مربوط به برنامه‌های به‌نژادی جهت حصول به ارقامی با عملکرد و اجزای عملکرد بالا و پایدار می‌باشد (۴). گیاه آفتابگردان با شرایط اقلیمی و خاکی مختلف سازگار می‌باشد (۵). دانه آفتاب‌گردان به‌عنوان بارزترین دانه‌های روغنی دنیا شناخته‌شده و حاوی ۳۰ تا ۵۰ درصد روغن خوراکی باکیفیت و ارزش غذایی بالا بوده که بیش از ۹۰ درصد ترکیبات روغن این گیاه را اسیدهای چرب غیراشباع از جمله اسید لینولئیک تشکیل می‌دهند (۶). میزان و نوع ترکیبات روغن موجود در گیاهان می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلف از جمله دما، محیط، نور، رطوبت و ژنوتیپ قرار گیرد (۷). تنش‌های مختلف زیستی و غیر زیستی و همچنین نوع مدیریت زراعی همراه با ساختار ژنتیکی روی نحوه تعامل ژنوتیپ با محیط و در نتیجه در ثبات و پایداری عملکرد تأثیرگذار می‌باشند (۸). اثرات متقابل بین محیط و ژرم پلاسما به‌عنوان یکی از عوامل اصلی محدودکننده در انتخاب ژرم‌پلاسما و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر، می‌باشد (۹) و سبب کاهش ارتباط بین مقادیر فنوتیپی و ژنوتیپی می‌گردد (۱۰). مطالعات ژنوتیپی در محیط در بهینه‌سازی طرح‌های به‌نژادی و انتخاب ژنوتیپ‌هایی با پایداری و

عملکرد بالا و باثبات دارند کمک زیادی می‌کند (۱۱). عملکرد نسبی ارقام زراعی در محیط‌های مختلف یکسان نبوده و کشت ژنوتیپ‌ها در اقلیم‌های مختلف طی سال‌ها و مکان‌های مختلف به‌عنوان نمونه‌ای از محیط‌ها، موجب تعیین پایداری یک صفت از جمله عملکرد و اجزای عملکرد شده و ژنوتیپ‌هایی که برهمکنش با محیط دارند، کم‌تر گزینش می‌شوند این واکنش ژنوتیپ‌ها معمولاً به دلیل پاسخ متفاوت ژن‌ها و یا قدرت تظاهر متفاوت ژن (بیان ژن) در محیط‌های مختلف می‌باشد (۱۲). به منظور شناسایی و معرفی ژنوتیپ‌هایی که عملکرد بالا و پایدار دارند ارزیابی عملکرد ژنوتیپ‌ها باید در طی سال‌های مختلف و حتی در مناطق مختلف مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد و در نهایت ژنوتیپ‌هایی انتخاب شوند که از یک طرف پایداری صفات مورد نظر از جمله عملکرد و اجزای عملکرد بالایی داشته و از طرف دیگر اثرات متقابل بین ژنوتیپ‌ها با سایر عوامل از جمله محیط و سال و ... کم‌تر باشد (۳). روش‌های متعددی برای بررسی این اثرات متقابل توسط پژوهش‌گران مختلف مورد استفاده قرار گرفته است که یکی از این روش‌ها روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) Principal Component Analysis می‌باشد. در این روش داده‌ها از تجزیه واریانس و تجزیه مؤلفه‌های اصلی مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند که توسط پژوهش‌گران مختلف و در گیاهان مختلف مانند آفتابگردان (۱۳)، ذرت (۱۴) برنج (۱۵) و سویا (۱۶) کلزا (۱۷) جهت بررسی پایداری عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف مورد مطالعه و همچنین بررسی اثرات متقابل محیط و ژنوتیپ مورد استفاده قرار گرفته است. قابلیت ترکیب عمومی به مفهوم قابلیت تولید عملکرد هر لاین در تلاقی با سایر لاین‌ها و همچنین قابلیت ترکیب خصوصی نیز مبین نمود هیبرید حاصل دو والد مشخص، از اهمیت مبرمی برخوردار می‌باشد (۱۸). حاصل چهار دهه

و RGK15×AGK222. RGK24×AGK2
 RGK24×AGK58 از نظر پایداری و میانگین عملکرد
 بهتر از سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی بودند (۲۶)
 هدف این پژوهش ارزیابی سازگاری و تعیین
 ارزش زراعی ژنوتیپ‌های مختلف مورد بررسی
 آفتابگردان در منطقه شاهرود طی دو سال جهت
 معرفی برای کشت در منطقه بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش جهت ارزیابی خصوصیات زراعی و
 عملکرد دانه و روغن تعداد ۱۰ هیبرید امیدبخش و دو
 جمعیت آزادگرده افشان اصلاحی آفتابگردان به همراه
 ارقام زرین، گل‌سا، لاکومکا و پروگرس (جدول ۱)
 به‌عنوان شاهد در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در مرکز
 تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان
 سمنان (شاهرود) در شرایط کشت بهاره انجام شد.
 مشخصات خاک و همچنین مشخصات جغرافیایی و
 اقلیمی منطقه مورد نظر کشت به‌ترتیب در جدول‌های
 ۲ و ۳ نشان داده شده است (جدول‌های ۲ و ۳).
 آزمایش در هر سال در قالب طرح بلوک‌های کامل
 تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. هر رقم در ۴ خط به
 طول سه متر و در فواصل ردیف ۶۰ و فواصل بوته
 ۲۵ سانتی‌متر کشت شد. آماده‌سازی بستر کاشت شامل
 شخم پاییزه، پنجه‌غازی، دیسک، تسطیح، پخش کود
 و علف‌کش و دیسک زنی بود. کاشت در نیمه دوم
 اردیبهشت‌ماه صورت گرفت. برای کنترل علف‌های
 هرز قبل از کاشت از علف‌کش ترفلان به میزان دو
 لیتر در هکتار به‌صورت پیش‌رویشی استفاده شد.
 مصرف کودهای NPK به نسبت ۲۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰
 کیلوگرم در هکتار صورت گرفت. یک‌سوم کود
 نیتروژن‌دار در زمان کاشت و بقیه در دو تقسیط در
 مراحل ۶ و ۱۲ برگی همراه با آب آبیاری مصرف شد.

فعالیت به‌نژادی آفتابگردان در ایران معرفی ۱۲ هیبرید
 سینگل کراس است (۱۹). در دهه شصت اولین
 هیبریدهای ایرانی مهر و شفق در سال ۱۳۶۶ معرفی
 شدند (۲۰). در دهه ۷۰ سه هیبرید گل‌دیس، آذر گل و
 گلشید (۲۱) معرفی شدند. هیبریدهای فرخ (۲۲) و
 قاسم و برزگر (۲۳) هیبریدهای معرفی شده بعدی
 بودند که در دهه ۸۰ اصلاح شدند. در دهه ۱۳۹۰
 هیبرید شمس در سال ۱۳۹۵ (۲۴)، سپس دو هیبرید
 زرین و گل‌سا (۲۵) و در نهایت هیبرید آذر در سال
 ۱۴۰۲ معرفی شدند. در ارزیابی سازگاری هیبریدهای
 امیدبخش در طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در چهار
 منطقه کرج، ساری، خوی و گنبد دو هیبرید زودرس
 SUN96-H12 و SUN96-H14 با طول دوره
 رویش به ترتیب ۱۰۱ و ۱۰۴ روز و عملکرد ۲۷۴۶ و
 ۲۷۳۴ کیلوگرم در هکتار نسبت به هیبریدهای شاهد
 هم‌ردیف از نظر طول دوره رویش (فرخ و قاسم) برتر
 بودند. بر اساس نتایج این بررسی در شرایط مازندران
 هیبریدهای SUN96-H12 با عملکرد دانه ۲۶۳۷
 کیلوگرم در هکتار، در خوی هیبریدهای SUN96-H9،
 SUN96-H10 به ترتیب با عملکرد ۴۶۰۵، ۴۲۴۹
 کیلوگرم در هکتار و در گنبد بعد از هیبرید فرخ،
 هیبرید SUN96-H4 با عملکرد ۱۸۳۰ کیلوگرم در
 هکتار برتر بودند. ارزیابی پایداری عملکرد هیبریدها
 بر اساس ضریب تغییرات بیانگر برتری هیبریدهای
 SUN96-H12، SUN96-H14، SUN96-H11،
 SUN96-H8 و SUN96-H6 در مقایسه با ارقام
 شاهد مشابه (فرخ و قاسم) از نظر عملکرد و پایداری
 عملکرد بود (۲۴). در ارزیابی اثرات محیط، ژنوتیپ و
 همچنین برهمکنش بین ژنوتیپ و محیط برای ارزیابی
 عملکرد دانه در هیبریدهای مختلف آفتابگردان
 مشخص گردید که اثر محیط، ژنوتیپ و همچنین
 اثرات متقابل بین محیط و ژنوتیپ روی عملکرد دانه
 معنی‌دار بود و ژنوتیپ‌های RF81-65×AGK38.

جدول ۱- ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی در آزمایش سازگاری.

Table 1. Genotypes evaluated in compatibility test.

شماره	شجره	کد
Number	Stemma	Code
1	RGK15xAGK370	SUN97-H4
2	RGK15xAGK32	SUN97 -H32
3	RGK15xA1221	SUN97-H28
4	RGK3bxAGK110	SUN99-110
5	RGK24xAGK370	SUN95-H4
6	RO53xAO67	SUN99-H18
7	RGK15xAF81-222	SUN99-H3
8	RGK25xAGK330	SUN95-H7
9	RF81-65xAGK370	SUN99-H9
10	RGK15xAF81-112	SUN97-H2
11	LAKUMKA99	SUN99-OP4
12	PROGRESS 99	SUN99-OP8
13	LAKUMKA (Control)	LAKUMKA
14	PROGRESS (Control)	PROGRESS
15	ZARRIN	ZARRIN
16	GOLSA	GOLSA

جدول ۲- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک.

Table 2. Some physicochemical characteristics of the soil.

منطقه کاشت	بافت خاک	pH	EC	کربن	پتاسیم	نیترژن	فسفر
Region	Soil texture	-	(ds/m)	C (%)	K (%)	N (%)	P (ppm)
شاهرود Shahrood	لوم	7.43	2.22	0.4	307	0.04	7.28

جدول ۳- مختصات جغرافیایی و اقلیمی منطقه مورد مطالعه.

Table 3. Geographical and climatic characteristics of experiment location.

منطقه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	مینیمم دمای سالانه	ماکسیمم دمای سالانه
Region	Longitude	latitude	Elevation (m)	Minimum temperature (°C)	Maximum temperature (°C)
شاهرود Shahrood	35.36	54.58	1420	20.80	41.68

در طی فصل زراعی خصوصیات مرتبط با فنولوژی (زمان شروع و خاتمه گلدهی و تاریخ رسیدگی فیزیولوژیک)، زراعی (ارتفاع بوته، قطر طبق و ساقه) اندازه‌گیری شد؛ و پس از رسیدگی کامل عملکرد دانه و روغن و اجزای مربوطه (وزن هزاردانه، تعداد دانه در طبق و درصد روغن دانه) اندازه‌گیری شد. ارزیابی کیفی در مراحل گلدهی و رسیدگی، میزان چند شاخه بودن، نرغیمی، ورس و وجود بیماری‌های احتمالی یادداشت‌برداری شد. تجزیه داده‌ها با استفاده از تجزیه واریانس مرکب و مقایسه میانگین به روش حداقل اختلاف معنی‌دار انجام شد و ژنوتیپ‌های برتر از نظر خصوصیات زراعی شناسایی شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها: تجزیه مرکب داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام شد. تجزیه و تحلیل PCA در نرم‌افزار R نسخه ۴/۱ صورت گرفت.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس جدول ۴، بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در سال‌های مختلف، اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. اثرات اصلی سال روی صفات روز تا گلدهی، ارتفاع طبق، وزن هزاردانه و قطر طبق رسیدگی، ارتفاع گیاه، ارتفاع طبق، وزن هزاردانه و قطر طبق در سطح احتمال یک درصد و روی صفت ارتفاع گیاه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود در صورتی‌که روی صفات روز تا رسیدگی، خمیدگی ساقه، عملکرد دانه، عملکرد روغن، درصد روغن، تعداد دانه در طبق و قطر ساقه معنی‌دار نبود. اثرات اصلی ژنوتیپ علاوه بر اثر معنی‌داری روی صفات مذکور، روی درصد روغن و عملکرد هم معنی‌دار بود. هم‌چنین برهم‌کنش بین سال و ژنوتیپ روی عملکرد، درصد روغن، خمیدگی ساقه

و تعداد دانه در طبق، قطر ساقه معنی‌دار بود. ضریب تغییرات در تجزیه واریانس بین ۲/۸ تا ۲۶/۱۲ متغیر و تنها در عملکرد روغن این ضریب بیش از ۲۵ بود. متغیر بودن ضرایب در صفات مورد ارزیابی می‌تواند ناشی از پلی‌ژنتیکی بودن صفت و تأثیر سال باشد. ضریب تغییرات در جدول تجزیه واریانس برای تمامی صفات به‌غیر از عملکرد در محدوده ۶۹/۱ تا ۱۰/۱۷ (پایین‌تر از ۲۵) متغیر بود. با توجه به پلی‌ژنتیک بودن برخی صفات مورد مطالعه (جدول ۱)، از تجزیه به عامل‌ها استفاده گردید چون ارزیابی مقایسه میانگین نمی‌تواند بیانگر ثبات یک ژنوتیپ پایدار با عملکرد روغن بالا باشد. علاوه بر ارزیابی پایداری بهترین ژنوتیپ، قدرت تمایز یک ژنوتیپ در سال‌های بعد هم مشخص می‌گردد (۲۷).

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با استفاده از خصوصیات زراعی ژنوتیپ‌های مختلف آفتاب‌گردان: بر اساس نتایج حاصل از تجزیه عامل‌ها، (جدول ۵) خصوصیات زراعی مورد مطالعه به دو عامل تقسیم شدند. با توجه به معنی‌دار بودن صفات بالای ۵۰ درصد، تمامی ترکیبات در عامل یک قرار گرفتند به استثنای قطر ساقه (۶۲ درصد) که در عامل دوم قرار گرفت. مقادیر ویژه عامل اول ۶/۸۶ بوده در صورتی‌که مقادیر ویژه عامل دو ۲/۷۴ می‌باشد یعنی این‌که اعتبار عامل اول تقریباً سه برابر عامل دوم است. عامل اول با درصد واریانس ۶۲/۴۱ درصد نشان‌دهنده بیش‌ترین تنوع بوده در صورتی‌که عامل دوم ۲۴/۹۳ درصد از تغییرات و تنوع بین خصوصیات زراعی را توجیه می‌کند هم‌چنین درصد واریانس تجمعی نشان‌دهنده این است که مجموع عوامل یک و دو ۸۷/۳۴ درصد از تغییرات را توجیه می‌کنند که سهم عامل یک به‌تنهایی ۶۲/۴۱ درصد از کل تغییرات می‌باشد.

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب خصوصیات زراعی ژنوتیپ‌های آفتابگردان در شاهرود طی دو سال زراعی.

Table 4. Results of analysis of variance (Mean Squares) agricultural characteristics of sunflower genotypes in Shahrood region during two crop years.													
قطر طبق Head diameter	قطر ساقه Stem diameter	وزن هزاردانه 1000 – seed weight	تعداد دانه در طبق Seed number per head	درصد روغن Oil percentages	عملکرد روغن Yield Oil	عملکرد دانه Yield seed	خمیدگی ساقه Stem Bending	ارتفاع طبق Heads height	ارتفاع گیاه Plant height	روز تا رسیدگی Days to ripening	روز تا گلدهی Days to flowering	درجه آزادی df	منبع تغییر S.O.V
192.18 ^{**}	140.11 ^{ns}	314.11 ^{***}	827.4 ^{ns}	20.9 ^{ns}	425.11 ^{ns}	44924.1 ^{**}	260.21 [*]	280.486 ^{**}	146.285 [*]	168.8 ^{ns}	308.6 [*]	1	سال Year
92.3 ^{ns}	458.28 ^{ns}	196.28 ^{ns}	428.65 ^{ns}	104.5 ^{ns}	790.836 ^{ns}	18704.18 ^{ns}	34.44 ^{ns}	58.57 ^{ns}	538.118 ^{ns}	18.6 ^{ns}	786.8 ^{ns}	3	تکرار داخل سال Repeat in the year
800.9 ^{**}	279.7 ^{**}	249.8 [*]	720.65 ^{ns}	376 ^{***}	9061.124 [*]	73214.1 ^{**}	150.88 ^{**}	311.16 ^{***}	2184.35 ^{**}	618.3 ^{***}	632.9 [*]	15	ژنوتیپ Genotype
53.11 ^{ns}	24.41 ^{ns}	153.55 ^{ns}	86.41 ^{ns}	91.25 ^{ns}	267.114 ^{ns}	1123.15 ^{ns}	18.45 ^{ns}	1140.27 ^{**}	384.75 [*]	146.28 ^{ns}	265.35 ^{ns}	15	سال * ژنوتیپ Y*G
42.35	40.58	48.20	76.30	93.75	65.10	41.63	115.25	150.89	76.25	93.58	53.28	93	خطا Error
14.7	15.36	18.5	21.05	6.96	26.12	24.36	8.3	21.4	16.8	2.8	7.3		ضریب تغییرات CV%
***، ** و * به ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطوح ۰.۰۵، ۰.۰۱ و ۰.۰۰۱ درصد													

جدول ۵- مقادیر بار عامل‌ها، مقادیر ویژه، درصد واریانس و واریانس تجمعی ۲ عامل اول خصوصیات زراعی آفتاب‌گردان.

Table 5. Comparison of the average traits evaluated in different pepper lines.

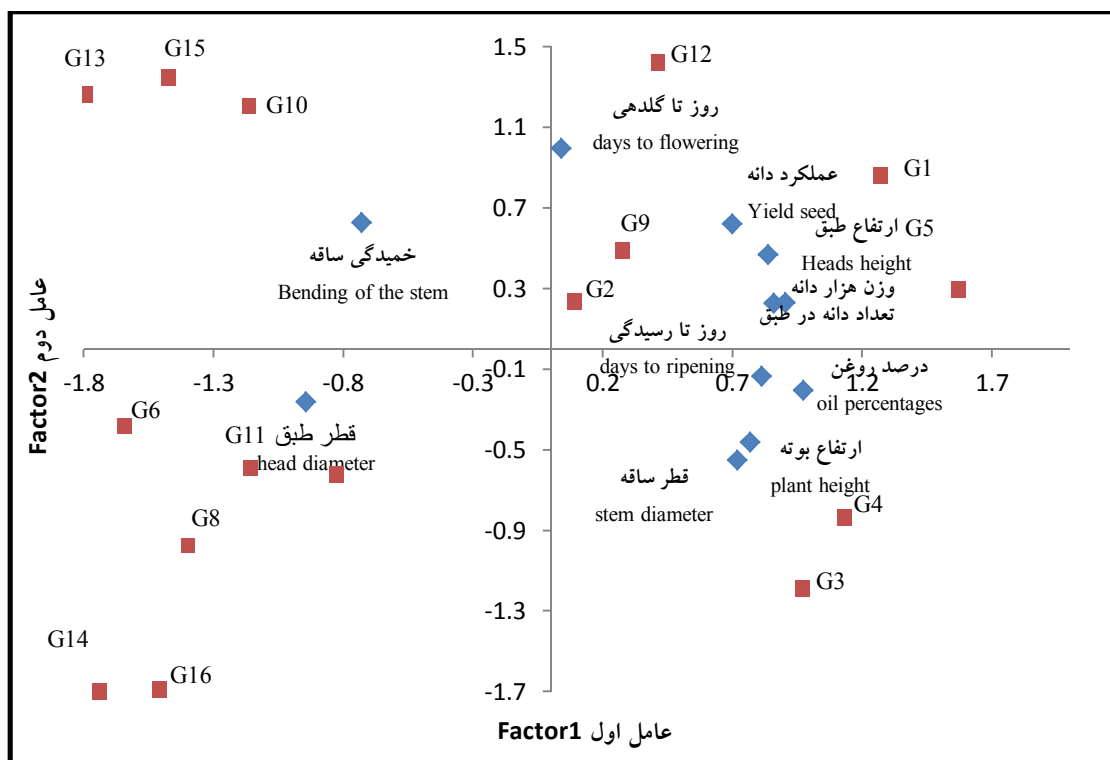
عامل ۲ Factor 2	عامل ۱ Factor 1	صفات Variable
0.997	0.038	روز تا گلدهی Days to flowering
-0.135	0.811	روز تا رسیدگی Days to ripening
-0.460	0.766	ارتفاع بوته Plant height
0.469	0.834	ارتفاع طبق Height Heads
0.226	0.857	وزن هزاردانه 1000 – seed weight
0.551	0.718	تعداد دانه در طبق Seed number per head
-0.262	-0.947	قطر طبق Head diameter
0.627	-0.730	خمیدگی ساقه Bending of the stem
0.232	0.901	قطر ساقه Stem diameter
-0.204	0.972	درصد روغن Oil percentages
0.621	0.697	عملکرد دانه Seed Yield
2.74	6.86	مقدار ویژه Special amount
24.93	62.41	درصد واریانس Variance%
87.34	62.41	درصد واریانس تجمعی Cumulative variance%

بود در صورتی‌که برای صفات قطر ساقه (۹۴ درصد) و وزن هزاردانه (۷۳ درصد) ضریب منفی داشت؛ بنابراین اگر هدف افزایش صفات روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، ارتفاع طبق، خمیدگی ساقه، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، درصد و عملکرد روغن باشد، باید ژنوتیپ‌هایی انتخاب شوند که بیش‌ترین تأثیرگذاری روی این صفات داشته باشند. مؤلفه دوم دارای مقدار

نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای صفات ارزیابی‌شده نشان داد که بیش‌ترین تغییرات بین داده‌ها توسط دو مؤلفه اول (۶۲/۴۱ درصد) و مؤلفه دوم ۸۷/۳۴ درصد بیان می‌شود. مؤلفه اول دارای ضرایب مثبت و بالا برای صفات روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، ارتفاع طبق، خمیدگی ساقه، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، درصد و عملکرد روغن

پراکندگی صفات مورد ارزیابی در اطراف دو عامل اصلی که محور Y عامل اول و محور X عامل دوم می‌باشد (شکل ۱).

مثبت برای ارزیابی صفت روز تا گلدهی (۹۹ درصد) قرار گرفت؛ بنابراین در مؤلفه اول ژنوتیپ‌هایی انتخاب می‌شوند که بیش‌ترین تأثیر را از نظر صفت روز تا گلدهی نشان می‌دهند. نمودار PCA مربوط به



شکل ۱- نمودار PCA مربوط به پراکندگی ژنوتیپ‌ها و خصوصیات زراعی آفتاب‌گردان در اطراف دو عامل اصلی طی دو سال.

Fig. 1. PCA diagram related to the distribution of sunflower genotypes and agricultural characteristics around the two main factors in two years.

برهمکنش با عوامل مورد مطالعه بیش‌تر و در نتیجه ناپایدارترند. با توجه به نمودار PCA (شکل ۱)، ژنوتیپ‌های G12، G3، G14، G16 دارای پایداری کمی می‌باشند. همان‌طوری که مشاهده می‌شود از یازده صفت ارزیابی‌شده صفات روز تا رسیدگی، عملکرد دانه، ارتفاع طبق، قطر ساقه، خمیدگی ساقه، درصد روغن، ارتفاع بوته، تعداد دانه در طبق و روز تا گلدهی در عامل اول قرار گرفته و گرایش به سمت ژنوتیپ‌های G1، G2، G5، G9، G12، G3، G4، در صورتی که صفت روز تا گلدهی در مرز بین عامل یک و دو قرار گرفته است. صفات

همان‌طوری که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، ژنوتیپ‌های G1، G2، G5، G9، در منطقه A، ژنوتیپ‌های G3 و G4 در منطقه B، ژنوتیپ‌های G10، G15، G16 در منطقه C و ژنوتیپ‌های G7، G8، G11، G13، G14، G6 در منطقه D قرار گرفتند که نشان‌دهنده این است تأثیر ژنوتیپ‌های مختلف روی ارزیابی هر صفت متفاوت بود. ژنوتیپ‌هایی که در سمت راست خط عمود در میانه شکل ۱ قرار داشتند دارای میانگین بالاتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بوده و مطلوب‌تر می‌باشند. هرچه ژنوتیپ‌ها دورتر از خط باشند

مقاطع باشد باید به صورت هم‌زمان مورد ارزیابی قرار گیرند (۳۰). روش گرافیکی PCA روشی با کارایی بالا و مناسب برای بررسی ارزیابی صفات تحت تأثیر ژنوتیپ‌های مختلف بود و تجزیه و تحلیل داده‌ها را آسان‌تر می‌سازد در شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار در صفات مدنظر مفید می‌باشد (۳۱).

در ارزیابی پایداری عملکرد لاین‌های اینبرد آفتاب‌گردان مشخص شد لاین‌های H205A/83HR4 و ASS305 عملکرد بالاتری نسبت به لاین‌های دیگر مورد مطالعه SF085 و AS6305 داشتند (۱).

بررسی ترکیب‌پذیری و هتروزیس خصوصیات فنولوژیکی، مرفولوژیکی و عملکرد دانه لاین‌های اصلاح‌شده آفتاب‌گردان از طریق تجزیه لاین در تستر مورد بررسی قرار گرفت (۳۲). عملکرد دانه و روغن بازگردان باروری RF81-150/1 و اینبرد لاین AF-80-6920 دارای قابلیت ترکیب عمومی مثبت و معنی‌داری بودند. منطقه ایده‌آل برای ارزیابی ژنوتیپ‌های ایده‌آل برای یک منطقه، محیطی است که می‌تواند به عنوان نماینده سایر مناطق مناسب کشت و محیط‌های بزرگ‌تر بوده و دارای بیش‌ترین تمایزیابی ژنوتیپ‌ها باشد (۳۳).

نتیجه‌گیری کلی

آفتاب‌گردان به دلیل دارا بودن اسیدهای چرب غیراشباع و با ارزش غذایی بالا، یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی ایران بوده که با شرایط آب و هوایی متفاوت کشور سازگاری دارد. محدودیت منابع آبی از نظر کمی و کیفی، محدودیت زمین‌های زراعی و هم‌چنین وجود محصولات رقیب، یکی از مهم‌ترین راهکارهای افزایش میزان تولید، شناسایی و استفاده از ژنوتیپ‌های سازگار و مناسب هر منطقه با پایداری عملکرد بالا خواهد بود. نتایج این پژوهش نشان داد ژنوتیپ‌های مختلف تأثیر متفاوتی روی صفات

وزن هزاردانه و قطر طبق در عامل ۲ قرارگرفته و ژنوتیپ‌های G10، G15، G7، G16، G8، G11، G13، G14، G6 بیش‌ترین تأثیر را روی این صفات نشان دادند. بر اساس شکل ۱، ژنوتیپ‌های شاهد G13 و G14 دورتر از سایر ژنوتیپ‌ها و دور از محیط قرار گرفته‌اند که نشان‌دهنده عدم برتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها در ارزیابی صفات بوده که با نتایج پژوهش‌های قلی‌زاده و همکاران، (۲۸)، در ارزیابی اثرات متقابل بین ژنوتیپ‌های مختلف و نوع محیط و تأثیر آن روی عملکرد دانه هیبریدهای مختلف آفتاب‌گردان مطابقت داشت. براساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی ژنوتیپ‌های G1 و G2 به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با میانگین عملکرد بالا شناسایی شدن؛ که نتایج این مطالعه، با نتایج مطالعات غفاری و همکاران (۱۴۰۰)، مبنی بر ارزیابی الگوی برهمکنش ژنوتیپ‌های مختلف آفتاب‌گردان با محیط با استفاده از روش چندمتغیره اثرات اصلی جمع‌پذیر در چهار ایستگاه تحقیقاتی مطابقت داشت (۲) ژنوتیپ‌هایی که در یک منطقه و محیط بزرگ قرار می‌گیرند، از نظر اثرات متقابل ژنوتیپ روی صفات مدنظر به هم نزدیک بوده و کم‌ترین برهمکنش بین این ژنوتیپ‌ها دیده می‌شود در صورتی که ژنوتیپ‌های قرارگرفته در محیط‌های متفاوت، دارای بیش‌ترین اثرات متقابل و هم‌چنین کراس اور بیش‌تری می‌باشند (۲۹).

ژنوتیپ‌های نزدیک‌تر به محور افقی مانند ژنوتیپ‌های G2 و G5، از نظر ارزیابی صفات اندازه‌گیری‌شده، پایدارترند. با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان بیان نمود که در ژنوتیپ‌های مختلف مورد بررسی اثرات متقاطع و غیرمتقاطع در ارزیابی صفات مشاهده گردید و در برنامه اصلاحی برای هر صفت مورد نظر، از اثرات متقابل غیر متقاطع می‌توان صرف‌نظر نمود. در صورتی که اثرات متقابل از نوع

گرفتن دور از مرکز نمودار، پایداری بالایی داشته و برای فعالیت‌های به‌نژادی و گزینش مناسب‌اند. براساس نتایج این پژوهش، ژنوتیپ‌های G1، G5، G2 و G9 از نظر پایداری صفت عملکرد و درصد روغن که یکی از مهم‌ترین اهداف اصلاحی به‌نژادگران این گیاه روغنی است، در منطقه شاهرود دارای سازگاری بالایی بوده و جهت کشت برای بهره‌برداران بخش کشاورزی توصیه می‌گردد.

مختلف دارند با در نظر گرفتن هر صفت موردنظر باید ژنوتیپ تأثیرگذار برای همان صفت در برنامه‌های اصلاحی و در نتیجه توصیه برای کشت باید مدنظر قرار گیرد. تحلیل داده‌ها بر اساس ساختار گرافیکی علاوه بر سادگی تفسیر و کاهش حجم محاسبات آماری، سرعت ارزیابی ژنوتیپ‌ها و صفات مدنظر را افزایش داده و امکان ارزیابی را در بین تعداد محدودتری از تیمارهای آزمایشی فراهم می‌سازد. اکثر ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این پژوهش به دلیل قرار

منابع

1. Ahmadpour, S., Darvishzade, R., Sofalan, O., & Hatamzadeh, H. (2019). Evaluation of Yield Stability of Sunflower Inbred Lines under Salt Stress Conditions. *Journal of Crop Breeding*, 11 (30), 1-10. <https://sid.ir/paper/181014/en>.
2. Ghaffari, M., Gholizadeh, A., Andarkhor, S. A., Zareei, S., Kalantar Ahmadi, S. A., & Shariati, F. (2021). Pattern analysis of Genotype $\times$ Environment Interaction for Seed Yield in Sunflower using Multivariate Method of Additive Main Effects and Multiplicative. *Journal of Crop Breeding*, 13 (39), 208-218. <https://doi.org/10.52547/jcb.13.39.208>.
3. Gholizadeh, A., Ghaffari, M., Payghamzadeh, K., & Kia, K. (2021). Study on relationships between yield and other agronomic traits and identification of the superior hybrids in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Crop Breeding*, 13 (37), 171-184. [In Persian]
4. Mahdavi, A. M., Babaeian Jelodar, N., Farshadfar, N., & Bagheri, N. (2020). Evaluation of stability and adaption of bread wheat genotypes using univariate statistics parameters and AMMI. *Plant Genetic Researches*, 7, 19-32. [In Persian]
5. Khalifani, S., Darvishzadeh, R., Azad, N., & Seyed Rahmani, R. (2022). Prediction of sunflower grain yield under normal and salinity stress by RBF, MLP and, CNN models. *Industrial Crops & Products*, 189, 115762.
6. Rauf, S. (2019). Breeding strategies for sunflower (*Helianthus annuus* L.) genetic improvement. In: Al-Khayri, J., Jain, S., Johnson, D. (eds.). *Advances in Plant Breeding Strategies: Industrial and Food Crops Cham*, Springer, 637-73.
7. Hussain Shah, M., Rauf, S., Nazir, S., Ortiz, R., Naveed, A., & Fatima, S. (2023). Stability analyses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids for oleic acid and yield traits under multi location trials in Pakistan. *Italian Journal of Agronomy*, 18, 2079.
8. Madry, W., Gacek, E., Paderewski, S., Jakub, G., & Drzazga, T. (2011). Adaptive yield response of winter wheat cultivars across environments in poland using combined ammin and cluster analyses. *International Journal of plant production*, 5 (3), 299-309. <https://sid.ir/paper/314604/en>.
9. Enyew, M., Feyissa, T., Geleta, M., Tesfaye, K., Hammenhag, C., & Carlsson, A. S. (2021). Genotype by environment interaction, correlation, AMMI, GGE biplot and cluster analysis for grain yield and other agronomic traits in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Plos one*, 16(10), e0258211.
10. Saeidnia, F., Taherian, M., & Nazeri, S. M. (2023). Graphical analysis of multi environmental trials for wheat grain yield based on GGE biplot

- analysis under diverse sowing dates. *BMC Plant Biology*, 23, 198.
11. Yasar, M., Çil, A. N., & Çil, A. (2023). Investigation of Genotype × environment interaction in some sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes in different environmental conditions. *MAS Journal of Applied Sciences*, 8 (1), 41-55. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7642289>.
12. Moroldo, M., Blanchet, N., Duruflé, H., Bernillon, S., Berton, T., Fernandez, O., & Langlade, N. B. (2024). Genetic control of abiotic stress-related specialized metabolites in sunflower. *BMC genomics*, 25 (1), 199.
13. Khomari, S. (2004). Investigation of the effect of water restriction on grain filling process, yield and yield components of sunflower seed. Master Thesis. Faculty of Agriculture, University of Tabriz. [In Persian]
14. Abakemal, D., Shimelis, H., & Derera, J. (2016). Genotype -by -environment interaction and yield stability of quality protein maize hybrids developed from tropical -highland adapted inbred lines. *Euphytica*, 209, 757-769.
15. Inabangan-Asilo, M. A., Swamy, B. M., Amparado, A. F., Descalsota-Empleo, G. I. L., Arocena. E. C., & Reinke, R. (2019). Stability and G×E analysis of zinc-biofortified rice genotypes evaluated in diverse environments. *Euphytica*, 215, 61.
16. Babaei, H. R., Sabzi, H., & Razmi, N. (2018). Pattern analysis of genotype and year interaction for grain yield in mutant lines of rice (*Oryza sativa* L.) using AMMI multivariate method. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 50, 129-137. [In Persian]
17. Alizadeh, B., Rezaizad, A., Yazdandoost Hamedani, M., Shiresmaeili, G., Nasserghadimi, F., Khademhamzeh, H., & Gholizadeh. A. (2021). Analysis of genotype × environment interaction for seed yield in winter rapeseed cultivars and lines using multivariate method of additive main effects and multiplicative interaction. *Isfahan University of Technology-Journal of Crop Production and Processing*, 11, 95-108. [In Persian]
18. Skoric, D. S., & Mohnar, I. (2000). General (GCA) and specific (SCA) combining abilities in sunflower. Proceedings of the 15th. International Sunflower conference. Toulouse, *France*. E23-E27 pp.
19. Ghaffari, M., Daneshyan, J., Farokhi, A., et al. (2016). Introduction and release of hybrid single cross sunflower (SHF 81-90) of Shams variety for the first cultivation of temperate and cold regions and summer cultivation of temperate regions. Seed and Plant Improvement Institute (SPII). *Agricultural Research Education and Extension Organization*. 345 p. [In Persian]
20. Arshi, Y., & Jafari, H. (1990). Sunflower review. *Publications of the Institute of Improvement and Preparation of Seedlings and Seeds*. 220 p.
21. Arshi, Y. (1994). Solar Science and Technology. Ministry of Agriculture. Deputy of Agriculture Affairs. *General Administration of Cotton and Oilseeds of Iran*. 719 p.
22. Farokhi, A., Khodabande, A., Danishian, J., Rahmanpour, S., Ghafari, M., Ta'i, A., Khaiavi, M., Rezaizad, A., Zarei, A., Shahsvari, M., Nourirad Doji, A., Anderkhor, A., Shariati, F., & Naraki, H. (2010). Farrukh hybrid, the scout of the new generation of Iranian sunflower hybrids. The third international seminar on oilseeds and edible oils. Tehran. 277 p.
23. Khodabandeh, A. (2012). A. Selection, naming and release of sunflower hybrid ALine1221/1×R-14 for cultivation in different regions of the country. Variety introduction report, oil seeds research department of the research, breeding and preparation of seedlings and seeds institute. 357 p.
24. Ghaffari, M., Farrokhi, E., Rahmanpour, S., Daneshian, J., Nouri Rad Davaji, A. M., Rezaee Zad, A., Zarei Siahbidi, A., Soltani, M., Kazerani, N.,

- Andarkhor, A., Ravanlou, A., Khiyavi, M., Homayonifar, M., Shasavari, M. R., Shariati, F., Shiresmaeeli, G., Nasser Ghadimi, F., & Yazdandoost, M. (2019). Shams, New Medium Maturity Sunflower Hybrid Adapted to Spring Cropping in Temperate and Cold Regions and Summer Cropping in Temperate Regions of Iran. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, 7 (2), 221-233.
25. Ghaffari, M., Andarkhor, S., Homayonifar, M., Kalantar Ahmadi, S., Shariati, F., Jamali, H., & Rahmanpour, S. (2020). Agronomic attributes and stability of exotic sunflower hybrids in Iran. *Helia*, 43 (72), 67-81. [https:// doi.org/10.1515/helia-2020-0004](https://doi.org/10.1515/helia-2020-0004).
26. Gholizadeh, A., Ghaffari, M., & Kalantar ahmadi, S. A. (2022). Graphic Analysis of Relationships among Traits and Selection of Superior Hybrids in Sunflower. *Journal of Agricultural Science and sustainable production (Journal of agricultural science)*, 32 (3), 201-217. SID. <https://sid.ir/paper/1049142/en>.
27. Saremi-Rad, A., Mostafavi, K., & Mohammadi, A. (2020). Genotype - Environment Interaction Study Base GGE biplot Method for Kernel Yield in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Cultivars. *Journal of Crop Breeding*, 12, 43-53. [In Persian]
28. Gholizadeh, A., Ghaffari, M., & Kalantar Ahmadi, S. A. (2022). Graphic Analysis of Relationships among Traits and Selection of Superior Hybrids in Sunflower. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production (Journal of Agricultural Science)*, 32 (3), 201-217.
29. Yan, W., & Kang, M. S. (2003). GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists and agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
30. Saremi-Rad, A., Mostafavi, K., & Mohammadi, A. (2020). Genotype - Environment Interaction Study Base GGE biplot Method for Kernel Yield in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Cultivars. *Journal of Crop Breeding*, 12, 43-53. [In Persian]
31. Ansarifard, I., Mostafavi, K., Khosroshahli, M., Bihamta, M., & Ramshini, H. (2020). A study on genotype-environment interaction based on GGE biplot graphical method in sunflower genotypes (*Helianthus annuus* L.). *Food Science & Nutrition*, 8, 3327-3334.
32. Andarkhor Seyyed Abbas, A., Mastibag, N., Ramee, W. E., & Tabarband Miri Ramzan Ali, A. (2014). Examining the compatibility and heterosis of the phenological, morphological and seed yield characteristics of modified sunflower lines in summer cultivation through line analysis in the tester. 6 (13), 1-17.
33. Ghaffari, M., Andarkhor, S., Homayonifar, M., Kalantar Ahmadi, S., Shariati, F., Jamali, H., & Rahmanpour, S. (2020). Agronomic attributes and stability of exotic sunflower hybrids in Iran. *Helia*, 43 (72), 67-81.

