Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Journal of Crop Breeding Vol. 17, Issue 3, 2025 p: 147-158

OPEN ACCESS

Research Paper

Analysis of Relationships between Traits and New Sunflower Hybrids using the GT Biplot Method under Dryland and Irrigated Conditions in Golestan Province

Hossein Ahmadi-Ochtapeh[1], Mehdi Ghaffari[2], Amir Gholizadeh[3], and Abdolaziz Haghighi[4]

1- Assistant Professor, Department of Crop and Horticultural Science Research, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran, (Corresponding author: h.ahmadiochtapeh@areeo.ac.ir)
2- Associate Professor, Department of Oil Crops Research, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
3- Assistant Professor, Department of Crop and Horticultural Science Research, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran
4- Assistant Professor, Department of Plant Protection, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran

Received: 25 January, 2025 Revised: 8 March, 2025 Accepted: 8 May, 2025

Extended Abstract

Background: Sunflower (*Helianthus annuus*) is one of the most important sources of vegetable oil production that plays a pivotal role in food security, income, and livelihood of Iranian farmers. Currently, drought and the resulting stress are among the most common environmental stresses that lead to yield reduction, especially in dry and rainfed areas. Like most crops, sunflower productivity is significantly impacted by drought stress. Therefore, effective solutions are essential to mitigate drought stress. Given that sunflower hybrids are now cultivated as commercial varieties, it is crucial to produce superior hybrids with high seed and oil yields that are also tolerant to abiotic stress, considering climate change and aridity. The genotype-trait (GT) biplot analysis is a powerful statistical method that can identify correlations among traits by evaluating genotypes across multiple traits and identifying genotypes that excel in specific characteristics. This study employed the GT biplot method to explore the interrelationships between various traits and sunflower hybrids. The objectives of this research include identifying sunflower hybrids with desirable traits, investigating the relationships between traits, and categorizing hybrids based on traits studied using the GT biplot method.

Methods: Eighteen new sunflower hybrids, along with the Zarin hybrid as a control, were evaluated under both dryland and irrigated conditions. The experiment was conducted using a randomized complete block design with three replications at the National Agricultural Research Station and Dryland Seed Production of Gonbad-e Kavous (in dryland conditions and winter cultivation in February) and the Agricultural Research Station in Gorgan (in irrigated conditions and spring cultivation in April) during the 2023-2024 cropping season. Each hybrid was planted in plots with three rows, 60 cm spacing between rows, and within-row spacing of 25 cm. Sunflower samples were planted manually in hills on flat beds in dryland conditions, while it was on ridges created by a furrower in irrigated conditions. Agronomic traits, including days to maturity, plant height, head height from the ground, head diameter, stem diameter, seed number per head, thousand-seed weight, and seed yield, were evaluated in the plants. The oil content of 30-g samples randomly selected from the seeds of each plot was measured in the oilseed laboratory of the Institute of Crop Improvement and Seed Production in Karaj. Subsequently, oil yield was calculated in kilograms per hectare. After obtaining the experimental data, the GGE biplot software was used for data analysis using the graphical GT biplot method with an appropriate statistical model.

Results: The GT biplot analysis explained a total of 78.3% of the standardized data diversity under dryland conditions (with the first and second principal components explaining 61.8% and 16.5%, respectively). Similarly, under irrigated conditions, the GT biplot explained 58.7% of the standardized data variation (with the first and second principal components explaining 39.4% and 19.3%, respectively). Overall, based on the polygonal representation of the GT biplot, hybrids numbered 4 and 16 excelled in dryland conditions, while hybrids numbered 2, 3, 4, and 16

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-04-01]

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1598]

Copyright ©2025 Ahmadi-Ochtapeh et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 Unported License, which allows users to read, copy, distribute, and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

performed well under irrigated conditions across most evaluated traits. The GT biplot analysis revealed that head diameter and stem diameter were positively correlated with seed yield under both dryland and irrigated conditions. Additionally, plant height was closest to the ideal trait in dryland conditions, while seed number per head exhibited the highest distinctiveness and representativeness under irrigation. The overall comparison using the GT biplot indicated that hybrids numbered 4, 16, 1, 10, and 2 were the most desirable across all evaluated traits under dryland conditions. Similarly, hybrids numbered 16, 4, and 10 stood out as the preferred hybrids based on the studied traits under irrigated conditions. Furthermore, hybrid number 3 (under dryland conditions) and hybrid number 11 (under irrigated conditions) were the least desirable hybrids compared to the ideal hybrid. The graphical analysis of hybrid stability revealed that hybrid number 16 was selected as the best and most stable hybrid for both dryland and irrigated conditions.

Conclusion: Breeding drought-tolerant sunflower varieties and hybrids with high yield potential is crucial to improve water resource limitations. Hybrids performing well in both dryland and irrigated conditions should be prioritized concerning seed and oil yield. Improving plant height and stem diameter in dryland conditions enhanced seed yield, while an improvement in the head diameter increased seed yield in irrigated conditions. Hybrids 4 and 16 performed favorably in both dryland and irrigated conditions, while hybrids 2 and 3 excelled under irrigated conditions in terms of seed and oil yields. This study demonstrates the effectiveness of the GT biplot method in identifying various traits and selecting productive and stable hybrids.

Keywords: Drought stress, Graphical method, Oil yield, Seed yield, Sunflower

How to Cite This Article: Ahmadi-Ochtapeh, H., Ghaffari, M., Gholizadeh, A., & Haghighi., A. (2025). Analysis of Relationships between Traits and New Sunflower Hybrids using the GT Biplot Method under Dryland and Irrigated Conditions in Golestan Province. *J Crop Breed,* 17(3), 147-158. DOI: 10.61882/jcb.2024.1598

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-04-01]

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1598]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

تحلیل ارتباط بین صفات و هیبریدهای جدید آفتابگردان با استفاده از روش GT بای‌پلات تحت شرایط دیم و آبی در استان گلستان

حسین احمدی اوچ‌تپه[۱]، مهدی غفاری[۲]، امیر قلی‌زاده[۳] و عبدالعزیز حقیقی[۴]

۱- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران، (نویسنده مسوول: h.ahmadiochtapeh@areeo.ac.ir)

۲- دانشیار، بخش تحقیقات دانه‌های روغنی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۳- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

۴- استادیار، بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۰۶ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۸
صفحه ۱۴۷ تا ۱۵۸

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: آفتابگردان (*Helianthus annuus*) به‌عنوان یکی از مهمترین منابع تولید روغن گیاهی نقش مهمی در امنیت غذایی، درآمد و تأمین معیشت زارعین کشور ایفا می‌کند. امروزه خشکسالی و تنش حاصل از آن یکی از رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که باعث کاهش عملکرد به‌ویژه در مناطق خشک و دیم می‌شود. بهره‌وری آفتابگردان نیز به مانند اکثر گیاهان زراعی به شدت تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد. بنا بر این، یافتن راهکارهای مؤثر برای کاهش آسیب‌های ناشی از تنش خشکی بسیار مفید خواهد بود. از آنجایی که امروزه هیبریدهای آفتابگردان به‌عنوان ارقام تجاری کشت می‌شوند، با توجه به تغییر اقلیم و خشکسالی تولید هیبریدهای برتر با عملکرد دانه و روغن بالا و متحمل به تنش غیر زنده ضروری به‌نظر می‌رسد. از روش تجزیه و تحلیل بای‌پلات ژنوتیپ- صفت (GT) می‌توان به‌عنوان یک روش آماری قوی برای بررسی همبستگی بین صفات از طریق ارزیابی ژنوتیپ‌ها برای صفات متعدد و یافتن ژنوتیپی که در صفات خاص برتری دارند، استفاده کرد. بنا بر این، در این مطالعه برای بررسی روابط متقابل بین صفات مختلف و هیبریدهای آفتابگردان از روش بای‌پلات ژنوتیپ-صفت استفاده شد. اهداف تحقیق حاضر شامل شناسایی هیبریدهای آفتابگردان با مطلوب‌ترین صفات، بررسی روابط بین صفات و دسته‌بندی هیبریدها براساس صفات مورد مطالعه از طریق روش بای‌پلات ژنوتیپ- صفت بودند.

مواد و روش‌ها: تعداد ۱۸ هیبرید جدید آفتابگردان به‌همراه هیبرید زرین به‌عنوان شاهد در دو شرایط دیم و آبی مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمایش با استفاده از طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در فصل زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در ایستگاه ملی تحقیقات کشاورزی و تولید بذر دیم گنبد کاووس (در شرایط دیم- کشت زمستانه در اسفندماه) و ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان (در شرایط آبی- کشت بهاره در اردیبهشت‌ماه) اجرا شد. هر یک از هیبریدها در کرت‌هایی شامل سه خط ۳ متری با فواصل بین ردیف ۶۰ سانتی‌متر و داخل ردیف ۲۵ سانتی‌متر کاشته شدند. کشت به صورت دستی و کُپه‌ای انجام شد. نحوه کشت در شرایط دیم به‌صورت مسطح و در شرایط آبی بر روی پشته‌های ایجادشده توسط شیاربازکن بود. صفات زراعی روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، ارتفاع طبق از سطح زمین، قطر طبق، قطر ساقه، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و عملکرد دانه ارزیابی شدند. درصد روغن نمونه‌های ۳۰ گرمی تصادفی از بذر هر کرت در آزمایشگاه دانه‌های روغنی مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اندازه‌گیری شد. سپس، عملکرد روغن بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. پس از حصول داده‌های آزمایشی، از نرم‌افزار GGE biplot برای تجزیه داده‌ها به‌روش گرافیکی بای‌پلات GT با استفاده از مدل آماری مناسب استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج حاصل از بای‌پلات ژنوتیپ- صفت در مجموع در شرایط دیم ۷۸/۳ درصد (مؤلفه اصلی اول و دوم به‌ترتیب ۶۱/۸ و ۱۶/۵ درصد) و در شرایط آبی ۵۸/۷ درصد (مؤلفه اصلی اول و دوم به‌ترتیب ۳۹/۴ و ۱۹/۳ درصد) از کل تنوع داده‌های استاندارد شده را توجیه کردند. به‌طور کلی، براساس نمایش چندضلعی بای‌پلات، هیبریدهای شماره ۴ و ۱۶ در شرایط دیم و هیبریدهای شماره ۲، ۳، ۴ و ۱۶ در شرایط آبی هیبریدهای برتر بر اساس اکثر صفات مورد ارزیابی بودند. نتایج بای‌پلات روابط متقابل میان صفات نشان دادند که قطر طبق و قطر ساقه با عملکرد دانه در دو شرایط دیم و آبی همبستگی مثبتی داشتند. در شرایط دیم، صفت ارتفاع بوته و در شرایط آبی صفت تعداد دانه در طبق نزدیک‌ترین صفت به صفت ایده‌آل بودند و بیشترین تمایز و بیانگری را نشان دادند. بای‌پلات مقایسه کلیه هیبریدها با هیبرید ایده‌آل نشان داد که در شرایط دیم هیبریدهای ۴، ۱۶، ۱، ۱۰ و ۲ و در شرایط آبی هیبریدهای ۱۶، ۴ و ۱۰ مطلوب‌ترین هیبریدها از نظر تمام صفات مورد مطالعه بودند. هیبرید شماره ۳ (در شرایط دیم) و هیبرید شماره ۱۱ در شرایط آبی در مقایسه با هیبرید ایده‌آل، نامطلوب‌ترین هیبرید بودند. نمودار گرافیکی بررسی هیبریدها براساس پایداری نشان داد که هیبرید شماره ۱۶ به‌عنوان بهترین و پایدارترین هیبرید برای دو شرایط دیم و آبی انتخاب شد.

نتیجه‌گیری کلی: در مجموع، با توجه به محدودیت منابع آبی، اصلاح برای تهیه ارقام و هیبریدهای متحمل به خشکی با پتانسیل عملکرد بالا در این گیاه مهم اقتصادی مطرح است. علاوه بر این، باید به‌دنبال هیبریدهایی بود که عملکرد (دانه و روغن) آن‌ها در دو شرایط دیم و آبی بالا باشد. بهبود ارتفاع بوته و قطر ساقه در شرایط دیم باعث بهبود عملکرد دانه شد، در حالی‌که در شرایط آبی بهبود قطر طبق باعث بهبود عملکرد دانه شد. هیبریدهای شماره ۴ و ۱۶ در دو شرایط دیم و آبی و هیبریدهای شماره ۲ و ۳ در شرایط آبی مناسب‌ترین و مطلوب‌ترین هیبریدها از نظر عملکرد دانه و روغن بودند. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق کارایی روش بای‌پلات ژنوتیپ- صفت را برای تشخیص صفات مختلف و انتخاب هیبریدهای پرمحصول و پایدار نشان می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، تنش خشکی، عملکرد روغن، عملکرد دانه، روش گرافیکی

مقدمه

دانه‌های روغنی پس از غلات دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند (Hashemitabar *et al.*, 2005). این گیاهان یکی از منابع مهم تأمین انرژی مورد نیاز بدن انسان هستند که منبع غنی از اسیدهای چرب و پروتئین نیز هستند. اگرچه تولید جهانی روغن‌های گیاهی در دهه‌های اخیر افزایش یافته است، با این حال، هنوز شکاف گسترده‌ای بین تولید و مصرف وجود دارد (Yuan & Li, 2020)، به‌طوری که بیش از ۹۰ درصد روغن مصرفی مورد نیاز ایران از خارج از کشور تأمین و فقط حدود ۱۰ درصد این نیاز در داخل تولید می‌شود؛ لذا افزایش میزان تولیدات دانه‌های روغنی در کشور ضروری به‌نظر می‌رسد. آفتابگردان (*Helianthus annuus*) یکی از نباتات روغنی مهم جهان است که از نظر تولید روغن، در بین گیاهان

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-04-09]

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1598]

یک‌ساله تولیدکننده روغن، بعد از سویا در مقام دوم قرار دارد و یکی از چهار گیاه روغنی عمده جهان است که به‌خاطر تأمین روغن خوراکی کشت می‌شود (Koocheki, 2009). اگرچه آفتابگردان عمدتاً برای روغن دانه آن استفاده می‌گردد، با این حال مصرف خوراکی هم دارد (Rauf *et al.,* 2017). آفتابگردان به‌عنوان یکی از گیاهان دانه روغنی مهم به‌دلیل سازگاری بالایی که به شرایط اقلیمی مختلف دارد در دامنه وسیعی از مناطق جهان جهت تولید روغن خوراکی کشت می‌شود و دارای ارزش اقتصادی بالایی است (Cantamutto & Poverene, 2007). آفتابگردان با سطح کاشت جهانی ۲۹ میلیون هکتار و عملکرد ۱۹۷۰ کیلوگرم در هکتار (FAO, 2021) یکی از مهمترین گیاهان روغنی سازگار به مناطق مختلف دنیا و از جمله ایران است. میزان تولید آفتابگردان روغنی در ایران برابر ۳۲۹۶ تن است که از این مقدار تولید، ۱۱۵۵ تن در شرایط دیم و ۲۱۴۱ تن در شرایط آبی کشت می‌شود. براساس آمارنامه کشاورزی در استان گلستان، سطح زیر کشت آفتابگردان روغنی در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ برابر ۴۸۹۳ هکتار بود؛ از این مقدار، ۲۰۷۵ هکتار مربوط به کشت دیم و ۲۸۱۸ هکتار مربوط به کشت آبی است به‌طوری‌که میانگین تولید در شرایط دیم و آبی به‌ترتیب ۵۵۷ و ۷۶۰ کیلوگرم در هکتار است.

عملکرد پایدار آفتابگردان به‌عنوان یک محصول بهاره و تابستانه در معرض تغییرات اقلیمی به‌ویژه کمبود آب و دماهای بالا قرار دارد و وقوع امواج شدید گرما در طی دوره رشد آن تأثیر قابل‌توجهی بر عملکرد دانه و کیفیت روغن آن دارد (Sheikh Mamo *et al.,* 2023). در این بین، خشکسالی و تنش حاصل از آن یکی از رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را با محدودیت روبه‌رو ساخته است و بازده استفاده از مناطق خشک و دیم را کاهش داده است (Zareei Siahbidi & Rezaeizad, 2019). اگرچه آفتابگردان به‌عنوان یک گیاه متحمل به خشکی نسبتاً خوبی در نظر گرفته می‌شود، اما بهره‌وری آن به‌شدت تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد (Erdem *et al*., 2006). با این وجود، در میان گیاهان زراعی به‌خوبی قادر است شرایط تنش را تحمل نماید که آن هم به‌علت ساختمان بوته آفتابگردان است (Skoric, 2009). از آنجایی‌که کشت آفتابگردان به‌دلیل تحمل تنش‌های رطوبتی در اراضی دارای تنش کم آبی و دیم افزایش یافته است، لذا شناسایی و اصلاح ارقام پر محصول و پر روغن متحمل به تنش‌های رطوبتی ضروری است (Jabbari *et al.,* 2007). در این میان، ارقام هیبرید به‌خاطر نشان دادن پدیده هتروزیس از عملکرد بالایی برخوردار هستند؛ به‌طوری که هیبریدهای سینگل کراس در مقایسه با سایر انواع هیبریدها پرمحصول‌تر هستند (Fehr, 1987). کاربرد بذور هیبرید و استفاده عملی از هتروزیس در اصلاح آفتابگردان خیلی دیرتر از اصلاح ذرت شروع شده است، زیرا گل‌ها در آفتابگردان دوجنسی هستند و عقیم نمودن مکانیکی آن برای تولید بذر در سطح وسیع ممکن نیست. این چالش با کشف نرعقیمی سیتوپلاسمی مرتفع شده است (Pourdad *et al.,* 2013). خوشبختانه، هم‌اکنون مواد و تکنولوژی لازم برای تولید هیبریدهای آفتابگردان در کشور وجود دارند. هیبریدهای آفتابگردان نسبت به جمعیت‌های مختلف ارجح هستند زیرا ارقام هیبرید از نظر رشد و نمو، گلدهی هم‌زمان، زودرسی، افزایش عملکرد و رطوبت یکنواخت بذر برای اهداف ذخیره‌سازی برتری دارند (Hernandez *et al.,* 2017). یکی از راه حل‌های مؤثر در افزایش تولید آفتابگردان، افزایش عملکرد در واحد سطح با کشت ژنوتیپ‌های پرمحصول است (Gholizadeh *et al.,* 2021). انتخاب براساس صفات موفولوژیکی و اجزای عملکرد با وراثت‌پذیری بالا می‌تواند روشی سریع و دقیق برای غربال جمعیت‌های گیاهی جهت افزایش و بهبود عملکرد محصول باشد (Gholizadeh & Dehghani, 2016).

تجزیه و تحلیل بای‌پلات ژنوتیپ – صفت (GT) که یکی از روش‌های بای‌پلات GGE است یک روش آماری قوی است برای بررسی همبستگی بین صفات از طریق ارزیابی ژنوتیپ‌ها برای صفات متعدد و یافتن ژنوتیپی که در صفات خاص برتری دارند (Stansluos *et al.,* 2023; Yan & Rajcan, 2002). تجزیه بای‌پلات یک روش تجزیه‌ای چندمتغیره است که انواع داده‌های دوطرفه را به‌صورت گرافیکی نشان داده است و امکان مشاهده روابط درونی بین صفات و روابط درونی مابین ژنوتیپ‌ها را فراهم می‌کند (Yan *et al.,* 2000). همچنین، بای‌پلات یک ابزار مناسب برای خلاصه‌سازی داده‌ها و برآورد الگوهای پاسخی که در داده‌های اصلی وجود دارند، است (Gabriel, 1971). از روش بای‌پلات GT برای بررسی همبستگی ژنوتیپ × صفت در یولاف (Yan *et al.,* 2007)، گندم (Swelam, 2012)، گلرنگ (Baljani *et al.,* 2015)، اسفناج (Sabaghnia *et al.,* 2016)، ماش (Paramesh *et al.,* 2016)، لوپین (Atnaf *et al.,* 2017)، لوبیا (Adedeji *et al.,* 2020)، آفتابگردان (Shojaei *et al.,* 2022)، ذرت (Stansluos *et al.,* 2023; Nasir Mousavi *et al.,* 2021) و دیگر محصولات زراعی جهت ارزیابی ژنوتیپ‌ها و صفات مختلف استفاده شده است. اهداف تحقیق حاضر شامل تعیین هیبریدهای آفتابگردان با مطلوب‌ترین صفات، بررسی همبستگی بین صفات مختلف مورد مطالعه و روابط آنها و دسته‌بندی هیبریدها براساس صفات موردمطالعه از طریق روش بای‌پلات GT هستند.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، تعداد ۱۸ هیبرید جدید آفتابگردان به‌همراه هیبرید زرین به‌عنوان شاهد (جدول ۱) در استان گلستان در ایستگاه ملی تحقیقات کشاورزی و تولید بذر دیم گنبد کاووس (در شرایط دیم- کشت زمستانه در اسفند ماه) و ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان (در شرایط آبی- کشت بهاره در اردیبهشت ماه) در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار ارزیابی شدند. عملیات آماده‌سازی بستر بذر طبق عرف آزمایشات شامل شخم، کوددهی و دیسک انجام شدند. زمین آزمایش‌ها در هر دو ایستگاه سال قبل گندم کاشته شده بود. کود مصرفی از منابع کودی اوره، فسفات و پتاسیم در زمان کاشت اعمال شد. برای این منظور، قبل از کاشت حدود ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره (۲۵ کیلوگرم آن در یک نوبت سرک)،

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-04-09]
[DOI: 10.61882/jcb.2024.1598]

۷۵ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار از منبع فسفات آمونیوم و ۵۰ کیلوگرم پتاس خالص در هکتار از منبع سولفات پتاسیم برای شرایط دیم استفاده شد. همچنین، قبل از کاشت در شرایط آبی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره (۱۰۰ کیلوگرم آن در دو نوبت سرک)، ۲۰۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار از منبع فسفات آمونیوم و ۱۰۰ کیلوگرم پتاس خالص در هکتار از منبع سولفات پتاسیم استفاده شد. نحوه کشت در شرایط آبی بر روی پشته‌های ایجاد شده توسط شیاربازکن و در شرایط دیم به‌صورت مسطح بود. هر کرت آزمایشی مشتمل بر سه خط به‌طول سه متر به فواصل ردیف ۶۰ سانتی‌متر و فواصل بوتهٔ ۲۵ سانتی‌متر بود. کشت به‌صورت دستی و کُپه‌ای با قرار دادن سه عدد بذر در هر کُپه انجام شد. عملیات تنک‌کردن بوته‌ها در مرحله ۴-۳ برگی انجام شد و مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام گرفت. در شرایط دیم همزمان با وجین، عملیات سله‌شکنی نیز انجام شد. علاوه بر مراقبت‌های معمول زراعی، صفات زراعی روز تا رسیدگی (DTR)، ارتفاع بوته (PH) برحسب سانتی‌متر، ارتفاع طبق از سطح زمین (DGH) برحسب سانتی‌متر، قطر طبق (HD) برحسب سانتی‌متر، قطر ساقه (SD) برحسب میلی‌متر و تعداد دانه در طبق (SNPH) یادداشت‌برداری شدند. بعد از برداشت، وزن هزار دانه (TSW) برحسب گرم و عملکرد دانه (SY) برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردیدند. نمونه‌های ۳۰ گرمی تصادفی از بذر هر کرت به‌طور جداگانه تهیه و درصد روغن (OC) آنها در آزمایشگاه دانه‌های روغنی مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اندازه‌گیری شد. سپس عملکرد روغن (OY) بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید.

به‌منظور رسم نمودارهای بای‌پلات برای بررسی روابط بین صفات مورد بررسی و هیبریدها، میانگین‌های صفات مختلف و هیبریدهای مختلف به‌صورت یک ماتریس دو طرفه تنظیم و به نرم‌افزار GGE biplot معرفی شدند. تجزیه گرافیکی بای‌پلات GT با استفاده از مدل آماری زیر براساس داده‌های استاندارد انجام شد (Yan, 2014):

$$\frac{\alpha ij - \beta j}{\sigma j} = \sum_{n=1}^{2} \lambda_n \xi_{in} \eta_{jn} + \varepsilon ij = \sum_{n=1}^{2} \xi^*_{in} \eta^*_{jn} + \varepsilon ij$$

در رابطه فوق، αij، میانگین مقدار ژنوتیپ i ام برای هر صفت j ام، βj، مقدار میانگین همه ژنوتیپ‌ها برای صفات، σj، انحراف معیار صفت j ام در میانگین ژنوتیپ‌ها، εij، مقدار ژنوتیپ i ام باقیمانده در صفت j ام، λn، مقدار معین برای مؤلفه اصلی (PCn)، ξin، مقدار PCn برای ژنوتیپ i ام، و ηjn، مقداری PCn برای ژنوتیپ j ام هستند.

در این مطالعه، از پنج نمودار بای‌پلات (۱- شناسایی و انتخاب هیبریدهای برتر براساس صفات، ۲- رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس پایداری، ۳- شناسایی و تعیین هیبرید ایده‌آل، ۴- نمایش برداری روابط متقابل صفات مورد بررسی و ۵- شناسایی هیبریدها براساس صفت ایده‌آل) استفاده شد.

جدول ۱- شماره، کد، نام و شجره هیبریدهای جدید آفتابگردان شرکت‌کننده در این تحقیق

Table 1. Numbers, codes, names, or pedigrees of the new sunflower hybrids participating in this study

شماره Numbers	کد Code	نام/شجره Pedigree/name	شماره Numbers	کد Code	نام/شجره Pedigree/name
1	H1	R3×A1221	11	H11	RN75×A196
2	H2	R3×A330	12	H12	RN75×AF81-112
3	H3	R3×A370	13	H13	RF81-82×A370
4	H4	R111×A1221	14	H14	RO28×AO42
5	H5	R111×A370	15	H15	R33×A370
6	H6	R15×A196	16	H16	R33×AF81-112
7	H7	R15×A110	17	H17	RF81-65×A32
8	H8	R131×A32	18	H18	R60×AO70
9	H9	R131×A370	19	H19	RGK21x A221 (ZARRIN)*
10	H10	R131×A330			

*: هیبرید شماره ۱۹ (رقم زرین) به عنوان شاهد در نظر گرفته شده است.

*: Hybrid No. 19 (the Zarin cultivar) has been considered the control.

جدول ۲- مشخصات جغرافیایی و آمار هواشناسی مناطق مورد مطالعه در این آزمایش (۱۴۰۲-۱۳۹۲)

Table 2. Geographical specifications and meteorological statistics of the study areas in this experiment (2014-2023)

ایستگاه تحقیقات کشاورزی Agricultural Research Station	نوع اقلیم Climate Type	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude	ارتفاع از سطح دریا (متر) Elevation above sea level (m)	میانگین بارندگی سالانه (میلی‌متر) Average annual precipitation (mm)	تبخیر سالانه (میلی‌متر) Annual evaporation (mm)	متوسط دمای حداقل (°C) Average minimum temperature (°C)	متوسط دمای حداکثر (°C) Average maximum temperature (°C)
گنبد (شرایط دیم) Gonbad-e Kavous (dryland conditions)	نیمه‌خشک Semi-arid	55°13′E	37°16′E	41	400.5	1511.9	12.7	26.1
گرگان (شرایط آبی) Gorgan (irrigated conditions)	مدیترانه‌ای Mediterranean	54°25′E	36°54′E	5	443.9	1454.7	12.2	24.5

نتایج و بحث

شناسایی و انتخاب هیبریدهای برتر با استفاده از صفات مورد ارزیابی

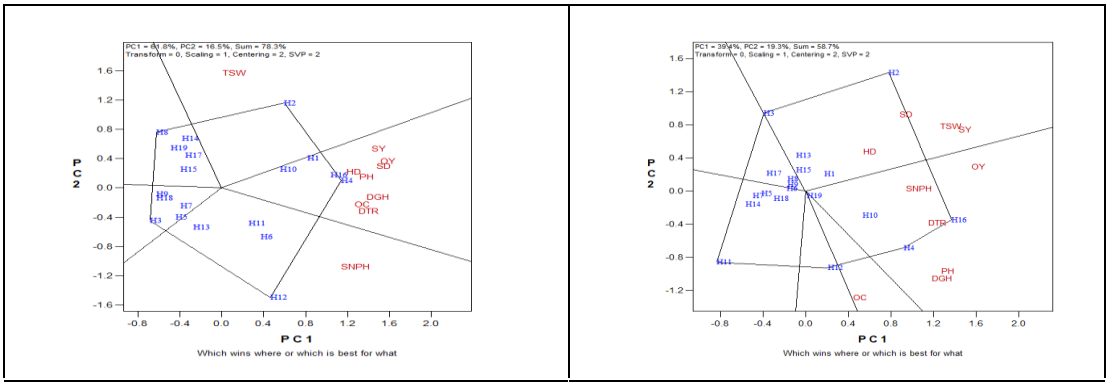
نتایج بای‌پلات ژنوتیپ- صفت در شرایط دیم ۷۸/۳ درصد (مؤلفه اصلی اول ۶۱/۸ درصد و مؤلفه اصلی دوم ۱۶/۵ درصد) از کل تنوع داده‌های استانداردشده را توجیه نمودند (شکل ۱- چپ). این درصد بالا بیانگر اعتبار نسبتاً بالای بای‌پلات بدست آمده در این بررسی در توجیه تغییرات ژنوتیپ- صفت است. همچنین، نتایج حاصل از روش بای‌پلات ژنوتیپ- صفت در شرایط آبی نشان دادند که دو مؤلفه اصلی اول و دوم به‌ترتیب ۳۹/۴ و ۱۹/۳ درصد و در مجموع ۵۸/۷ درصد از کل تنوع داده‌های استاندارد شده را توجیه نمودند (شکل ۱- راست). در صورتی که مجموع مؤلفه اصلی اول و دوم نتواند اکثر تغییرات موجود را توجیه کند بیانگر ماهیت پیچیده اثر متقابل صفات و

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-04-09]
[DOI: 10.61882/jcb.2024.1598]

هیبریدهای مورد ارزیابی خواهد بود. براساس بای‌پلات GT در شرایط دیم، تعداد شش هیبرید (۲، ۴، ۱۲، ۱۶، ۳ و ۸) و در شرایط آبی نیز تعداد شش هیبرید (۳، ۲، ۴، ۱۶، ۱۲ و ۱۱) بیشترین فاصله را از مبدأ بای‌پلات دارند و در رأس چندضلعی قرار گرفته‌اند. ژنوتیپ‌هایی که در رئوس چند ضلعی[1] قرار دارند و به‌عبارتی بیشترین فاصله را از مبدأ بای‌پلات دارند، بهترین ژنوتیپ‌ها برای صفات قرار گرفته در آن قطاع هستند. به‌عبارتی دیگر، هرچه در یک قطاع تعداد صفات بیشتری قرار داشته باشند بر موفقیت هیبریدهای آن قطاع از نظر صفات بیشتری دلالت دارد. نتایج بای‌پلات نشان دادند که ۱۹ ژنوتیپ مورد بررسی در شرایط دیم و آبی به‌ترتیب به ۵ و ۶ گروه تقسیم شدند.

در شرایط دیم، گروه اول با هیبرید شماره ۲ در رأس فقط از نظر وزن هزار دانه موفق بود. در گروه دوم با هیبریدهای شماره ۴ و ۱۶ قرار گرفته در رأس چندضلعی و هیبریدهای ۱ و ۱۰ از نظر هشت صفت روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، ارتفاع طبق از سطح زمین، قطر طبق، قطر ساقه، عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن موفق بودند. علاوه بر قرار گرفتن بیشتر صفات مورد ارزیابی در این قطاع، قرار گرفتن سه صفت مهم عملکرد دانه، عملکرد روغن و درصد روغن در این قطاع تأکید بر موفق بودن هیبریدهای این گروه از نظر عملکرد دانه و روغن دارد. در گروه سوم با هیبرید شماره ۱۲ قرار گرفته در رأس چندضلعی و هیبریدهای ۶، ۱۱ و ۱۳ فقط از نظر تعداد دانه در طبق موفق بودند. گروه چهارم با هیبرید شماره ۳ قرار گرفته در رأس چندضلعی و هیبریدهای ۵، ۷، ۹ و ۱۸ و همچنین گروه پنجم با هیبرید شماره ۸ قرار گرفته در رأس چندضلعی و هیبریدهای ۱۴، ۱۵، ۱۷ و ۱۹ از نظر هیچکدام از صفات مورد ارزیابی موفق نبودند. در مجموع براساس این بای‌پلات، هیبریدهای شماره ۴ و ۱۶ از نظر عملکرد دانه و روغن و سایر صفات فیزیومورفولوژیکی به‌عنوان هیبریدهای مطلوب شناسایی شدند (شکل ۱- چپ).

در شرایط آبی، گروه اول با هیبریدهای شماره ۲ و ۳ قرار گرفته در رأس چندضلعی و هیبریدهای ۱، ۱۳ و ۱۵ از نظر چهار صفت عملکرد دانه، وزن هزار دانه، قطر طبق و قطر ساقه موفق بودند. گروه دوم با هیبریدهای شماره ۴ و ۱۶ قرار گرفته در رأس چندضلعی و هیبریدهای ۱۰ و ۱۹ از نظر پنج صفت عملکرد روغن، تعداد دانه در طبق، ارتفاع بوته، ارتفاع طبق از سطح زمین و روز تا رسیدگی موفق بودند. علاوه بر قرار گرفتن بیشتر صفات مورد ارزیابی در این دو قطاع، قرار گرفتن صفت عملکرد دانه و جزء عملکرد (وزن هزار دانه) در گروه اول و صفت عملکرد روغن و جزء عملکرد (تعداد دانه در طبق) در گروه دوم تأکید بر موفق بودن هیبریدهای این دو گروه از نظر عملکرد دانه و روغن دارد. گروه‌های سوم و چهارم با هیبرید شماره ۱۲ در رأس فقط از نظر صفت درصد روغن موفق بودند. گروه پنجم با هیبرید شماره ۱۱ قرار گرفته در رأس چندضلعی و هیبریدهای ۵، ۷، ۱۴ و ۱۸ و همچنین گروه ششم بدون هیبرید قرار گرفته در رأس چندضلعی و با هیبریدهای ۶، ۸، ۹ و ۱۶ از نظر هیچکدام از صفات مورد ارزیابی موفق نبودند. در مجموع براساس این بای‌پلات، هیبریدهای شماره ۲، ۳، ۴ و ۱۶ از نظر عملکرد دانه و روغن و سایر صفات فیزیومورفولوژیکی به‌عنوان هیبرید مطلوب شناسایی شدند (شکل ۱- راست). به‌طور کلی، براساس این بای‌پلات هیبریدهای شماره ۴ و ۱۶ از نظر عملکرد دانه و روغن در شرایط دیم و همچنین در شرایط آبی هیبرید شماره ۲ از نظر عملکرد دانه و هیبریدهای شماره ۴ و ۱۶ از نظر عملکرد روغن و صفات مرتبط با عملکرد هیبریدهای برتر بودند. شناسایی و انتخاب هیبریدهای برتر با استفاده از صفات مورد ارزیابی برای محصولات زراعی مختلف مثل کلزا (Dehghani *et al.*, 2008) و ذرت (Stansluos *et al.*, 2023) گزارش شده است. در مجموع در هر دو شرایط دیم و آبی، صفات مهم عملکرد دانه، قطر طبق و قطر ساقه در یک قطاع قرار گرفتند. در تحقیق قلی‌زاده و همکاران (Gholizadeh *et al.*, 2021) نیز دو صفت عملکرد دانه و قطر طبق در یک قطاع قرار داشتند.



شکل ۱- نمای چندضلعی GGE بای‌پلات و نمایش الگوی کدام-برتر-کجا برای تعیین هیبریدهای برتر آفتابگردان براساس صفات مورد بررسی. شرایط دیم (چپ) و آبی (راست). PC1: اولین مؤلفه اصلی، PC2: دومین مؤلفه اصلی، DTR: روز تا رسیدگی، PH: ارتفاع بوته، DGH: ارتفاع طبق از سطح زمین، HD: قطر طبق، SD: قطر ساقه، SNPH: تعداد دانه در طبق، TSW: وزن هزار دانه، SY: عملکرد دانه، OC: درصد روغن، OY: عملکرد روغن، H: کُد هیبریدها

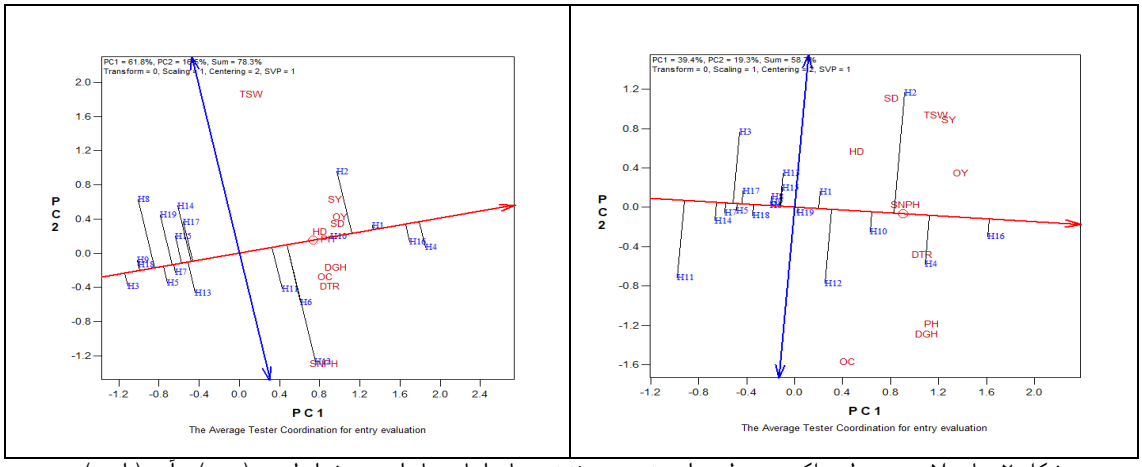
Figure 1. The GGE biplot polygon view and display of the which-won-where pattern for determining the top-performing sunflower hybrids based on the studied traits. Dryland conditions (left) and irrigation conditions (right). PC1: first principal component, PC2: second principal component, DTR: days to ripening, PH; plant height, DGH: distance between ground and head, HD: Head diameter, HS: stem diameter, SNPH: seed number per head, TSW: Thousand-seed weight, SY: Seed yield, OC: oil content, OY: Oil yield, H: hybrid code

[1] Polygon

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-04-01]
[DOI: 10.61882/jcb.2024.1598]

رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس پایداری

رتبه‌بندی ۱۹ هیبرید آفتابگردان براساس عملکرد دانه و پایداری در شکل ۲ نشان داده شده است. به خط قرمز دارای علامت فلش که از مرکز بای‌پلات و نقطه ایده‌آل می‌گذرد، خط متوسط عملکرد محیطی گفته می‌شود (Kheybari *et al.*, 2019). هیبریدهایی که به خط متوسط عملکرد محیطی نزدیک‌تر هستند پایداری عملکرد بیشتری دارند. به عبارت دیگر، هر چه هیبریدها از خط متوسط عملکرد محیطی فاصله بیشتری داشته باشند در برهم‌کنش نقش بیشتری دارند و از پایداری کمتری برخوردار هستند. براساس مطالب فوق، در شرایط دیم هیبریدهای شماره ۱۶، ۱ و۱۰ پایدارترین هیبریدها و هیبریدهای شماره ۴ و ۱۱ هیبریدهای با پایداری متوسط محسوب می‌شوند. هیبریدهای شماره ۲، ۱۲، ۱۴، ۱۹ و ۸ بیشترین نوسان عملکرد دانه را نشان دادند و جزء ناپایدارترین هیبریدها هستند. در شرایط آبی، هیبریدهای شماره ۱۶، ۱۰، ۱ و ۱۹ پایدارترین هیبریدها و هیبرید شماره ۴ هیبرید با پایداری متوسط محسوب می‌شوند. هیبریدهای شماره ۲، ۱۲، ۳، ۱۱ جزء ناپایدارترین هیبریدها هستند (شکل ۲). خط عمود بر خط متوسط عملکرد محیطی هیبریدها را به دو گروه (راست و چپ) تقسیم می‌کند. در گروه سمت راست هیبریدهایی قرار گرفته‌اند که میانگین عملکرد بالاتر از میانگین متوسط دارند و در گروه سمت چپ هیبریدهایی قراردارند که میانگین عملکرد پایین‌تر از میانگین متوسط را دارند. در مجموع، در دو شرایط دیم و آبی هیبرید شماره ۱۶ متوسط عملکرد بالاتر از میانگین عملکرد و پایدارترین هیبرید دارد. گزینش همزمان پایداری و عملکرد در محصولات سویا (Razmi *et al.*, 2023) و کنجد (Masoudi *et al.*, 2021 a) گزارش شده است. در هر دو شرایط دیم و آبی، هیبرید شماره ۲ با این که عملکرد بالایی داشت ولی هیبرید پایداری نبود. پورداد و جمشید مقدم (Pourdad & Jamshid Moghaddam, 2013) نیز در تحقیقی نشان دادند که دو رقم کلزای بهاره Hayola401 و Option500 هر چند دارای بیشترین عملکرد بودند، پایین‌ترین پایداری عملکرد را داشتند. لذا برای بررسی این موضوع باید هیبریدهای حد واسط (دارای عملکرد و پایداری نسبی) گزینش شوند و بای‌پلات ژنوتیپ ایده‌آل نیز بررسی گردد.



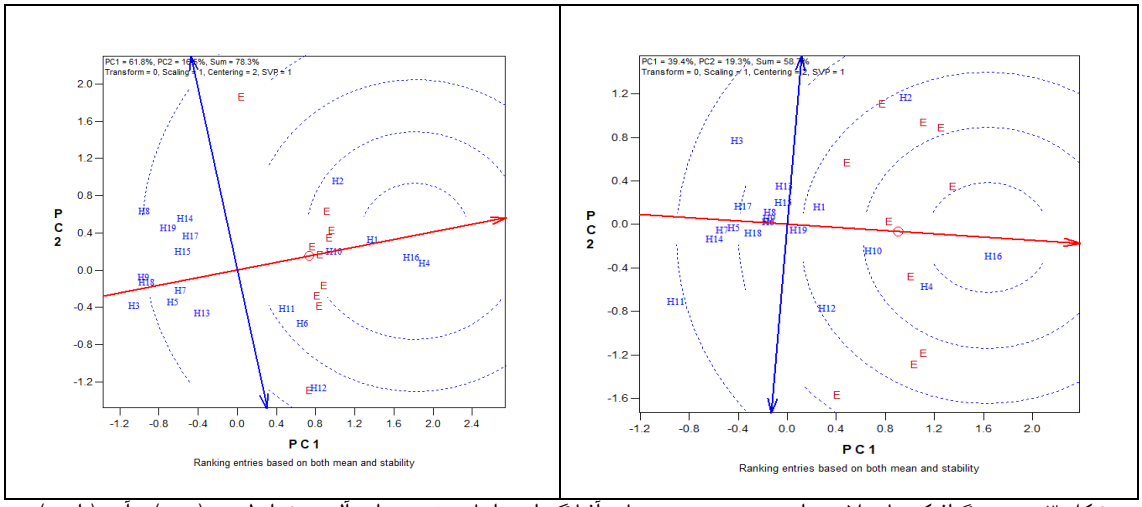
شکل ۲- بای‌پلات متوسط عملکرد محیطی برای رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس پایداری در شرایط دیم (چپ) و آبی (راست)
Figure 2. The biplot of environmental performance means for ranking genotypes based on stability under dryland (left) and irrigated (right) conditions

تعیین هیبرید ایده‌آل

بای‌پلات مقایسه کلیه هیبریدها با هیبرید ایده‌آل در شکل ۳ نشان داده شده است. دایره قرمز رنگ بر روی محور میانگین صفات (محور قرمز)، ژنوتیپ فرضی ایده‌آل را نشان می‌دهد. در عمل، چنین هیبرید وجود خارجی ندارد اما رتبه‌بندی بقیه هیبریدها براساس این ژنوتیپ ایده‌آل مشخص می‌شود (Yan & Kang, 2002). هیبریدهایی که در نزدیکترین دایره نسبت به هیبرید ایده‌آل قرار گرفته‌اند از نظر همه صفات مورد ارزیابی از دیگر هیبریدهای آزمایش برتر هستند. به‌عبارت دیگر، هیبریدهایی که به‌ترتیب کمترین فاصله را از هیبرید ایده‌آل فرضی داشته باشند، هیبرید مطلوب از نظر کلیه صفات مورد بررسی تعیین می‌گردند. در این تحقیق در شرایط دیم، هیبریدهای ۴، ۱۶، ۱، ۱۰ و ۲ (شکل ۳- چپ) و در شرایط آبی هیبریدهای ۱۶، ۴ و ۱۰ (شکل ۳- راست) کمترین فاصله را از هیبرید ایده‌آل فرضی دارند و مطلوب‌ترین هیبریدها از نظر تمام صفات مورد بررسی هستند. همچنین، براساس نتایج این بای‌پلات، هیبرید شماره ۳ در شرایط دیم (با عملکرد ۱۴۱۰ کیلوگرم در هکتار) و هیبرید شماره ۱۱ در شرایط آبی (با عملکرد ۲۲۷۲ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با هیبرید ایده‌آل، نامطلوب‌ترین هیبرید از نظر همه صفات مورد بررسی تعیین شدند. شجاعی و همکاران (Shojaei *et al.*, 2022) در چهار منطقه کرج، بیرجند، فیروزآباد و اراک با بررسی ژنوتیپ ایده‌آل و ژنوتیپ‌های مختلف آفتابگردان نشان دادند که دو ژنوتیپ (زرگل و آذرگل) در هر چهار منطقه ژنوتیپ‌های مطلوبی بودند. در مطالعه حاضر نیز هیبریدهای ۴، ۱۶ و ۱۰ در هر دو شرایط دیم و آبی مطلوب بودند. مقایسه ژنوتیپ‌ها براساس ژنوتیپ ایده‌آل در محصولات آفتابگردان (Ansarifard *et al.*, 2020)، ذرت شیرین (Stansluos *et al.*, 2023)، و گندم نان (Jafari & Farshadfar, 2018; Esmaeilzadeh Moghadam *et al.*, 2024) گزارش شده است. مسعودی و همکاران

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-04-09]
[DOI: 10.61882/jcb.2024.1598]

(Masoudi *et al.*, 2024 b) از نمودار ژنوتیپ ایده‌آل برای مقایسه ژنوتیپ‌های مختلف سویا استفاده کردند و گزارش کردند که این روش، ابزاری قوی و کارا برای شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد و پایداری بالا بود. در مجموع، ترتیب عملکرد ژنوتیپ‌ها در بای‌پلات رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس پایداری (شکل ۲) مشابه بای‌پلات ژنوتیپ ایده‌آل (شکل ۳) بود. براساس نظر یان و کانگ، این موضوع زمانی اتفاق می‌افتد که دامنه مؤلفه اصلی اول خیلی بیشتر از مؤلفه اصلی دوم باشد (Yan & Kang, 2002).

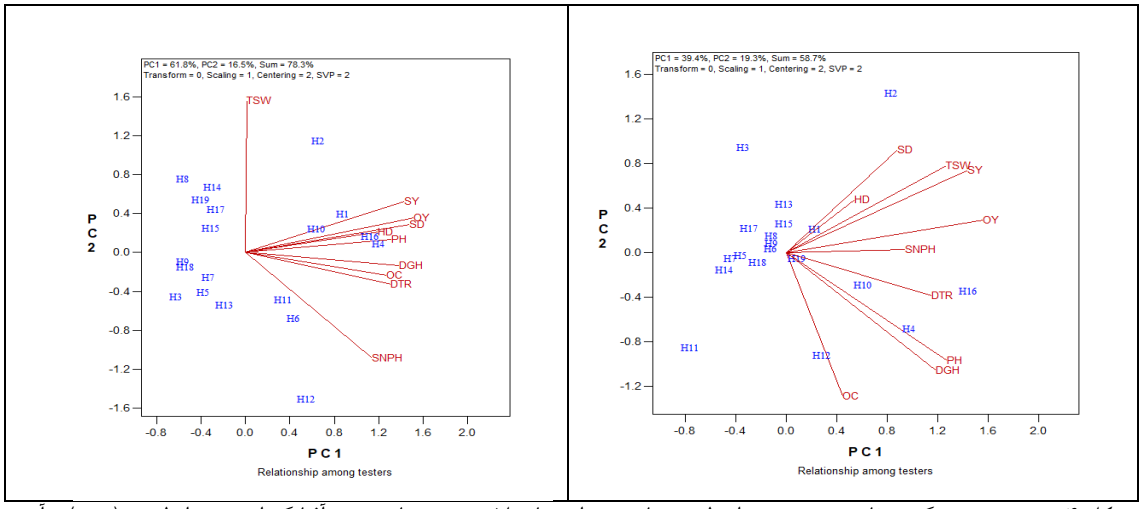


شکل ۳- تجزیه گرافیکی بای‌پلات برای رتبه‌بندی هیبریدهای آفتابگردان براساس ژنوتیپ ایده‌آل در شرایط دیم (چپ) و آبی (راست)
Figure 3. Biplot graphical analysis for ranking sunflower hybrids based on the ideal genotype under dry (left) and irrigated (right) conditions

روابط متقابل میان صفات

به‌منظور بررسی شدت همبستگی بین صفات از زاویه بین بردارهای صفات (نمایش برداری صفات) استفاده شد (شکل ۴). هرگاه زاویه بین بردار دو صفت کمتر از ۹۰ درجه باشد، نشان‌دهنده همبستگی مثبت بین صفات و اگر زاویه بین بردار دو صفت ۹۰ درجه باشد همبستگی بین دو صفت صفر است. اگر زاویه بین بردار دو صفت بیشتر از ۹۰ درجه باشد، نشان‌دهنده همبستگی منفی بین صفات است (Ma *et al.*, 2004). براساس نمایش برداری بای‌پلات GT در شرایط دیم صفات قطر ساقه، قطر طبق و ارتفاع بوته همبستگی مثبتی را با عملکرد دانه و عملکرد روغن داشتند (شکل ۴- چپ). صفت روز تا رسیدگی همبستگی مثبتی را با درصد روغن داشت. همچنین، صفات وزن هزار دانه با تعداد دانه در طبق همبستگی منفی داشتند. براساس نمایش برداری بای‌پلات GT در شرایط آبی، صفات وزن هزار دانه، قطر طبق و قطر ساقه همبستگی مثبتی را با عملکرد دانه نشان دادند (شکل ۴- راست). بهبود ارتفاع بوته و قطر ساقه در شرایط دیم باعث بهبود عملکرد دانه می‌شود؛ این در حالی است که در شرایط آبی ارتباط زیادی بین ارتفاع بوته با عملکرد دانه مشاهده نگردید. این مطلب بیانگر این است که با افزایش ارتفاع بوته در شرایط دیم (به‌علت محدود شدن انتقال مواد فتوسنتزی در شرایط تنش و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی بیشتر از ساقه به بخش زایشی) و کاهش ارتفاع بوته در شرایط آبی (به‌علت انتقال بیشتر مواد به بخش زایشی به‌جای بخش رویشی) عملکرد دانه افزایش پیدا خواهد کرد. وزن هزار دانه و قطر طبق در شرایط آبی همبستگی زیادی داشتند؛ بنا بر این، می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط آبی بهبود قطر طبق باعث بهبود عملکرد دانه خواهد شد. برعکس شرایط دیم، در شرایط آبی همبستگی بین صفات وزن هزار دانه با تعداد دانه در طبق مثبت بود. مثبت‌بودن ضریب همبستگی قطر طبق و قطر ساقه با عملکرد دانه در دو شرایط دیم و آبی نشان می‌دهد که با افزایش قطر طبق و قطر ساقه امکان افزایش عملکرد دانه و روغن وجود دارد. این نتایج با نتایج قلی‌زاده و همکاران (Gholizadeh *et al.*, 2021)، شجاعی و همکاران (Shojaei *et al.*, 2022)، و بهرادفر و همکاران (Behradfar *et al.*, 2009) تطابق دارند. همچنین، همبستگی مثبت بین عملکرد دانه و قطر طبق در سایر تحقیقات (Sincik & Goksoy, 2014) گزارش شده است. به‌طور کلی، در هر دو شرایط دیم و آبی بین عملکرد دانه و عملکرد روغن همبستگی مثبتی وجود داشت. این امر نشان می‌دهد که هرچقدر عملکرد دانه بیش‌تر باشد عملکرد روغن نیز افزایش می‌یابد؛ این نتیجه با نتایج مقصودی دماوندی و همکاران (Maghsoudi Damavandi *et al.*, 2020) تطابق دارد. در شرایط دیم نسبت به شرایط آبی همبستگی زیادی بین وزن هزار دانه و عملکرد دانه مشاهده نشد؛ این موضوع به‌علت کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش خشکی است. این کاهش وزن هزار دانه با فتوسنتز و محدودشدن انتقال مواد فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی مرتبط است (Nezami *et al.*, 2008; Hossain *et al.*, 2010).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-04-09]
[DOI: 10.61882/jcb.2024.1598]

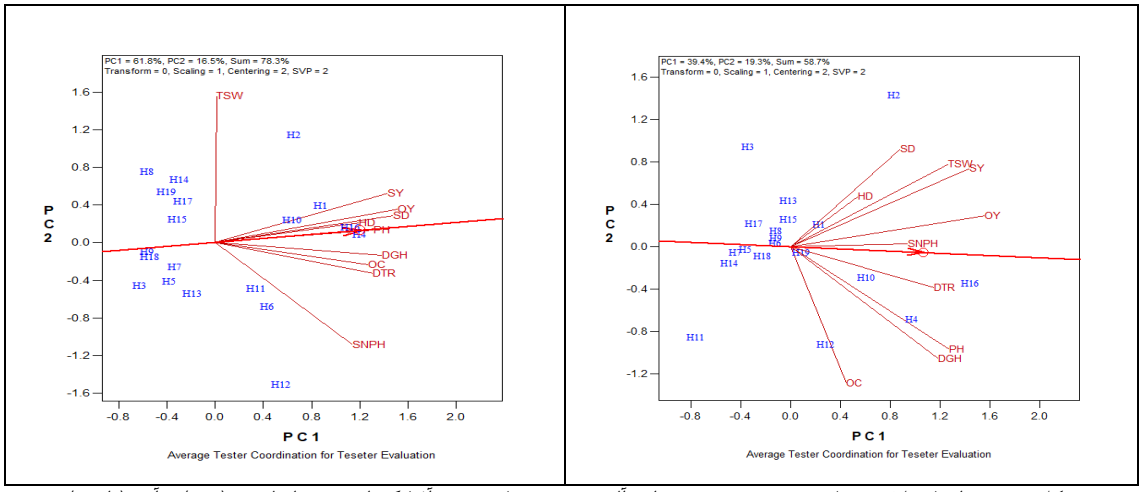


شکل ۴- بررسی همبستگی صفات مورد بررسی از طریق نمایش برداری بای‌پلات هیبریدهای جدید آفتابگردان در شرایط دیم (چپ) و آبی (راست)

Figure 4: Investigation of trait correlations through vector display in the biplot for new sunflower hybrids under dry (left) and irrigated (right) conditions

تعیین صفت ایده‌آل

نمودار گرافیکی بای‌پلات صفات جهت تعیین صفت ایده‌آل در شکل ۵ نشان داده شده است. در روش بای‌پلات، زاویه بین بردار هر صفت و محور مختصات صفت متوسط (محور افقی) مقیاسی برای تعیین میزان بیانگری یک صفت است. هر چقدر این زاویه کوچکتر باشد میزان بیانگری بیشتر است و صفت مورد نظر نماینده بهتری از صفات خواهد بود (Gholizadeh *et al.*, 2021). در این بررسی در شرایط دیم، صفت ارتفاع بوته نزدیک‌ترین صفت به صفت ایده‌آل فرضی بودهو در درجه بعدی صفات قطر ساقه و قطر طبق نزدیک‌ترین صفت به صفت ایده‌آل فرضی بودند. در شرایط آبی، صفت تعداد دانه در طبق نزدیک‌ترین صفت به صفت ایده‌آل فرضی بود و به‌عنوان صفت مطلوب جهت گزینش هیبریدهای برتر آفتابگردان معرفی می‌شود (شکل ۵). روش تعیین صفت ایده‌آل به‌منظور گزینش ژنوتیپ‌های برتر در آفتابگردان توسط قلی‌زاده و همکاران (Gholizadeh *et al.*, 2021) گزارش شده است.



شکل ۵- نمودار بای‌پلات صفات جهت تعیین صفت ایده‌آل در هیبریدهای جدید آفتابگردان در شرایط دیم (چپ) و آبی (راست)

Figure 5. The biplot of traits for determining the ideal trait in new sunflower hybrids under dry (left) and irrigated (right) conditions

نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق، از روش بای‌پلات GT جهت بررسی ارتباط بین ژنوتیپ‌ها و صفات مختلف در آفتابگردان استفاده شد. این روش، ابزاری مناسب برای بررسی همبستگی بین صفات از طریق ارزیابی هیبریدهای مختلف آفتابگردان برای صفات متعدد و یافتن هیبرید با صفات خاص است. نتایج نشان دادند که اکثر صفات قابلیت تمایز بالایی داشتند و توانستند تفاوت بین ژنوتیپ‌ها را به‌خوبی آشکار کنند. نتایج نمایش برداری روابط متقابل میان صفات نشان دادند که در شرایط دیم صفات قطر ساقه، قطر طبق و ارتفاع بوته همبستگی مثبتی با عملکرد دانه داشتند و در شرایط آبی صفات وزن هزار دانه، قطر طبق، قطر ساقه و تعداد دانه در طبق با عملکرد دانه همبستگی مثبتی داشتند. در شرایط دیم نسبت به شرایط آبی همبستگی زیادی بین وزن هزار دانه و تعداد دانه در طبق با عملکرد دانه مشاهده

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-04-09]
[DOI: 10.61882/jcb.2024.1598]

نشد؛ این موضوع می‌تواند به‌علت اثر تنش خشکی بر روی عملکرد و اجزای آن در شرایط دیم باشد. براساس نتایج نمودار بای‌پلات صفت ایده‌آل، در شرایط دیم صفت ارتفاع بوته و در شرایط آبی صفت تعداد دانه در طبق نزدیک‌ترین صفات به صفت ایده‌آل فرضی بودند و بیشترین تمایز و بیانگری را نشان دادند؛ لذا به‌عنوان صفات مطلوب جهت بررسی‌های مقایسه هیبریدهای آفتابگردان در شرایط دیم و آبی شناسایی شدند. نتایج نمایش چندضلعی بای‌پلات نشان دادند که در میان هیبریدهای مورد مطالعه، هیبریدهای شماره ۴ و ۱۶ در شرایط دیم و هیبریدهای شماره ۲، ۳، ۴ و ۱۶ در شرایط آبی مناسب‌ترین و مطلوب‌ترین هیبریدها از نظر عملکرد دانه و روغن و سایر صفات فیزیومورفولوژیکی بودند. براساس بای‌پلات هیبرید ایده‌آل فرضی در شرایط دیم، هیبریدهای ۴، ۱۶، ۱، ۱۰ و ۲ و در شرایط آبی هیبریدهای ۱۶، ۴ و ۱۰ مطلوب‌ترین هیبریدها از نظر تمام صفات مورد بررسی در این مطالعه شناسایی شدند. در مجموع، نتایج نشان می‌دهند که آنالیز بای‌پلات روشی کارا برای بررسی ارتباط بین هیبریدهای جدید آفتابگردان و صفات است. همچنین، این مطالعه نشان می‌دهد که بای‌پلات می‌تواند روش مفیدی برای تشخیص هیبریدها و صفات مختلف باشد و این روش به اصلاحگران کمک می‌کند تا در آزادسازی رقم مناسب تصمیم‌گیری دقیقی داشته باشند.

تشکر و قدردانی

این مقاله از گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی تحت عنوان "ارزیابی مقدماتی هیبریدهای جدید آفتابگردان از نظر عملکرد دانه و خصوصیات زراعی در شرایط دیم و آبی (۱۴۰۱)" با شماره مصوب ۰۳-۰۳-۰۳۱۵-۰۱۷-۰۱۰۳۰۰ استخراج شده است. نویسندگان از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان به خاطر فراهم کردن امکانات و شرایط اجرای این تحقیق و از مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج سپاسگزاری می‌نمایند.

References

Adedeji, I., Ajayi, A.T., Osekita, O.S., & Ogunruku, K.L. (2020). Genotype X Trait biplot analysis for assessing chpaaracter association in Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *South Asian Research Journal of Biology Applied Biosci*ences, 2(1), 8-15.

Ansarifard, I., Mostafavi, M., Khosroshahli, M., Bihamta, M.R., & 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.

Atnaf, M., Tesfaye, K., Dagne, K., & Wegary, D. (2017). Genotype by trait biplot analysis to study associations and profiles of Ethiopian white lupin (*Lupinus albus* L.) landraces. *Australian Journal of Crop Science*. 11(1), 55-62.

Baljani, R., Shekari, F., & Sabaghnia, N. (2015). Biplot analysis of trait relations of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes in Iran. *Crop Research,* 50, 63-73.

Behradfar, A., Gorttapeh, A. H., Zardashty, M. R., & Talat. F. (2009). Evaluation correlated traits for seed and oil yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.) through path analysis in under condition relay cropping. *Research Journal of Biological Sciences,* 4, 82-85.

Cantamutto, M., & Poverene, M. (2007). Genetically modified sunflower release: opportunities and risks. *Field Crop Research,* 101, 133-144.

Dehghani, H., Omidi. H., & Sabaghnia. N. (2008). Graphic analysis of trait relations of rapeseed using the biplot method. *Agronomy Journal,* 100, 1443-1449.

Erdem, T., Erdem, Y., Orta, A.H., & Okursoy, H. (2006). Use of a crop water stress index for scheduling the irrigation of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry,* 30, 11–20.

Esmaeilzadeh Moghadam, M., Dastfal, M., Tabib Ghaffary, S.M., Anderzian, S.B., Sayyahfar, M., Miri, K., Koohkan, S., & Askari Kalestani, A. (2024). Stability Analysis of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes by the Genotype×Genotype-Environment Biplot. *Journal of Crop Breeding,* 16(3), 13-24. [In Persian]

Fehr, W.R. (1987). *Principles of Cultivar Development*. Vol. 1, Mcmillan. U.S.A.

Gabriel, K.R. (1971). The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*, 58(3), 453-467.

Gholizadeh, A., & Dehghani, H. (2016). Graphic analysis of trait relations of Iranian bread wheat germplasm under non-saline and saline conditions using the biplot method. *Genetika*, 48(2), 473-486.

Gholizadeh, A., Ghaffari, M., Payghamzadeh, K., & Kia, S. (2021). Evaluation of Relationships between Traits and New Sunflower Hybrids Using Genotype-Trait Biplot Analysis Method. *Journal of Crop Production and Processing,* 11(3),19-33. [In Persian]

Hashemitabar, M., Akbari, A., & Karim, M. (2005). Investigating the Interactions of Agriculture and Industry in the Iranian Economy (Case Study: Oilseeds). Fifth Iranian Agricultural Economics Conference, Zahedan, Iranian Agricultural Economics Association, University of Sistan and Baluchestan. [In Persian]

Hernández, F., Lindström, L. I., Parodi, E., Poverene, M., & Presotto, A. (2017). The role of domestication and maternal effects on seed traits of crop–wild sunflower hybrids (*Helianthus annuus*). *Annals of Applied Biology*, 171(2), 237-251.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-04-01]

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1598]

Hossain, M. I., Khatun, A., Talukder, M. S. A., Dewan, M. M. R., & Uddin, M.S. (2010). Effect of drought on physiology and yield contributing characters of sunflower. *Bangladesh Journal Agricultural Research*, 35, 113-124.

Jabbari, H., Akbari, G.A., Daneshian, J., Allah dadi, I., & Shahbazian, N. (2007). Effect of water deficit stress on agronomic characteristics of Sunflower hybrids. *Agricultural Journal*, 9(1), 13-22. [In Persian]

Jafari, T., Farshadfar, E. (2018). Stability analysis of bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) by GGE biplot. *Cereal Research*, 8(2), 199-208. [In Persian]

Kheybari, M., Saifzadeh, S., Shirani-Rad, A. H., Hadidi-Masouleh, E., Zakerin, H. R., & Zeinalzadeh-Tabrizi, H. (2019). Determination of suitable planting date and stable genotype in cultivars and promising lines of rapeseed (*Brassica napus* L.) using GGE Biplot graphical analysis. *Applied Research in Field Crops,* 32(4), 91-108. [In Persian]

Koocheki, A. (2009). Agriculture in dry areas: cereals and legumes, industrial crops and forage crops. Jihad University of Mashhad Branch. [In Persian]

Ma, B.L., Yan, W., Dwyer, L.M., Frégeau-Reid, J., Voldeng, H.D., Dion, Y., & Nass, H. (2004). Graphic analysis of genotype, environment, nitrogen fertilizer, and their interactions on spring wheat yield. *Agronomy Journal,* 96, 169-180.

Maghsoudi Damavandi, B., Lak, S., Ghaffari, M., Alavifazel, M., & Sakinezhad, T. (2020). Investigation of yield and yield components of sunflower (*Helianthus annus* L.) cultivars to determine susceptible and tolerant lines in drought tension conditions. *Crop Physiology Journal,* 46(12), 97-110. [In Persian]

Masoudi, B., Abbasali, M., Aein, A., & Saif Amiri, A. (2021a). Evaluation of sesame yield stability using statistical parameters and GGE biplot graphical methods. *Crop Production,* 13(3), 71-84. [In Persian]

Masoudi, B., Gholizadeh, A., Majidian, P., Hezarjaribi, E., Ramzi, N., & Shariati, F. (2024). A Study on the Genotype × Environment Interaction in Promising Advanced Genotypes of Soybean using Graphical GGE-biplot Analysis. *Journal of Crop Breeding,* 16(4), 77-88. [In Persian]

Masoudi, B., Hezarjaribi, E., Andarkhor, S.A., Faraji, A., & Kia, S. (2021b). Yield Evaluation of Soybean Genotypes across Diverse Environments by Statistical Parameters and GGE biplot. *Journal of Crop Breeding,* 13(40), 74-82. In Persian]

Mousavi, S. M. N., Bojtor, C., Illés, Á., & Nagy, J. (2021). Genotype by trait interaction (GT) in maize hybrids on complete fertilizer. *Plants*, *10*(11), 2388.

Nezami, A., Khazaei, H. R., Boroumand, R. Z., & Null, N. (2008). Effects of drought stress and defoliation on sunflower. *Desert*. 12, 99-104.

Paramesh, M., Reddy, D.M., Shanthi Priya, M., Sumathi, P., Sudhakar, P., & Reddy, K.H.P. (2016). GT biplot analysis for yield and drought related traits in mung bean *Vigna radiata* L. *Electronic Journal of Plant Breeding,* 73, 538-543.

Pourdad, S.S., & Jamshid Moghaddam, M. (2013). Study on Genotype×Environment Interaction Through GGE Biplot for Seed Yield in Spring Rapeseed (*Brassica Napus* L.) in Rain-Fed Condition. *Journal of Crop Breeding,* 5(12), 1-14. [In Persian]

Pourdad, S.S., Malek Hoseini, R., & Hatamzadeh, H. (2013). Study on general combining ability of inbred lines and heterosis of sunflower crosses in different moisture conditions. *Iranian Dryland Agronomy Journal,* 1(4), 83-97. [In Persian]

Rauf. S., Jamil. N., Ali Tariq. S., Khan. M., & Kausar. M. (2017). Progress in modification of sunflower oil to expand its industrial value. *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 97(7), 1997-2006.

Razmi, N., Arab, G.H., Hezarjaribi, E., & Rayat Panah, S. (2023). Stability of seed yield and reaction to charcoal rot disease of new soybean genotypes in some northern regions of iran. *Journal of Crop Production and Processing,* 13(3), 79-91. [In Persian]

Sabaghnia, N., M. Mohebodini & M. Janmohammadi. (2016). Biplot analysis of trait relations of spinach (*Spinacia oleracea* L.) landraces. *Genetika,* 48, 675-690.

Sheikh Mamo, B., Rahnama, A., & Hassibi, P. (2023). The influence of terminal heat stress on physiological and yield characteristics of promising sunflower cultivars in Ahvaz climate condition. *Environmental Stresses in Crop Sciences,* 16(3), 835-851. [In Persian]

Shojaei, S.H., Ansarifard, I., Mostafavi, K., Bihamta, M.R., & Zabet, M. (2022). GT biplot analysis for yield and related traits in some sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes. *Journal of Agriculture and Food Research*, 10, 100370.

Sincik, M., & Goksoy, A.T. (2014). Investigation of correlation between traits and path analysis of confectionary sunflower genotypes. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 42(1), 227-231.

Skoric D. (2009). Sunflower breeding for resistance to abiotic stresses. *Helia,* 32, 1-15.

Stansluos, A. A. L., Öztürk, A., Niedbała, G., Türkoˇglu, A., Halilo˘glu, K., Szulc, P., Omrani, A., Wojciechowski, T., & Piekutowska, M. (2023). Genotype–Trait (GT) Biplot Analysis for Yield and Quality Stability in Some Sweet Corn (*Zea mays* L. saccharate Sturt.) Genotypes. *Agronomy*, 13, 1538.

Swelam, A. A. (2012). Phenotypic stability, bi-plot analysis and interrelationship among agronomic characters for some bread wheat genotypes. *Egypt Journal Plant Breeding*, 16(4), 147-165.

Yan, W. (2014). Genotype-by-trait data analysis and decisionmaking. Chapter 9, Crop Variety Trials: *Data Management and Analysis* (first ed.), John Wiley & Sons, INC., New York. 163-186.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-04-09]

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1598]

Yan, W., & Kang, M. S. (2002). GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL. 288p.

Yan, W., Hunt, L., Sheng, Q., & Szlavnics, Z. (2000). Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Science*, 40(3), 597-605.

Yan, W., Molnar, S.J., Fregeau-Reid, J., McElroy, A., Tinker, N.A. (2007). Associations among oat traits and their responses to the environment. *Journal of Crop Improvement,* 20, 1–29.

Yan, W., & Rajcan, I. (2002). Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science*, 42(1), 11-20.

Yuan, L., & Li, R. (2020). Metabolic Engineering a Model Oilseed *Camelina sativa* for the Sustainable Production of High-Value Designed Oils. *Frontiers in Plant Science,* 11, 11.

Zareei Siahbidi, A., & Rezaeizad, A. (2019). Study on response of some oilseed rape genotypes to drought stress. *Applied Research in Field Crops,* 32(4), 59-75. [In Persian]

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-04-01]

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1598]